

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

О.Б. Назаренко

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Издательство
Томского политехнического университета
Томск 2007

ББК 20.1 я73

УДК 504 (075.8)

Н 191

Назаренко О.Б.

Н 191 Экология: учебное пособие / О.Б. Назаренко – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2007. – 100 с.

В пособии изложены основные вопросы общей экологии и инженерной защиты окружающей среды. Рассмотрены экологические термины, понятия и закономерности. Изложены современные экологические проблемы. Дано представление об источниках и последствиях загрязнения окружающей среды, основных методах и средствах защиты. Пособие содержит контролирующие материалы в виде тестов, которые помогут студентам подготовиться к зачету.

Пособие подготовлено на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности ИЭФ ТПУ и соответствует программе Государственного образовательного стандарта Российской Федерации. Предназначено для студентов направлений АВТФ и ЭЛТИ Томского политехнического университета.

УДК 504 (075.8)

Рекомендовано к печати Редакционно-издательским советом
Томского политехнического университета

Рецензенты

Доктор географических наук, профессор
кафедры метеорологии и климатологии ГГФ ТГУ
В.П. Горбатенко

Доктор физико-математических наук, профессор,
зав. каф. общей и неорганической химии ЕНМФ ТПУ
А.П. Ильин

© Томский политехнический университет, 2007

© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2007

© О.Б. Назаренко, 2007

Экология является обязательной дисциплиной, входящей в учебные планы технических вузов. Это связано с необходимостью комплексного решения задач охраны окружающей среды из-за усиливающегося техногенного влияния человечества, которое сопоставимо с геологическими процессами и угрожает существованию всей биосферы. Экологические знания являются одной из ступенек лестницы, ведущей к преодолению экологического кризиса. Экологические знания позволят будущим специалистам понять, что человек и природа – одно целое и принимать экологически правильные решения в профессиональной деятельности.

Содержание: дисциплина раскрывает концептуальные основы экологии, формирует знание об эволюции и роли живого вещества в жизни планеты Земля, о свойствах и закономерностях развития биосферы, дает представление о современных экологических проблемах, общих чертах глобального экологического кризиса и путях выхода из него, об источниках и последствиях загрязнения окружающей среды, методах и средствах защиты окружающей среды.

Цель дисциплины – формирование у студентов экологического мировоззрения, то есть обучение грамотному восприятию явлений, связанных с жизнью человека в окружающей его природной среде, и воспитание способности к оценке своей профессиональной деятельности с точки зрения охраны биосферы. В результате изучения экологии специалист должен уметь использовать полученные знания для экологически грамотного принятия решений в своей профессиональной деятельности.

1. ВВЕДЕНИЕ. ИСТОРИЯ ЭКОЛОГИИ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

Экология – это наука о взаимоотношениях живых организмов и сообществ между собой и с окружающей средой обитания.

Термин «экология» ввел в научный обиход в 19 веке (1866 г.) **Эрнст Геккель** – немецкий биолог. Слово образовано от двух греческих слов: οἶκος (*ойкос*) – дом, жилище, родина и λόγος (*логос*) – наука, и в переводе означает «наука о доме». Размеры «дома» могут колебаться от небольшого пространства до природной зоны, материка и всей биосферы. «Дом» современного человечества – вся планета Земля, вместе с прилегающим космическим пространством. Образно говоря, экология – это наука о том, как жить в собственном доме, что мы должны делать, если хотим выжить на своей планете.

История развития экологии

Несмотря на то, что термин «экология» был введен только в XIX веке, проведение экологических исследований было начато задолго до появления этого термина. Изначально экологические знания были составной частью таких наук как биология, география, химия, физика. В истории развития экологии можно выделить три основных этапа.

1. Зарождение и становление экологии как науки (...– до 60-х г.г. XIX века)

На этом этапе накапливались данные о взаимосвязи организмов со средой их обитания, делались первые научные обобщения.

Например, в трудах древнегреческих ученых рассматривались вопросы строения живых организмов, значение среды обитания в их жизни.

Аристотель (384–322 г.г. до н.э.). В работе «История животных» рассматривал такие вопросы как приуроченность организмов к местам обитания, одиночная или стайная жизнь, различия в питании.

Теофраст (372–287 г.г. до н.э.) – ученик Аристотеля, основоположник географии растений. В «Истории растений» отмечал зависимость растительного покрова от климата и почв.

В средневековье развитие науки в значительной степени сдерживала церковь. Научные исследования сделались невозможными – содержание Библии было провозглашено основой всякого знания, не подвергаемой сомнениям. Научные достижения античного мира постепенно предавались забвению. Становлению научного мировоззрения способствовала Эпоха Возрождения. Ей соответствует период: конец XIII в. – XVI в.

В конце первого этапа большой вклад в формирование экологических знаний внесли следующие выдающиеся ученые:

Карл Линней (1707–1778 г.г.) – шведский естествоиспытатель, сторонник креационистской концепции в биологии, согласно которой многообразие форм органического мира есть результат их сотворения.

Жан Батист Ламарк (1744–1829 г.г.) – французский ученый, автор первого эволюционного учения. Считал, что важнейшей причиной приспособительных изменений организмов, эволюции растений и животных является влияние внешних условий среды. Само живое, по Ламарку, возникло из неживого по воле творца и далее развивалось на основе строгих причинных закономерностей.

Жорж Кювье (1769–1832 г.г.) – французский зоолог, сформулировал теорию катастроф, смысл которой сводился к тому, что творец актом творения создает органический мир каждой геологической эпохи заново, этот органический мир существует недолго, гибнет в результате мировой катастрофы, после чего происходит новый акт творения. Таким образом, был найден компромисс между религиозным мышлением и накопленным научным материалом.

Ж.Б. Ламарк и **Томас Мальтус** (1766–1834 г.г.) впервые предупреждают человечество о возможных негативных последствиях воздействия человека на природу.

Ученые Российской АН также оказывали влияние на развитие экологии. Примером являются наблюдения, выполненные в ходе экспедиционных исследований путешественника Степана Петровича Крашенинникова (1713– 1755 г.г.), нашедшие отражение в его работе «Описание земли Камчатской».

В XVII–XVIII в.в. экологические сведения составляли значительную долю во многих биологических описаниях. Приведено лишь несколько примеров.

2. Оформление экологии в самостоятельную отрасль знаний (60-е г.г. XIX в. – 50-е г.г. XX в.)

Назовем также несколько ученых, которые внесли неоценимый вклад в развитие основ экологии на данном этапе.

Чарльз Дарвин (1809–1882 г.г.) определил основные факторы эволюции органического мира. Ему принадлежат работы: «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859 г.) и «Происхождение человека» (1871 г.).

Русский ученый **Василий Васильевич Докучаев**, естествоиспытатель (1846–1903 г.г.) считается одним из основоположников экологии. В частности, он исследовал особенности почвообразования.

Э. Геккель (1834–1919 г.г.).

Как самостоятельная наука экология окончательно сформировалась в начале XX столетия. В это время американские ученые *В. Шелфорд*, *Ч. Адамс* публикуют важные обобщения по экологии животных.

Крупнейший русский ученый XX в. *Владимир Иванович Вернадский* (1863–1945 г.г.) создает фундаментальное учение о биосфере. Биосфера – область распространения жизни на нашей планете.

К 30-ым г.г. XX в. интенсивно развивается экспериментальная и теоретическая база, углубленно изучается состав, структура, функционирование наземных и водных комплексов. Эти исследования привели к выводу о необходимости совместного изучения биоценоза и биотопа.

Экология поднялась на более высокую ступень в результате нового подхода к изучению природных систем: в 1935 г. английский ботаник *Артур Тенсли* (1871–1955 г.г.) выдвинул понятие об экосистеме. В 1940 г. *В.Н. Сукачев* (1880–1967 г.г.), советский ботаник, географ, лесовод, обосновал близкое к этому понятию представление и биогеоценозе.

3. Современный этап – превращение экологии в комплексную науку, включающую в себя науки об охране природной и окружающей человека среды

(50-е г.г. XX в. – до настоящего времени)

Связан этот этап с прогрессирующим загрязнением окружающей среды и резким усилением воздействия человека на природу. Современная экология анализирует природные условия (факторы) существования живых организмов, включая человека, и их изменения под влиянием разнообразных преобразующих или разрушающих воздействий. Основным практическим результатом развития экосистемной концепции явилось осознание необходимости перестраивать экономику в соответствии с экологическими законами. Особенностью экологических исследований становится широкое использование математического моделирования процессов, протекающих в биосфере, с целью поддержания ее устойчивости, а также необходимость разработки инженерных решений, направленных на улучшение качества окружающей среды. Современный период развития экологии связан с именами таких крупных ученых как *Ю. Одум*, *Б. Небел*, *Н.Н. Муссеев*, *Н.Ф. Реймерс*.

Предметом экологии является изучение законов существования и развития природы, совокупности или структуры связей между организмами и средой, закономерностей реакции природы на воздействие человека, а также предельно допустимых нагрузок на природные системы, которые может позволить себе общество. Главный объект изучения в экологии – экосистемы, являющиеся структурными единицами биосферы.

Экологическая система представляет собой взаимосвязанную, единую функциональную совокупность живых организмов и среды обитания.

Совокупность живых организмов называется **биоценозом** и включает три группы живых организмов – растения, животные и микроорганизмы.

Участок биосферы с однородными условиями существования, населенный этими организмами (или неживые компоненты среды) называется **биотопом**.

Таким образом, экосистема – это сочетание биоценоза (сообщества живых организмов) и биотопа (неживых компонентов среды обитания), которые связаны между собой обменом веществ и энергии.

Сходные организмы, обитающие в неодинаковых условиях среды, образуют разные экосистемы. Например, сосновый лес в Томской области и на Алтае, в горах.

Термин **биогеоценоз** был введен для обозначения природных экосистем, занимающих определенную территорию. Экосистема и биогеоценоз – близкие понятия, но экосистема – шире. Экосистемой является аквариум с его обитателями, горшок с цветком, космический корабль и т.д.

Структура экологии

Основной частью экологии является общая экология, которая изучает наиболее общие закономерности взаимоотношений организмов и среды (включая человека как биологическое существо).

В зависимости от уровня организации надорганизменных систем **в составе общей экологии** выделяют следующие основные разделы:

- аутэкология – изучает взаимодействие со средой отдельных особей или видов;
- популяционная экология (демэкология) – изучает структуру и динамику популяций; **популяция** – совокупность особей одного вида, объединяемых общей территорией и генофондом
- синэкология – изучает взаимоотношения популяций, сообществ и экосистем со средой.

Кроме того, экология может классифицироваться **по конкретным объектам исследования**: экология растений, экология животных, экология микроорганизмов, экология водных организмов;

В зависимости от среды, местообитания организмов: экология суши, экология моря, экология пресных вод, экология высокогорий и т.д.

На стыке экологии с другими отраслями знаний существуют такие направления как инженерная экология, математическая экология,

сельскохозяйственная экология, медицинская экология, космическая и т.д.

Отдельным направлением является *экология человека*, которая рассматривает взаимоотношения в системе «человеческое общество – природа», взаимодействие антропосистемы и биосферы.

Этапы взаимодействия человеческого общества и природы

Рассмотрим, как изменялись взаимоотношения человека и природы по мере развития человеческой цивилизации.

Биосфера возникла около 4 млрд. лет назад (в горных породах, сформированных 3,5 млрд. л.н. найдены следы первых живых организмов) и за время своего существования прошла путь развития, который называется эволюцией. Современный человек как биологический вид появился более 40 тыс. лет назад. Человеческое общество в своем развитии прошло ряд этапов, на каждом из которых оказывало определенное воздействие на биосферу.

1 этап – этап охотничества-собираательства. Большую часть своего развития человек был охотником-собирателем. Как собиратели люди имели кормовую территорию более 500 Га и проходили в сутки 25–30 км. На Земле в то время проживало не более 2 млн. чел. Влияние человека на окружающую среду было весьма ограниченным. Но как только первобытные охотники научились пользоваться огнем, они начали разрушительное наступление на окружающую природу: заселили территории с умеренным климатом, использовали огонь для загона и ловли дичи, что вызывало пожары и, как следствие, разрушение растительных сообществ в различных районах земного шара и обеднение видового состава крупных позвоночных.

2 этап – этап аграрной цивилизации ~ 10 тыс. лет назад. На этом этапе происходит переход к ведению сельского хозяйства, развивается скотоводство и земледелие. Положительным результатом ведения сельского хозяйства явились следующие события:

- увеличение численности населения;
- возникновение ремесел;
- совершенствование орудий труда;
- зарождение процесса урбанизации.

Воздействие человека на биосферу увеличилось во много раз. Неумелое использование земель, безжалостная эксплуатация пастбищ часто приводила к бесплодности и превращению территорий, отведенных под культурные растения и пастбища, в пустыни. Сельское хозяйство развивалось по схеме: лес → пастбище → поля сельскохозяйственных культур → *пустыни*. Первые земледельческие цивилизации воз-

никли в районах недостаточного увлажнения, что привело к созданию оросительных систем. Это вызвало локальные экологические катастрофы в бассейнах рек Тигр и Евфрат, приведшие к ослаблению или гибели государств в результате эрозии и засоления почв.

Таким образом, негативными последствиями воздействия человека на биосферу на этом этапе являются:

- разрушение экосистем: уничтожение лесов, засоление почв и опустынивание;
- вымирание крупных представителей фауны – конкурентов домашних животных.

Несмотря на изменение экосистем в локальном масштабе, деятельность человека вписывалась в биогеохимический круговорот веществ и не изменяла притока энергии в биосфере. Использовались в основном растительные материалы (биodeградирующие) и металлы, полностью осуществлялось самоочищение вод и земель.

3 этап – этап индустриальной цивилизации. В XIX в. происходит зарождение и развитие промышленности, строятся города. В результате повышается уровень жизни людей – улучшается качество медицинского обслуживания, продуктов питания, люди получают образование, увеличивается продолжительность жизни.

Отрицательные последствия:

- наблюдается резкий рост населения – демографический взрыв;
- уменьшается разнообразие естественной среды (уничтожаются леса и болота, вытесняются дикие животные из развитых районов);
- нарушается круговорот веществ, так как отходы деятельности человека больше не минерализуются деструкторами. В процессе промышленного производства образуется большое количество веществ, которые невозможно разложить биологическим путем. Эти вещества накапливаются в биосфере, нарушая жизнедеятельность экосистем;
- потребление энергии резко возрастает, встает вопрос об исчерпаемости запасов угля, нефти и природного газа (с 1850 г. потребление энергии увеличивалось на 2,5 % ежегодно, с 1950 г. – на 5 %, с 1970 г. – на 10 %).

Можно дать следующую характеристику современного состояния биосферы:

1. Преобразуется облик планеты: уничтожаются леса; истощаются залежи полезных ископаемых; создаются новые водохранилища; на месте первичных биоценозов создаются вторичные агроценозы.
2. Изменяется химический состав воздуха, воды, почвы. Биосфера загрязняется веществами, которые не вовлекаются в круговорот и

накапливаются в ней: пестициды, удобрения, отходы промышленности, радиоактивные вещества.

3. Снижаются темпы процесса самоочищения. Главную опасность представляет изменение не количества, а качества отходов, которые не используются микроорганизмами, не распадаются, не окисляются. Вот почему в биосфере снизились темпы природного процесса биологической очистки, процесса самоочищения.

Но ресурсы биосферы не беспредельны. Биосфера теряет свою способность к восстановлению. Под устойчивостью биосферы понимается способность активной части биосферы – биоты – на основе жестких обратных связей гасить возникшее возмущение (принцип Ле-Шателье в биологии). На современном этапе биота перестает выполнять принцип Ле-Шателье и теряет устойчивость.

Взаимодействие общества и природы можно представить в виде схемы социального обмена веществ и энергии (рис. 1).

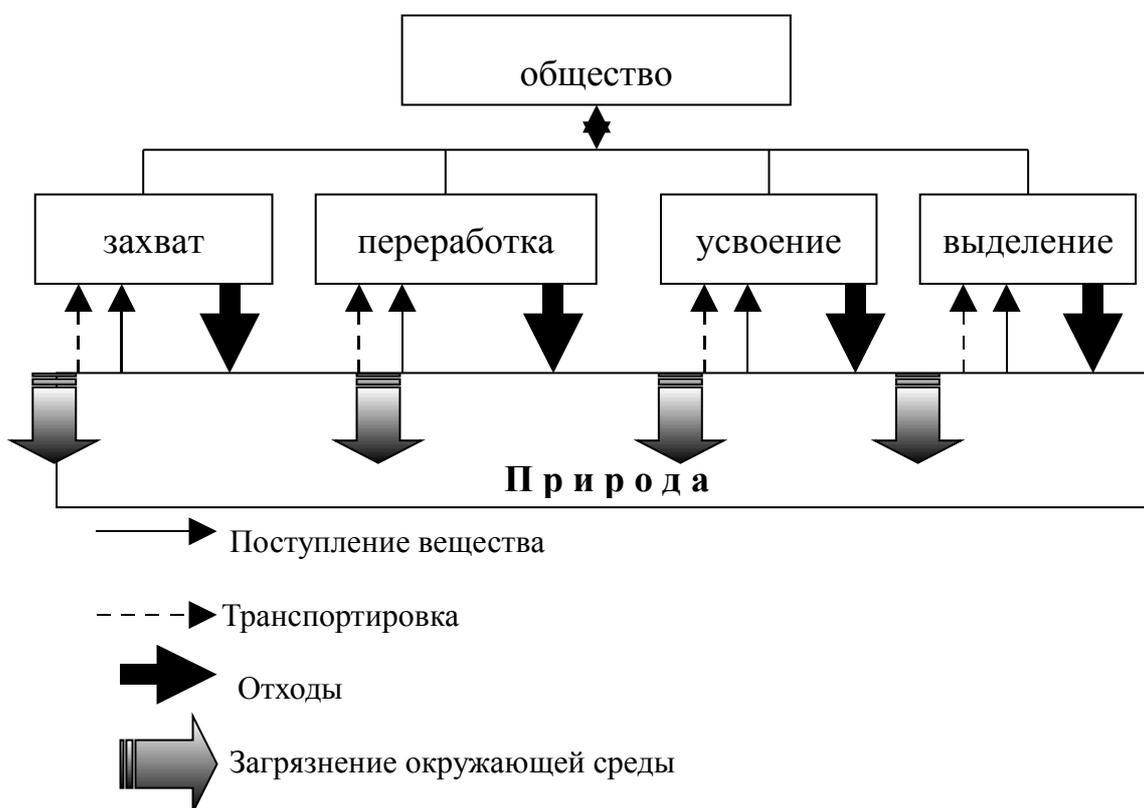


Рис. 1. Схема социального обмена веществ и энергии

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.

В настоящее время годовое потребление характеризуется следующими показателями: на каждого человека добывают и выращивают ~20 т сырья, перерабатываемого в продукты массой 2 т, которые непосредственно идут на потребление. Для этого затрачивается мощность 2,5 кВт и 800 т воды. Около 90 % сырья идет в отходы, так же как и основная масса воды. В окружающую среду выбрасываются продукты, чуждые природе, радиоактивные вещества, тепло. В процессе переработки сырья возникает множество побочных веществ. Человек умеет синтезировать около 10 млн. веществ, производит в больших масштабах ~50 тыс., в особо крупных масштабах ~5 тыс. наименований. При этом, как уже сказано, в отходы уходит ~90 % сырья. Из 2 т конечного продукты в течение того же года выбрасывается не менее 1 т.

Масштабы антропогенного загрязнения на современном этапе развития общества достигли таких размеров, что в большинстве районов нашей планеты, особенно в крупных промышленных центрах, уровни загрязнения существенно превышают санитарно-гигиенические нормы. НТР и бурный рост промышленного производства в XX в. способствовали не только росту благосостояния человека, но и поставили окружающую среду на грань экологической катастрофы.

Катастрофической является ситуация с существенными необратимыми негативными последствиями, для ликвидации которых требуется принятие инженерных и административных решений. Если после негативного воздействия сохраняется возможность восстановления (хотя бы частичного) нарушенных структурно-функциональных характеристик системы, то состояние соответствует кризисному.

Нынешнюю ситуацию можно охарактеризовать как экологический кризис. **Экологический кризис** – стадия взаимодействия между обществом и природой, на которой до предела обостряются противоречия между экономикой и экологией, а способности саморегулирования экосистем в условиях антропогенного воздействия существенно подорваны.

Экологический кризис вызвал ряд глобальных экологических проблем.

Современные проблемы экологии:

- демографическая проблема (проблема, связанная с ростом населения);
- истощение природных ресурсов;
- проблемы энергетики;

- загрязнение биосферы (кислотные дожди, разрушение озонового слоя, парниковый эффект и др.);
- проблемы здоровья человека.

Пути выхода из экологического кризиса

Существует пять основных направлений для выхода из экологического кризиса:

1. экологизация технологий (внедрение малоотходных, ресурсосберегающих технологий);
2. экономизация производств (развитие и совершенствование экономического механизма охраны окружающей среды);
3. административно-правовое воздействие (применение мер административной и юридической ответственности за экологические правонарушения);
4. экологическое просвещение (гармонизация экологического мышления, отказ от потребительского отношения к природе);
5. международно-правовая защита (гармонизация экологических международных отношений).

Опыт человечества показывает, что стремление людей к материальному обогащению и безграничному потреблению ресурсов является естественной чертой человека. С экологических позиций экономический рост представляет собой постоянное и все ускоряющееся увеличение потребления природных ресурсов. При этом прогресс нельзя запретить – он будет сопровождать человека всегда.

Остановить стихийное развитие событий помогут лишь знания. Экологические знания позволяют понять, каким образом происходит воздействие человека на окружающую среду, и найти те пределы изменения условий, которые не допустят экологического кризиса. Таким образом, главнейшая цель экологии – вывести человечество из глобального экологического кризиса на *путь устойчивого развития*, при котором достигается удовлетворение жизненных потребностей нынешнего поколения без лишения такой возможности будущих поколений.

Концепция устойчивого развития была принята на Конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992 г.). В широком смысле стратегия устойчивого развития направлена на достижение гармонии между людьми (друг с другом) и между Обществом и Природой. В основе устойчивого развития лежит неразрывность эколого-экономических связей. Переход к устойчивому развитию обеспечивается сбалансированным решением социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятной окружающей среды и природно-ре-

сурсного потенциала в целях удовлетворения потребностей нынешнего и будущего поколения людей.

Именно движение человечества к устойчивому развитию, в конечном счете, должно привести к формированию предсказанной В.И. Вернадским сферы разума (ноосферы), к достижению гармонии между Обществом и Природой.

Тесты для самоконтроля 1

1. Что такое экология?

1. Наука об отношениях живых организмов между собой
2. Наука о взаимоотношениях между живыми организмами и средой их обитания
3. Наука об отношениях людей между собой
4. Наука о взаимоотношениях общества с окружающей средой

2. Кто предложил термин "экология"?

1. Ламарк Ж. Б.
2. Геккель Э.
3. Вернадский В. И.
4. Одум Ю.

3. Взаимосвязанная, единая функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания – это

1. экологическая система
2. экологическая ниша
3. биотоп
4. биоценоз

4. Кто ввел понятие "экосистема"?

1. Ч. Дарвин
2. В.И. Вернадский
3. Э. Геккель
4. А. Тенсли

5. Для обозначения природных экосистем предложен термин

1. биогеоценоз
2. ландшафт
3. биота
4. геокомплекс

6. Термин «биогеоценоз» предложил

1. Ч. Дарвин
2. В.Н. Сукачев
3. Э. Геккель
4. В.И. Вернадский

7. Автор учения о биосфере

1. Э. Зюсс
2. В.В. Докучаев
3. В.И. Вернадский
4. Э. Геккель

8. Загрязнение окружающей среды человеческим обществом происходит

1. в момент изъятия из природы необходимых веществ и энергии
2. на этапе переработки веществ и элементов природы
3. в результате сброса в окружающую среду продуктов переработки
4. на всех этапах взаимодействия общества и природы

9. Подход к преодолению Глобального экологического кризиса, рассмотренный на Конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г., назван

1. концепцией устойчивого развития
2. принципами и правилами в отношении лесов
3. конвенцией по сохранению биоразнообразия
4. договором по защите озонового слоя

10. Концепция устойчивого развития предполагает

1. повышение уровня жизни
2. получение максимальной прибыли
3. сбалансированность решения социально-экономических и экологических задач
4. развитие общества без увеличения антропогенной нагрузки на природу

2. УЧЕНИЕ О БИОСФЕРЕ

Термин «биосфера» был предложен и введен в геологию австрийским ученым и палеонтологом Э. Зюссом (1875 г.). Хотя ранее Ж.Б. Ламарк в биологии говорил о специфической оболочке, населенной живыми организмами – «области жизни». Современное учение о биосфере разработал академик Вернадский В.И.

Биосфера – это своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами

Земля сформировалась как планета ~4,7 млрд. лет назад. Масса Земли составляет $6 \cdot 10^{21}$ т, объем – $1,083 \cdot 10^{12}$ км³, площадь поверхности $510,2 \cdot 10^6$ км².

Наша планета состоит из концентрических оболочек (геосфер) – внутренних и внешних:

- внутренние оболочки – это ядро, мантия.
- внешние оболочки – это литосфера, гидросфера, атмосфера, биосфера.

Биосфера включает в себя следующие части:

1. аэробiosфера – нижняя часть атмосферы до высоты 25–30 км (ограничена озоновым слоем);
2. гидробiosфера – гидросфера, совокупность всех вод Земли;
3. литобiosфера – верхние горизонты твердой земной оболочки литосферы (до глубины 3 км).

В пределах этих частей биосферы выделяют две категории слоев:

1. **эубиосфера** – собственно биосфера, где живое вещество локализовано постоянно;
2. слои, в которые живые организмы попадают случайно:
 - **парабиосфера** (слой, расположенный выше эубиосферы);
 - **метабиосфера** (слой, расположенный ниже биосферы).

Верхней границей биосферы является озоновый экран – слой атмосферы, расположенный на разной высоте от поверхности Земли и имеющий наибольшую плотность (концентрацию) озона на высоте 22–26 км.

Высота озонового слоя у полюсов оценивается в 7–8 км, у экватора – 17–18 км, максимальная высота, где встречается озон, равна 45–50 км. Озоновый слой является преградой для мощного УФ-излучения Солнца, губительного для всего живого. Выше озонового слоя существование жизни без специальной защиты невозможно.

Если бы можно было извлечь весь озон, находящийся в атмосфере, и сжать под нормальным давлением, то получился бы слой, покрывающий поверхность Земли с шириной ~ 3 мм. Для сравнения, вся сжатая под нормальным давлением атмосфера составляла бы слой в 8 км.

Нижняя граница биосферы (метабиосфера) не опускается ниже 10–15 км. Обусловлена эта величина глубиной гидросферы и повышением температуры в литосфере: на глубине 3–3,5 км температура в земных недрах достигает 100 °С.

С учетом протяженности всех названных слоев мощность биосферы по вертикали оценивается в 33–35 км. Хотя реально границы распространения живых организмов намного уже (эубиосфера – 12–17 км).

Категории веществ в биосфере

Согласно учению Вернадского В.И. биосфера состоит из нескольких компонентов.

1. Живое вещество – совокупность живых организмов, населяющих планету Земля. Живое вещество или биотические компоненты биосферы включают в себя растения, животных и микроорганизмов. Суммарная масса живых организмов (биомасса) оценивается в $\sim 2,42 \cdot 10^{12}$ т, $\sim 97\%$ которых составляют растения, $\sim 3\%$ – животные.

Если вещество распределить по всей поверхности планеты, то получится слой всего в полтора сантиметра. Эта «пленка жизни» составляет менее 10^{-6} массы других оболочек Земли и является «одной из самых могущественных геохимических сил нашей планеты».

2. Косное вещество – неживое вещество, образованное процессами, в которых живое вещество участия не принимало (магматические породы).

3. Биокосное вещество – структура из живого и косного вещества, которая создается одновременно косными процессами и живыми организмами. Примером является почва, состоящая на 93% из минеральных, косных веществ, на 7% – из живых и биогенных веществ.

4. Биогенное вещество – вещество, которое возникло в результате разложения остатков живых организмов, но еще не полностью минерализовано (нефть, торф, уголь и др.)

5. Радиоактивное вещество

6. Вещество космического происхождения (метеориты)

7. Рассеянные атомы

Все эти семь различных категорий веществ геологически связаны между собой.

Сущность учения Вернадского В.И.

Вернадский обосновал важнейшие представления о формах превращения вещества, путях биогенной миграции атомов (т.е. миграции химических элементов при участии живого вещества), о движущих факторах эволюции.

Главнейшие аспекты учения Вернадского:

1. Представление о планетарной геохимической роли живого вещества. Живое вещество преобразует облик планеты. Именно живые организмы улавливают и преобразуют лучистую энергию Солнца и создают бесконечное разнообразие нашего мира.

2. Представление об организованности биосферы, являющейся продуктом сложного превращения вещественно-энергетического и информационного потоков живым веществом за время геологической истории Земли. Организованность проявляется в согласованном взаимодействии живого и неживого, взаимной приспособляемости организма и среды.

Классификация живого вещества по характеру питания (по трофическому статусу)

В любой экологической системе живое вещество по характеру питания или по трофическому статусу представлено двумя группами организмов:

1. Автотрофы – используют неорганические источники для своего существования, создавая органическую материю из неорганической. Это фотосинтезирующие зеленые растения, синезеленые водоросли, некоторые хемосинтезирующие бактерии.

2. Гетеротрофы – потребляют только готовые органические вещества – животные, человек, грибы и др.

Классификация живого вещества по экологическим функциям

Все живые организмы выполняют определенные экологические функции и делятся на три группы:

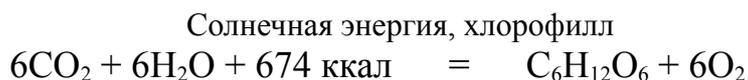
1. Продуценты – производители продукции (органических веществ), которой потом питаются остальные организмы (по типу питания это автотрофы).

2. Консументы – потребители готовых органических веществ (гетеротрофы). По порядку в цепях питания различают консументов 1-го порядка – травоядных, 2-го порядка – плотоядных и т.д. до 5 порядков.

3. Редуценты – восстановители (гетеротрофы), в ходе своей жизнедеятельности превращают органические остатки в неорганические вещества, которыми могут опять питаться продуценты. Тем самым они завершают биохимический круговорот. Это грибы, бактерии, некоторые насекомые.

Процессы, протекающие в экосистеме (число живых организмов, скорость их развития и т.д.), зависят от циркуляции веществ в экосистеме. Рассмотрим схему, отражающую потоки вещества и энергии в биосфере (рис. 2).

Биосфера является энергетически незамкнутой системой, в которой идет поглощение энергии из внешней среды. Непрерывный поток солнечной энергии воспринимается молекулами живых клеток и преобразуется в энергию химических связей. Так, например, при фотосинтезе из простых веществ создается органическое вещество:



Создаваемые таким образом химические вещества последовательно переходят от одних организмов к другим (от растений к растительно-

ядным животным, затем к плотоядным и т.д.). Этот переход рассматривается как последовательный упорядоченный поток вещества и энергии.

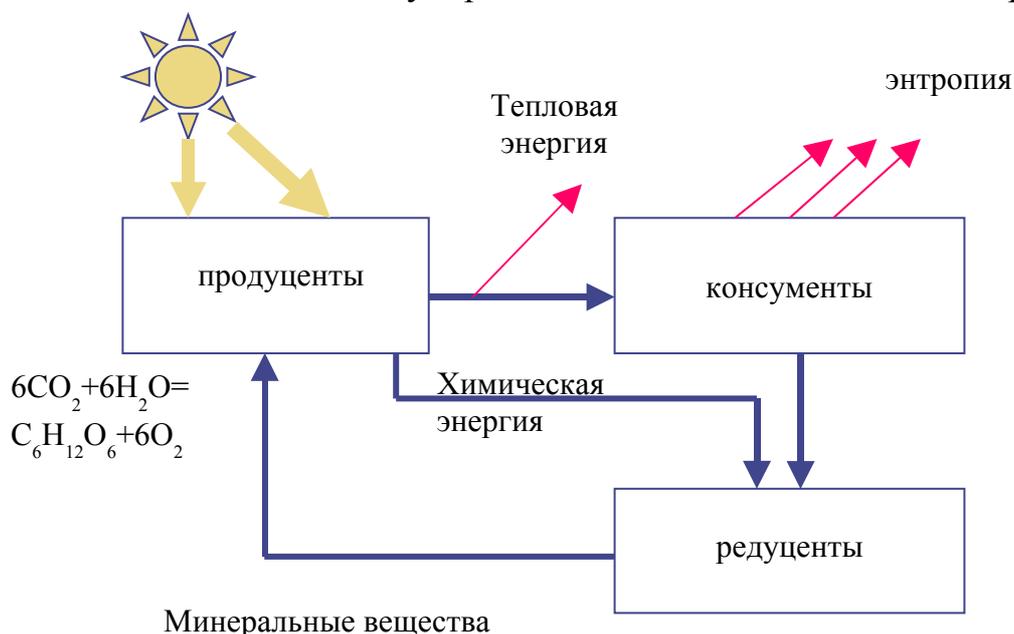


Рис. 2.Схема, отражающая потоки вещества и энергии в биосфере

В любой экосистеме и в биосфере в целом действуют законы термодинамики.

I закон термодинамики – закон сохранения энергии: в любых процессах энергия не создается и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую или от одного тела к другому, при этом ее значение сохраняется.

II закон термодинамики – любое действие, связанное с преобразованием энергии, не может происходить без ее потери в виде рассеянного в пространстве тепла, т.е. 100%-ный переход одного вида энергии в другой невозможен.

Другими словами, энергия любой системы стремится к состоянию, называемому термодинамическим равновесием, что равнозначно максимальной энтропии. Энтропия рассматривается как мера неупорядоченности системы.

Необходимость внешнего источника энергии

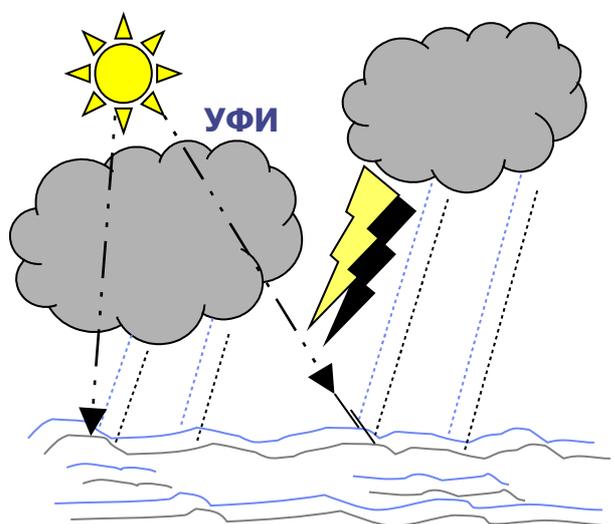
Часть потенциальной химической энергии пищи, высвобождаясь, позволяет организму осуществлять свои жизненные функции, и при этом тратится в виде тепла, увеличивая энтропию.

Так как в соответствии с законом сохранения энергии общее количество энергии в системе должно быть постоянным, необходим внеш-

ний источник энергии – Солнце, за счет поступления энергии Солнца энтропия системы уменьшается. Упорядоченность деградировавших организмов и минеральных веществ повышается в процессе автотрофного питания растений в начале потока энергии (фотосинтез).

Эволюция биосферы

Важнейшей частью учения Вернадского о биосфере является его представление о возникновении и развитии биосферы. Современная биосфера возникла не сразу, а в результате длительной эволюции, в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов. Основные этапы эволюции биосферы как глобальной среды жизни на Земле целесообразно рассмотреть с точки зрения закономерности и последовательности формирования основных сред жизни.



Углеводы, аминокислоты, белки

Возраст Земли составляет ~ 4,6–4,7 млрд. лет. В атмосфере древней Земли гремели грозы, ее пронизывало жесткое УФ-излучение Солнца, на планете извергались вулканы. Под влиянием этих воздействий образовывались органические соединения, которыми насыщались воды океана.

Атмосферными газами на данном историческом этапе были метан CH_4 , аммиак NH_3 , пары воды H_2O , азот N_2 , углекислый газ CO_2 , водород H_2 . В

атмосфере не было кислорода, а, следовательно, и озонового слоя, который мог защитить от жесткого УФ-излучения. Жизнь могла существовать в бескислородной атмосфере только под защитой слоя воды. Слой воды толщиной 2–3 м поглощает кванты жесткого излучения, как и озоновый слой. Таким образом, древнейшая биосфера возникла в гидросфере, существовала в ее пределах и носила гетеротрофный характер. **Вода является первой средой жизни на Земле.**

~3,5 млрд. лет назад появились первые простейшие живые организмы, анаэробы, живущие в воде. Питались эти простейшие органическими веществами, содержащимися в воде.

Первыми автотрофами стали прокариоты – организмы, не обладающие оформленным клеточным ядром – синезеленые водоросли. Побочным продуктом их жизнедеятельности был кислород.

1,5–2 млрд. лет назад появились одноклеточные эукариоты – живые организмы с обособленным клеточным ядром и внутриклеточными органоидами, произошел мощный популяционный взрыв автотрофных водорослей. Это привело к избытку кислорода в воде и его выделению в атмосферу.

1,4 млрд. лет назад – развиваются многоклеточные организмы – настоящие водоросли.

600 млн. лет назад содержание кислорода в атмосфере достигло 0,6 % (современный уровень ~ 21 %). Появляются губки, кораллы, черви, моллюски, первые позвоночные животные – рыбы. **Формируется вторая среда жизни – живой организм** (развиваются паразиты).

В результате выхода растений на сушу резко возрастает концентрация кислорода в атмосфере, становится возможным выход животных на сушу. **Происходит формирование еще двух сред жизни – почвы и воздушно-наземной среды.**

400–350 млн. лет назад концентрация кислорода достигла современного уровня (21 %). В этот период появляется наземная растительность, пресмыкающиеся, происходит бурный рост лесов, затем появляются первые насекомые, крупные животные.

Таким образом, в пределах биосферы сформировались **четыре среды жизни**: две мертвые – вода и воздух, одна биокосная – почва и одна живая – живой организм.

Появление человека как биологического вида открывает социальный этап эволюции биосферы.

Ноосфера

Сегодняшний период развития биосферы называется техносферой. Этот этап ставит задачи срочного принятия мер по охране окружающей среды – внедрение малоотходных технологий, оборотного водоснабжения, рационального природопользования.

Следующий этап эволюции биосферы связан с ее переходом под влиянием разумной деятельности человека в состояние ноосферы, т.е. сферы разума. Это сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность человека становится главным, определяющим фактором развития. Природные процессы обмена веществ и энергии будут контролироваться обществом. Биосфера будет преобразовываться людьми соответственно познанным и освоенным законам ее строения и развития. Именно движение человечества к устойчивому развитию должно привести к достижению гармонии между Обществом и Природой, к формированию предсказанной Вернадским В.И. сферы разума.

Понятие об автотрофности человека

Вернадскому принадлежит идея о возможности перехода человеческого общества из гетеротрофной категории в социально автотрофную. Здесь понятие «автотрофность» означает относительную независимость человека от продуктов, создаваемых биосферой. В силу своих биологических особенностей человек не может перейти к автотрофной ассимиляции, но общество способно осуществлять так называемый автотрофный способ производственной деятельности, под которым подразумевается замена высокомолекулярных природных соединений низкомолекулярными. Подобное функционирование общества может быть минимально связано с нарушением природной среды.

Тесты для самоконтроля 2

1. Своеобразная оболочка Земли, содержащая всю совокупность живых организмов и ту часть вещества планеты, которая находится в непрерывном обмене с этими организмами – это

1. биосфера
2. литосфера
3. техносфера
4. биотоп

2. В чем заключается экологическая функция озонового слоя?

1. Задерживает тепловое излучение Земли
2. Является причиной кислотных дождей
3. Способствует очищению атмосферы от загрязнителей
4. Является защитным экраном от ультрафиолетового излучения

3. Основную массу живого вещества биосферы составляют:

1. бактерии
2. растения
3. животные
4. грибы

4. По классификации Вернадского В.И. нефть является

1. биокосным веществом
2. биогенным веществом
3. косным веществом
4. мертвым веществом

5. Примером биокосного вещества (по классификации Вернадского В.И.) является

1. торф
2. почва
3. вулканический пепел

4. зеленые растения
- 6. Живые организмы, которые потребляют только готовые органические вещества – это**
 1. гетеротрофы
 2. эдификаторы
 3. автотрофы
 4. эпифиты
- 7. Живые организмы, которые используют лучистую энергию Солнца, чтобы производить органические соединения из минеральных веществ – это**
 1. гетеротрофы
 2. макрофиты
 3. детритофаги
 4. автотрофы
- 8. Гетеротрофные организмы, которые превращают в ходе своей жизнедеятельности органические остатки в неорганические вещества:**
 1. Продуценты
 2. Консументы
 3. Редуценты
 4. Дефолианты
- 9. Биосфера как энергетическая система является**
 1. закрытой системой
 2. открытой системой
 3. независимой системой
 4. аккумулирующей системой
- 10. Сфера взаимодействия природы и общества, в пределах которой разумная деятельность человека станет главным, определяющим фактором развития:**
 1. антропосфера
 2. социосфера
 3. ноосфера
 4. техносфера

3. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ

Экологические факторы – это определенные условия и элементы среды, которые оказывают специфическое воздействие на живой организм. Организм реагирует на действие экологических факторов при-

способительными реакциями. Экологические факторы определяют условия существования организмов.

Классификация экологических факторов (по происхождению)

1. Абиотические факторы – это совокупность факторов неживой природы, влияющих на жизнь и распространение живых организмов. Среди них различают:

1.1. *Физические факторы* – такие факторы, источником которых служит физическое состояние или явление (например, температура, давление, влажность, движение воздуха и др.).

1.2. *Химические факторы* – такие факторы, которые обусловлены химическим составом среды (соленость воды, содержание кислорода в воздухе и др.).

1.3. *Эдафические факторы* (почвенные) – совокупность химических, физических, механических свойств почв и горных пород, оказывающих воздействие как на организмы, для которых они являются средой обитания, так и на корневую систему растений (влажность, структура почвы, содержание биогенных элементов и др.).

2. Биотические факторы – совокупность влияний жизнедеятельности одних организмов на жизнедеятельность других, а также на неживую компоненту среды обитания.

2.1. *Внутривидовые взаимодействия* характеризуют взаимоотношения между организмами на популяционном уровне. В основе их лежит внутривидовая конкуренция.

2.2. *Межвидовые взаимодействия* характеризуют взаимоотношения между различными видами, которые могут быть благоприятными, неблагоприятными и нейтральными. Соответственно, обозначим характер воздействия +, – или 0. Тогда возможны следующие типы комбинаций межвидовых взаимоотношений:

00 нейтрализм – оба вида независимы и не оказывают никакого действия друг на друга; в природе встречается редко (белка и лось, бабочка и комар);

+0 комменсализм – один вид извлекает пользу, а другой не имеет никакой выгоды, вреда тоже; (крупные млекопитающие (собаки, олени) служат разносчиками плодов и семян растений (репейник), не получая ни вреда, ни пользы);

–0 аменсализм – один вид испытывает от другого угнетение роста и размножения; (светлюбивые травы, растущие под елью, страдают от затенения, а самому дереву это безразлично);

++ симбиоз – взаимовыгодные отношения:

- мутуализм – виды не могут существовать друг без друга; *инжир и опыляющие его пчелы; лишайник*;
- протокооперация – совместное существование выгодно обоим видам, но не является обязательным условием выживания; *опыление пчелами разных луговых растений*;
- – конкуренция – каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное воздействие; (растения конкурируют между собой за свет и влагу, т.е. когда используют одни и те же ресурсы, тем более, если они недостаточны);
 - + – хищничество – хищный вид питается своей жертвой;
 - + – паразитизм – паразит тормозит рост и развитие своего хозяина и может вызвать его гибель.

2.3. Воздействие на неживую природу (микроклимат). Например, в лесу под влиянием растительного покрова создаётся особый микроклимат, или микросреда, где по сравнению с открытым местообитанием создаётся свой температурно–влажностный режим: зимой здесь на несколько градусов теплее, летом – прохладнее и влажнее. Особая микросреда создаётся также в кроне деревьев, в норах, в пещерах и т. п.

3. Антропогенные факторы – факторы, порожденные деятельностью человека и воздействующие на окружающую природную среду: непосредственное воздействие человека на организмы или воздействие на организмы через изменение человеком их среды обитания (загрязнение окружающей среды, эрозия почв, уничтожение лесов, опустынивание, сокращение биологического разнообразия, изменение климата и др.). Выделяют следующие группы антропогенных факторов:

1. изменение структуры земной поверхности;
2. изменение состава биосферы, круговорота и баланса входящего в нее вещества;
3. изменение энергетического и теплового баланса отдельных участков и регионов;
4. изменения, вносимые в биоту.

Существует и другая классификация экологических факторов. Большинство факторов качественно и количественно изменяется во времени. Например, климатические факторы (температура, освещённость и др.) меняются в течение суток, сезона, по годам. Факторы, изменение которых во времени повторяется регулярно, называют *периодическими*. К ним относятся не только климатические, но и некоторые гидрографические – приливы и отливы, некоторые океанские течения. Факторы, возникающие неожиданно (извержение вулкана, нападение хищника и т.п.) называются *непериодическими*.

Закономерности действия экологических факторов

Влияние экологических факторов на живые организмы характеризуется некоторыми количественными и качественными закономерностями.

Немецкий агрохимик Ю. Либих, наблюдая за влиянием на растения химических удобрений, обнаружил, что ограничение дозы любого из них ведет к замедлению роста. Эти наблюдения позволили ученому сформулировать правило, которое носит название закона минимума (1840 г.).

Закон минимума: жизненные возможности организма (урожай, продукция) зависят от фактора, количество и качество которого близко к необходимому организму или экосистеме минимуму (несмотря на то, что другие факторы могут присутствовать в избытке и не использоваться в полной мере).

Те же самые вещества, находясь в избытке, также снижают урожай. Продолжая исследования, в 1913 г. американский биолог В. Шелфорд сформулировал закон толерантности.

Закон толерантности: жизненные возможности организма определяются экологическими факторами, находящимися не только в минимуме, но и в максимуме, то есть определять жизнеспособность организма может как недостаток, так и избыток экологического фактора. Например, недостаток воды затрудняет ассимиляцию минеральных веществ растением, а избыток вызывает гниение, закисание почвы.

Факторы, сдерживающие развитие организма из-за их недостатка или избытка по сравнению с потребностью (оптимальным содержанием), называются *лимитирующими*.

В характере воздействия экологических факторов на организм и в ответных реакциях можно выявить ряд общих закономерностей, которые укладываются в некоторую общую схему действия экологического фактора на жизнедеятельность организма (рис. 3).

На рис. 3 по оси абсцисс отложена интенсивность фактора (например, температура, освещенность и т.д.), а по оси ординат – реакция организма на воздействие экологического фактора (например, скорость роста, продуктивность и т.д.).

Диапазон действия экологического фактора ограничен пороговыми значениями (точки А и Г), при которых еще возможно существование организма. Это нижняя (А) и верхняя (Г) границы жизнедеятельности. Точки Б и В соответствуют границам нормальной жизнедеятельности.

Действие экологического фактора характеризуется наличием трех зон, образованных характерными пороговыми точками:

- 1 – зона оптимума – зона нормальной жизнедеятельности,
- 2 – зоны стресса (зона минимума и зона максимума) – зоны нарушения жизнедеятельности вследствие недостатка или избытка фактора,
- 3 – зона гибели.

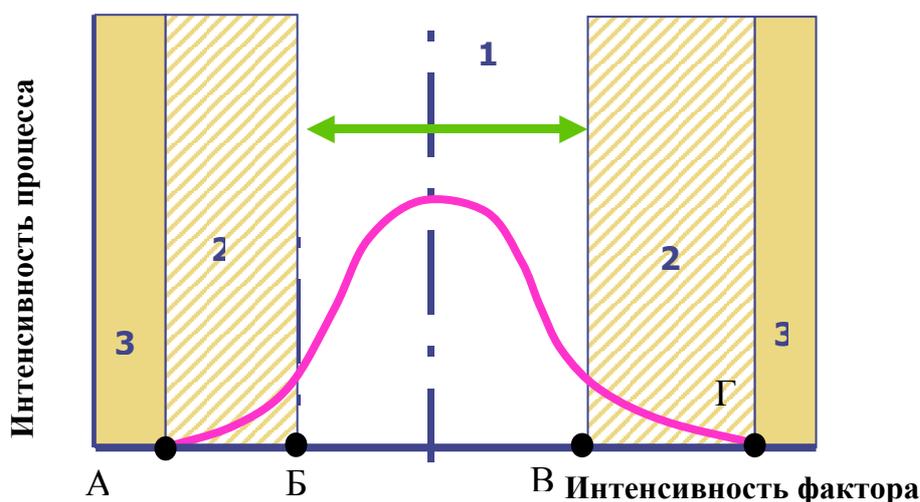


Рис. 3. Схема действия экологического фактора на живые организмы: 1 – оптимум, зона нормальной жизнедеятельности, 2 – зона пониженной жизнедеятельности (угнетение), 3 – зона гибели

При минимуме и максимуме фактора организм может жить, но не достигает расцвета (стрессовые зоны). Диапазон между минимумом и максимумом фактора определяет величину толерантности (устойчивости) к данному фактору (*толерантность* – способность организма выносить отклонения значений экологических факторов от оптимальных для него).

Адаптация живых организмов к экологическим факторам

Адаптация – это процесс приспособления организма к определенным условиям окружающей среды. Особи, не приспособленные к данным или изменяющимся условиям, вымирают.

Основные типы адаптации:

- поведенческая адаптация (затаивание у жертв, выслеживание добычи у хищников);
- физиологическая адаптация (зимовка – спячка, миграция птиц);
- морфологическая адаптация (изменение жизненных форм растений и животных – у растений в пустыне нет листьев, у водных организмов строение тела приспособлено к плаванию).

Экологическая ниша

Экологическая ниша – это совокупность всех факторов и условий среды, в пределах которых может существовать вид в природе.

Фундаментальная экологическая ниша определяется физиологическими особенностями организмов.

Реализованная ниша представляет собой условия, при которых вид реально встречается в природе, это часть фундаментальной ниши.

Абиотические факторы наземной среды (климатические)

Температура – важнейший из лимитирующих факторов. Любой организм способен жить только в пределах определенного интервала температур. Пределы температурной выносливости различны.

- Горячие источники Камчатки, $t > 80^{\circ}\text{C}$ – насекомые, моллюски.
- Антарктида, t до -70°C – водоросли, лишайники, пингвины.

Свет – это первичный источник энергии, без которого невозможна жизнь на Земле. Свет участвует в процессе фотосинтеза, обеспечивая создание растительностью органических соединений из неорганических. В этом заключается его важнейшая экологическая функция.

- Область физиологически активной радиации – $\lambda = 380\text{--}760$ нм (видимая часть спектра).
- Инфракрасная область спектра $\lambda > 760$ нм (источник тепловой энергии).
- Ультрафиолетовая область спектра $\lambda < 380$ нм.

Интенсивность освещения имеет важное значение для живых организмов, особенно для растений. Так, по отношению к освещенности растения подразделяются на светолюбивые (не выносят тени), тенелюбивые (не выносят яркого солнечного света), теневыносливые (имеют широкий диапазон толерантности). На интенсивность света влияет широта местности, время дня и года, а также наклон поверхности по отношению к горизонтали.

Организмы физиологически адаптированы к смене дня и ночи. Практически у всех живых организмов существуют суточные ритмы активности, связанные со сменой дня и ночи.

Организмы приспособлены к сезонным изменениям длины дня (начало цветения, созревания).

Количество осадков. Для живых организмов важнейшим лимитирующим фактором является распределение осадков по сезонам года. Этот фактор определяет разделение экосистем на лесные, степные и пустынные. Так, если количество осадков составляет > 750 мм/год – формируются леса, $250\text{--}750$ мм/год – степи (злаковые), < 250 мм/год – пустыни (кактусы $50\text{--}100$ мм/год). Максимальное количество осадков

характерно для тропических влажных лесов 2500 мм/год, минимальное количество зарегистрировано в пустыне Сахара – 0,18 мм/год.

Осадки – это одно из звеньев круговорота воды на Земле. Режим осадков определяет миграцию загрязняющих веществ в атмосфере.

Среди других климатических факторов, оказывающих существенное воздействие на живые организмы, можно назвать влажность воздушной среды, движение воздушных масс (ветер), атмосферное давление, высота над уровнем моря, рельеф местности.

Абиотические факторы почвенного покрова

Абиотические факторы почвенного покрова называют эдафическими (от греч. *edaphos* – почва).

Почва – это особое природное образование, возникшее в результате изменения поверхностного слоя литосферы совместным воздействием воды, воздуха и живых организмов. Почва является связующим звеном между биотическим и абиотическим факторами биогеоценоза.

Важнейшее свойство почвы – плодородие, то есть ее способность удовлетворять потребность растений в питательных веществах, воздухе и других факторах, и на этой основе обеспечивать урожай сельскохозяйственных культур, а также продуктивность диких форм растительности.

Свойства почвы

- **Физические характеристики:** структура, пористость, температура, теплоемкость, влажность.

Обычно частицы, составляющие почву, делят на глину (мельче 0,002 мм в диаметре), ил (0,002–0,02 мм), песок (0,02–2,0 мм) и гравий (больше 2 мм). Механическая структура почвы имеет очень важное значение для сельского хозяйства, определяет усилия, требуемые для обработки почвы, необходимое количество поливов и т. п. Хорошие почвы содержат примерно одинаковое количество песка и глины; они называются суглинками. Преобладание песка делает почву более рассыпчатой и лёгкой для обработки; с другой стороны, в ней хуже удерживается вода и питательные вещества. Глинистые почвы плохо дренируются, являются сырыми и клейкими, но содержат много питательных веществ и не выщелачиваются. Каменистость почвы (наличие крупных частиц) влияет на износ сельскохозяйственных орудий.

- **Химические характеристики:** реакция среды, степень засоления, химический состав.

$pH = -\lg H$, $pH = 7$ – нейтральная среда, $pH < 7$ – кислая, $pH > 7$ – щелочная.

По химическому составу минеральной компоненты почва состоит из песка и алеврита (формы кварца (кремнезёма) SiO_2 с добавками сили-

катов ($Al_4(SiO_4)_3$, $Fe_4(SiO_4)_3$, Fe_2SiO_4) и глинистых минералов (кристаллические соединения силикатов и гидроксида алюминия)).

- **Биологические характеристики:** живые организмы черви, населяющие почву (грибы, бактерии, водоросли).

Почвенный профиль

Почвообразование происходит сверху вниз, это отражается в почвенном профиле. В результате перемещения и превращения веществ почва расчленяется на отдельные слои или горизонты, сочетание которых составляет профиль почвы. В почвенном профиле выделяют три горизонта (рис. 4).

1. **А** – перегнойно-аккумулятивный горизонт (до нескольких десятков см), который подразделяется на три подгоризонта:

A_0 – подстилка (дернина): свежеепавшие листья и разлагающиеся растительные и животные остатки;

A_1 – гумусовый горизонт: смесь частично разложившейся органики, живых организмов и неорганических веществ;

A_2 – элювиальный горизонт (вымывания): соли и органические вещества выщелачиваются, вымываются и вмываются в горизонт В.

2. **В** – иллювиальный горизонт (вмывания): здесь органические вещества перерабатываются редуцентами в минеральную форму, происходит накопление минеральных веществ (карбонатов, гипса, глинистых минералов).

3. **С** – материнская порода (горная).

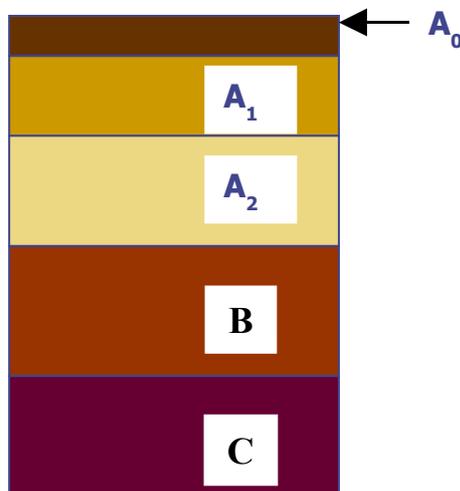


Рис. 4. Схема почвенного профиля:

А – перегнойно-аккумулятивный горизонт;

В – горизонт вмывания;

С – материнская порода

Абиотические факторы водной среды

Вода занимает преобладающую часть земной поверхности – 71 %.

Плотность. Водная среда очень своеобразна, например, плотность воды в 800 раз больше плотности воздуха, а вязкость – в 55 раз. Это влияет на образ жизни и жизненные формы ее обитателей.

Теплоемкость. Обладая высокой теплоемкостью, вода является главным приемником и аккумулятором солнечной энергии.

Подвижность способствует поддержанию относительной гомогенности физических и химических свойств.

Температура. Температурная стратификация (изменение температуры по глубине) оказывает влияние на размещение в воде живых организмов, на перенос и рассеивание примесей. Существуют периодические изменения температуры воды (годовые, суточные, сезонные).

Прозрачность воды определяется световым режимом над поверхностью воды и зависит от содержания взвешенных веществ. От прозрачности зависит фотосинтез растений, а, следовательно, накопление органического вещества.

Соленость. Содержание в воде карбонатов, сульфатов, хлоридов имеет большое значение для живых организмов. В пресных водах солей мало, в основном это карбонаты. В морских водах преобладают сульфаты и хлориды. Содержание солей в водах Мирового океана – 35 г/л, в Черном море – 19, в Каспийском море – 14, в Мертвом море – 240 г/л.

Тесты для самоконтроля 3

1. Элемент окружающей среды, оказывающий специфическое воздействие на живые организмы и на характер их взаимоотношений друг с другом:

1. Угнетающий фактор
2. Экологический фактор
3. Трофический элемент
4. Оптимальный элемент

2. Экологические факторы неживой природы называются

1. косными
2. биокосными
3. абиотическими
4. биотическими

3. Компоненты и явления природы, происхождение которых связано с жизнедеятельностью ныне живущих организмов:

1. Природные условия
2. Биогенные факторы
3. Абиотические факторы
4. Биотические факторы

4. Биотические отношения, при которых одни организмы питаются другими, настигая и затем убивая их, называются

1. паразитизмом
2. хищничеством
3. конкуренцией
4. аменсализмом

5. Компоненты среды и явления природы, которые обязаны своим происхождением деятельности человека, называют

1. эволюционными факторами
2. биотическими факторами
3. биогенными факторами
4. антропогенными факторами

6. Совокупность множества параметров среды, определяющих условия существования того или иного вида, и его функциональных характеристик называют

1. биоценозом
2. биотой
3. экологической нишей
4. экологической валентностью

7. Фактор, сдерживающий развитие организма из-за его недостатка или избытка по сравнению с потребностью, называется

1. лимитирующим фактором
2. абиотическим фактором
3. биотическим фактором
4. специфическим фактором

8. Закон минимума сформулировал

1. Ю. Либих
2. В. Шелфорд
3. А. Тенсли
4. Ю. Одум

9. Жизненные возможности организма определяются как минимумом, так и максимумом экологического фактора:

1. Закон максимума
2. Закон минимума
3. Закон толерантности
4. I закон термодинамики

10. Факторы почвенного покрова называются

1. трофическими
2. топическими
3. эдафическими
4. биотическими

4. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Экологическая система – это взаимосвязанная, единая функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания. Составными частями экосистемы являются **биоценоз** (совокупность живых организмов) и **биотоп** (место их жизни, неживые компоненты).

ЭКОСИСТЕМА = БИОЦЕНОЗ + БИОТОП

Термин «экосистема» предложен в 1935 г. английским экологом А. Тенсли. Экосистема – понятие очень широкое и применимо как к естественным, так и к искусственным комплексам. Для обозначения природных экосистем используется термин «биогеоценоз» (Сукачев В.Н.).

Классификация природных экосистем

Классификация природных экосистем базируется на ландшафтном подходе. Ландшафт – природный географический комплекс, в котором все основные компоненты (рельеф, верхние горизонты литосферы, климат, воды, почвы, растительность, животный мир) находятся в сложном взаимодействии, образуя однородную по условиям развития единую систему.



Наземные природные экосистемы:

тундра (арктическая и альпийская), бореальные хвойные леса, листопадный лес умеренной зоны, степи, саванны, пустыня, тропический лес.

Основными лимитирующими факторами суши являются среднегодовая температура и количество осадков (рис. 5).

Пресноводные экосистемы подразделяются на:

- лентические (стоячие водоемы) – озера, пруды, водохранилища;
- лотические (проточные водоемы) – реки, ручьи;
- болота

Лимитирующие факторы водной среды: течение, глубина (увеличивается давление, уменьшается прозрачность), температура.

Проточные водоемы имеют две зоны:

- мелководные перекаты (с быстрым течением);
- глубоководные плёсы (спокойные реки).

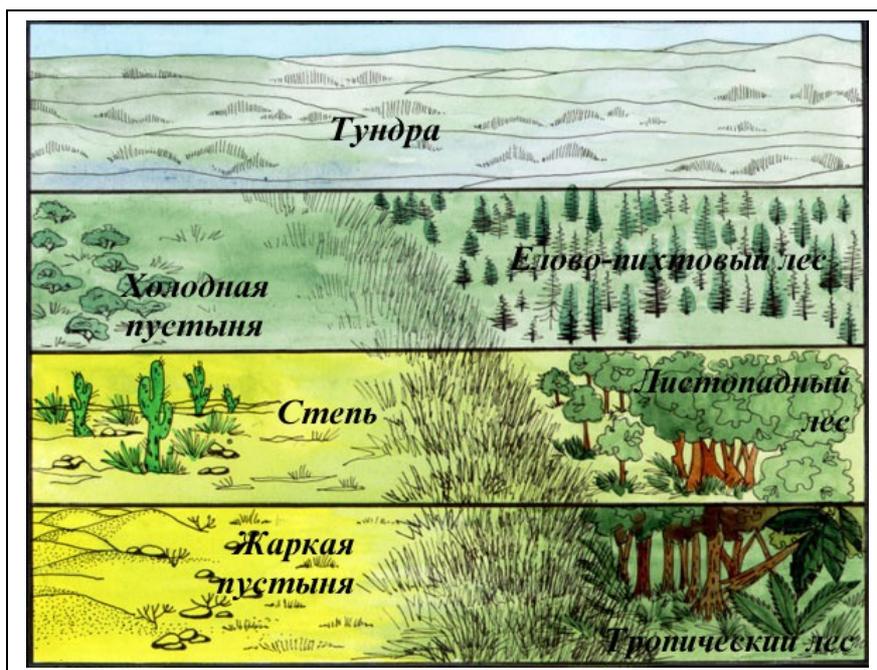


Рис. 5. Формирование наземных природных систем в зависимости от среднегодовой температуры и количества осадков

Основные зоны в экосистеме непроточного водоема

В непроточном водоеме выделяют следующие зоны (рис. 6):

- 1 – литоральная зона – толща воды, где свет проникает до дна,
- 2 – лимническая зона – толща воды до глубины, куда проникает 1 % солнечного света и где затухает фотосинтез,
- 3 – профундальная зона – дно и толща воды, куда не проникает солнечный свет.

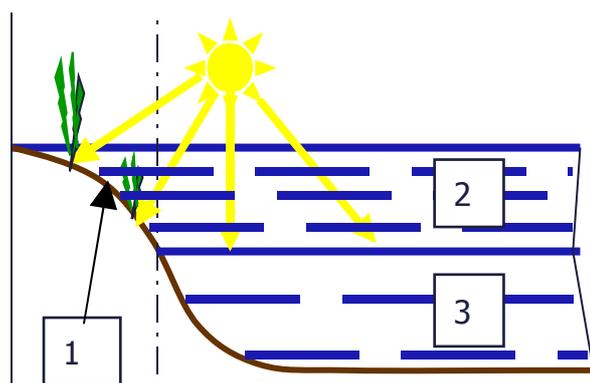


Рис. 6. Структура непроточного водоема

Каждой из этих зон свойственны свои обитатели и свои сообщества организмов. В зависимости от глубины и строения водоема профундальная зона и литоральная зона могут отсутствовать.

Морские экосистемы:

открытый океан, область континентального шельфа (прибрежные воды), эстуарии, глубоководные зоны

Эстуарии – это прибрежные области смешивания речных вод с морскими.

Лимитирующие факторы: соленость, глубина, прозрачность, температура.

В морских формациях выделяют две зоны: пелагиаль – поверхностные слои воды и бенталь – морское дно, заселенное донными организмами (бентосом).

Структура водной и наземной экосистем

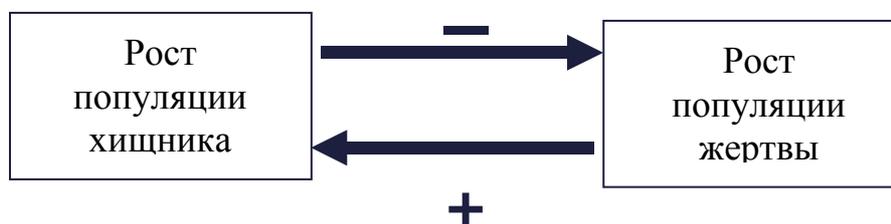
Как водная, так и наземная экосистемы отличаются пространственной и видовой структурой. Пространственная структура характеризуется вертикальным расслоением системы на ярусы. Например, в лесу выделяют до 6 ярусов. Ярусно располагаются и подземные части растений. Растения каждого яруса обуславливают особый микроклимат и создают определенную среду (экологическую нишу) для обитания в ней строго специфических животных.

Гомеостаз экосистемы

Естественным экосистемам присуща определенная стабильность во времени и пространстве, эта стабильность не является постоянной, а имеет определенную подвижность и называется гомеостазом.

Гомеостаз – способность экосистем (организмов, популяций) противостоять изменениям и сохранять равновесие. Гомеостаз обеспечивается механизмами обратной связи. Например, рассмотрим условную экосистему, состоящую из двух популяций – жертвы и хищника.

Система «хищник-жертва»



+ положительная обратная связь; – отрицательная обратная связь

Управление в системе осуществляется посредством положительных и отрицательных связей. Численность жертвы растет – численность хищника тоже увеличивается (+). Но поскольку хищник питается жерт-

вой, то он снижает численность жертвы (–). Имеет место эффект саморегуляции. Нарушение сбалансированности системы могут вызвать другие факторы (засуха, вмешательство человека).

Сукцессия

Несмотря на то, что естественная экосистема находится в состоянии подвижно-стабильного равновесия, она испытывает медленные, но постоянные изменения во времени, имеющие последовательный характер, касающиеся в первую очередь биоценоза.

Сукцессия – последовательная смена биоценозов на одной и той же территории. Изменения происходят медленно, на всех стадиях процесса экосистема сбалансирована.

Виды сукцессии

Первичная сукцессия – процесс развития и смены биоценозов на незаселенных ранее участках:

голая скала → лишайники → мхи → травы → лес.

Вторичная сукцессия происходит на месте сформировавшегося биоценоза после его нарушения по какой-либо причине (пожар, вырубка леса, засуха).

Трофические цепи и сети

Жизнь на Земле существует за счет солнечной энергии. Фотосинтезирующие растения создают органическое вещество, которым питаются другие организмы.

Цепь последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим называется **трофической цепью**.

Трофический уровень

Простейшая цепь питания состоит из трех основных звеньев: продуценты, консументы, редуценты.

В каждой цепи питания формируются определенные трофические уровни, которые характеризуются различной интенсивностью протекания потоков веществ и энергии. Зеленые растения (продуценты) образуют 1-й трофический уровень, фитофаги (растительноядные консументы) – 2-й, плотоядные консументы (хищники) – 3-й. При передаче энергии с одного трофического уровня на другой происходит ее потеря (затраты на дыхание, рост), поэтому цепи питания состоят из 4–6 звеньев.

В природе трофические цепи связаны между собой общими звеньями и образуют трофические сети.

Продуктивность экосистемы

Это скорость, с которой продуценты усваивают лучистую энергию в процессе фотосинтеза и хемосинтеза, образуя органическое вещество, которое может быть использовано в качестве пищи другими организмами (биомасса, производимая на единице площади в единицу времени).

Продуктивность может выражаться в единицах массы, энергии, числа особей.

Различают первичную и вторичную продуктивность.

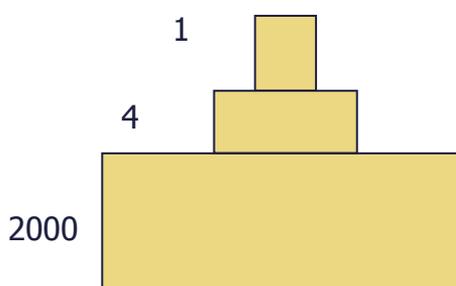
- **Первичная продукция** – органическая масса, создаваемая продуцентами в единицу времени.
- **Вторичная продукция** – прирост массы консументов за единицу времени.

Продуктивность биосферы – 164 млрд. т сухого органического вещества в год.

Продуктивность экосистем выражается в виде экологических пирамид.

Экологические пирамиды

Экологические пирамиды представляют собой графическое изображение функциональной взаимосвязи в экосистеме. Известно три основных типа экологических пирамид: пирамида численности, пирамида биомассы и пирамида энергии.



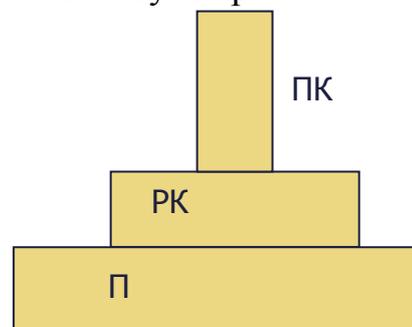
Пирамида численности (пирамида Элтона) отражает численность организмов на каждом уровне. Существует следующая закономерность: количество особей, составляющих последовательный ряд звеньев от продуцентов к консументам, неуклонно уменьшается. В пирамидах численности живые организмы, имеющие различную массу, учитываются одинаково. Поэтому более удобно использовать пирамиды биомассы, которые рассчитываются не по количеству особей на каждом трофическом уровне, а по их суммарной массе.

Поэтому более удобно использовать пирамиды биомассы, которые рассчитываются не по количеству особей на каждом трофическом уровне, а по их суммарной массе.

Пирамида биомассы характеризует массу живого вещества – указывает количество живого вещества на данном трофическом уровне ($г/м^2$, $г/м^3$).

Пирамида биомассы наземной экосистемы:

П – продуценты, РК – растительоядные консументы, ПК – плотоядные консументы



В наземной экосистеме действует правило: суммарная масса растений превышает массу всех травоядных, а их масса превышает биомассу хищников. Для океана пирамида биомассы имеет перевернутый вид, что объясняется высокой скоростью потребления и оборачиваемости: на каждом трофическом уровне количество биомассы, создаваемой за единицу времени, больше, чем на последующем.

Пирамиды биомассы не отражают энергетическую значимость организмов и не учитывают скорость потребления биомассы, что приводит к аномалиям в виде перевернутых пирамид. Выходом является построение более сложных пирамид энергии. *Пирамида энергии* показывает количество энергии, прошедшее через каждый трофический уровень экосистемы за определенный промежуток времени (например, за год).

Закон (правило) 10 % (закон пирамиды энергий)

С одного трофического уровня экологической пирамиды на другой, более высокий ее уровень передается около 10 % энергии (1942 г. Р. Линдеман). Например, за счет 1 т съеденной растительной массы может образоваться 100 кг массы тела травоядного животного, а за счет последнего – 10 кг массы тела хищников.

Основные принципы функционирования экосистем

1. Экосистемы существуют за счет не загрязняющей среду и практически вечной солнечной энергии, количество которой относительно постоянной и избыточной солнечной энергии.
2. Чем больше биомасса популяции, тем ниже должен быть занимаемый ею трофический уровень.
3. Получение ресурсов и избавление от отходов происходит лишь в рамках круговорота всех элементов.

Круговорот веществ в биосфере

Все вещества на нашей планете находятся в процессе круговорота. В природе имеется два основных круговорота: большой (геологический) и малый (биогеохимический).

Большой круговорот веществ обусловлен взаимодействием солнечной энергии с глубинной энергией Земли и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими горизонтами Земли. Длится он миллионы лет и связан с такими геологическими процессами как опускание материков, поднятие морского дна, с образованием и разрушением горных пород и последующим перемещением продуктов разрушения.

Малый круговорот веществ (биогеохимический) совершается в пределах биосферы, на уровне биоценоза. Сущность его заключается в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза, в прохождении органического вещества по цепям питания и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения.

Биогеохимические циклы

Круговорот отдельных химических элементов называется биогеохимическими циклами (Вернадский В.И.). Химические элементы, поглощенные организмом, впоследствии его покидают, уходя в абиотическую среду. Затем, через какое-то время снова попадают в живой организм и т.д. Этими циклами и круговоротом в целом обеспечиваются важнейшие функции живого вещества в биосфере.

Функции живого вещества в биосфере (по Вернадскому В.И.)

1. Газовая – основные газы атмосферы (азот и кислород) – биогенного происхождения, как и все подземные газы – продукт разложения отмершей органики.
2. Концентрационная – организмы накапливают в своих телах многие химические элементы (Углерод, кальций, йод, фосфор и др.).
3. Окислительно-восстановительная – организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или осаждения ряда металлов и неметаллов с переменной валентностью.
4. Биохимическая – размножение, рост и перемещение в пространстве живого вещества.
5. Биогеохимическая деятельность человека – охватывает все разрастающееся количество веществ земной коры для хозяйственных и бытовых нужд человека, в том числе таких концентраторов углерода как нефть, уголь, газ.

Круговорот воды (часть большого круговорота)

Круговорот воды включает в себя следующие процессы (рис. 7): испарение воды, конденсация паров, выпадение осадков и их сток, транспирация – физиологическое выделение воды с наземных частей растений, инфильтрация – просачивание воды в почве.

На круговорот воды на поверхности Земли затрачивается около трети всей поступающей на Землю солнечной энергии. В круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тыс. км³ воды. Круговорот воды в целом играет основную роль в формировании природных усло-

вий на нашей планете. С учетом транспирации воды растениями и поглощения ее в биогеохимическом цикле, весь запас воды на Земле распадается и восстанавливается за 2 млн. лет.

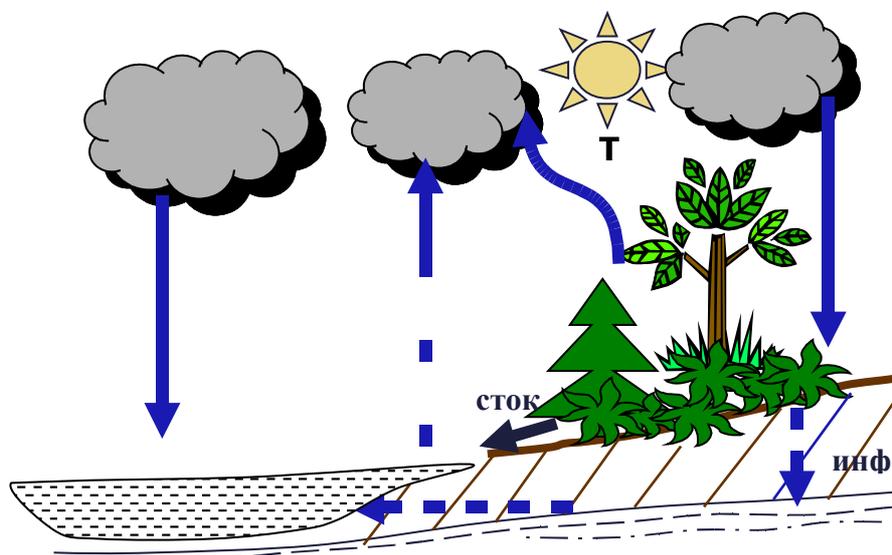


Рис. 7. Круговорот воды

Круговорот азота

Азот в виде газа N_2 является составной частью воздуха – 78 %об. Живыми организмами азот усваивается только в форме соединений с водородом и кислородом.

Фиксация азота в химические соединения происходит в результате вулканической (аммиак) и грозовой (нитраты) деятельности, но большей частью – в результате деятельности микроорганизмов – фиксаторов азота (бактерии и водоросли). Азот поступает к корням растений в форме нитратов, которые используются для синтеза органики (белков). Животные потребляют азот с растительной или животной пищей. Бактерии превращают органические азотсодержащие соединения биологических отходов в аммиак, нитриты, нитраты. Некоторые бактерии способны разлагать нитраты до газообразного азота, замыкая цикл.

Техногенная деятельность человека нарушает естественный баланс круговорота азота:

- выбросы оксидов азота при сжигании топлива (выхлопные газы автомобилей, выбросы промышленных предприятий и ТЭЦ);
- избыток нитратов, вносимых с минеральными удобрениями;
- стоки с ферм.

Круговорот углерода

Углерод, содержащийся в виде CO_2 в атмосфере, служит сырьем для синтеза органических соединений посредством фотосинтеза на уровне продуцентов растений, а затем углерод в составе органических веществ потребляется консументами разных трофических уровней. При дыхании растений, животных, по мере разложения мертвого вещества выделяется CO_2 , в форме которого углерод возвращается в атмосферу. Большая часть углерода содержится в водах океана в виде карбонатов. Океан поглощает избыток CO_2 из воздуха, в результате чего образуются карбонатные и бикарбонатные ионы. Существует и обратный процесс, в ходе которого CO_2 выделяется из океана в атмосферу. Океаны играют роль своеобразного буфера, поддерживая концентрацию CO_2 в атмосфере на постоянном уровне.

Техногенная деятельность человека нарушает естественный баланс круговорота углерода:

- При сгорании органического топлива ежегодно в атмосферу выбрасывается около 6 млрд. т CO_2 :
 - производство электроэнергии на ТЭЦ;
 - выхлопные газы автомобилей;
 - обогрев домов и промышленных предприятий;
- Уничтожение лесов:
 - Расширение сельскохозяйственных земель;
 - Производство изделий из древесины.

Естественным источником поступления CO_2 в атмосферу являются лесные пожары.

Тесты для самоконтроля 4

1. Что такое экосистема?

1. Совокупность популяций растений и животных
2. Взаимосвязанная функциональная совокупность живых организмов и среды их обитания
3. Система экологических законов
4. Система отношений организмов со средой обитания

2. Среди природных экосистем выделяют следующие группы:

1. Наземные, подземные, водные
2. Наземные, пресноводные, морские
3. Естественные, антропогенные
4. Литосферные, гидросферные, биосферные

3. Наземная формация, характеризующаяся количеством осадков менее 200 мм/год, бедностью растительного покрова:

1. Саванна
 2. Тайга
 3. Пустыня
 4. Тропический лес
- 4. Состояние подвижно-стабильного равновесия экосистемы – это**
1. толерантность
 2. сукцессия
 3. адаптация
 4. гомеостаз
- 5. Последовательная смена биоценозов на одной и той же территории называется**
1. гомеостазом
 2. сукцессией
 3. адаптацией
 4. толерантностью
- 6. Назовите правильную цепочку смены биоценозов, характерных для первичной сукцессии:**
1. мхи→лишайники→травянистые растения→кустарники
 2. лишайники→ мхи→травянистые растения→кустарники
 3. травянистые растения→мхи→лишайники→ кустарники
 4. мхи →травянистые растения→кустарники→лишайники
- 7. Цепь последовательной передачи вещества и эквивалентной ему энергии от одних организмов к другим называется**
1. популяционной
 2. экологической
 3. биогенной
 4. трофической
- 8. Энергия одного трофического уровня трансформируется в энергию следующего уровня в размере**
1. 10 %
 2. 50 %
 3. 90 %
 4. Энергия не изменяется
- 9. Биомасса, производимая продуцентами на единице площади за единицу времени – это**
1. вторичная продуктивность
 2. эквивалентная продуктивность
 3. первичная продуктивность
 4. чистая продуктивность
- 10. Денитрифицирующие бактерии способствуют**
1. выделению азота из почвы в атмосферу

2. выделению азота из растений и животных
3. накоплению азота в океанических осадочных породах
4. накоплению азота в почве

5. ПОПУЛЯЦИИ

Популяция – это совокупность особей одного вида, способная к самовоспроизведению, более или менее изолированная в пространстве и во времени от других аналогичных совокупностей одного и того же вида. Популяция является основным элементом каждой экосистемы. Свойства популяции значительно отличаются от свойств отдельных особей, например, толерантность (устойчивость) к факторам среды значительно шире.

Каждая популяция характеризуется количественными показателями. Количественные показатели популяции разделяются на статические и динамические.

Статические показатели характеризуют состояние популяции в какой-то определенный момент времени. Это численность, плотность и показатели структуры.

Численность популяции – это общее количество особей (животных или растений) на данной территории или в данном объеме.

Плотность – число особей, приходящихся на единицу занимаемого пространства (кол-во чел/км², кол-во рыб/м³) (это численность популяции, отнесенная к единице занимаемого пространства). Зная изменение плотности во времени или пространстве, можно установить, увеличивается или уменьшается численность особей.

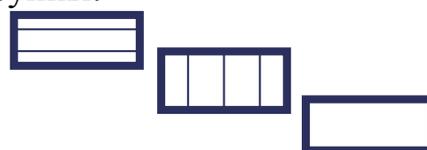
Показатели структуры. Каждая популяция имеет определенную структуру. Структура может быть

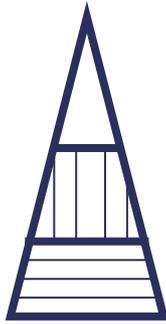
- возрастной, т.е. показывать соотношение количества особей разного возраста;
- половой – отражает соотношение полов;
- размерной – отражает соотношение количества особей разных размеров.

Возрастная структура популяции характеризует общее количество представленных в ней возрастных групп и соотношение их численности или биомассы.

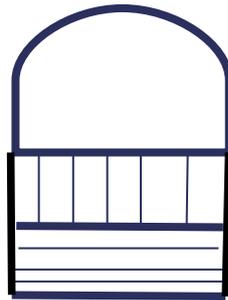
Выделяют три экологические возрастные группы:

1. Препродуктивная (молодые особи)
2. Репродуктивная (взрослые особи)
3. Пострепродуктивная (старые особи)

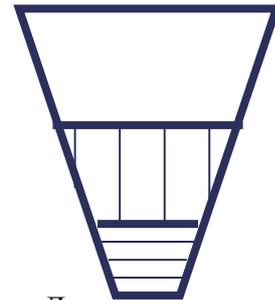




Быстрорастущая,
развивающаяся популяция



Стабильная
популяция



Деградирующая,
сокращающаяся
популяция

В быстрорастущих, развивающихся популяциях доминируют молодые особи. В стабильных популяциях соотношение молодых и взрослых особей равно примерно 1:1. В деградирующих, сокращающихся популяциях преобладают старые особи, неспособные к интенсивному размножению.

Динамические показатели характеризуют процессы, протекающие в популяции за некоторый промежуток времени. Это рождаемость, смертность, скорость роста популяции.

Рождаемость – это число особей ΔN_n , родившихся в популяции за некоторый промежуток времени (Δt):

$$P = \Delta N_n / \Delta t.$$

Смертность – это число особей ΔN_m , погибших в популяции за некоторый промежуток времени Δt :

$$C = \Delta N_m / \Delta t.$$

Для сравнения рождаемости и смертности в разных популяциях используют удельные показатели.

Удельная рождаемость – отношение рождаемости к исходной численности N

$$b = P / N = \Delta N_n / N \Delta t.$$

Удельная смертность – отношение смертности к исходной численности:

$$d = C / N = \Delta N_m / N \Delta t.$$

Скорость изменения численности популяции:

$$\Delta N / \Delta t.$$

Удельная скорость изменения численности:

$$r = b - d.$$

Если $b = d$, то $r = 0$, и популяция находится в стационарном состоянии. Если $b > d$, то $r > 0$, имеем рост популяции. Если $b < d$, то $r < 0$, имеем снижение численности.

Численность популяций определяется двумя противоположными процессами – рождаемостью и смертностью.

Смертность и рождаемость особей изменяются с возрастом и оказывают большое влияние на численность популяции. Существуют виды, у которых смертность в раннем возрасте бывает большей, чем у взрослых особей, а бывает и наоборот. При одной и той же рождаемости, чем выше смертность, тем ниже численность популяции и наоборот. Фактической характеристикой состояния популяции является выживаемость. Это доля особей в популяции, доживших до определенного момента времени. Зависимость числа выживших особей от времени (или возраста) называют кривыми выживания. **Кривые выживания** подразделяют на три основных типа (рис. 8):

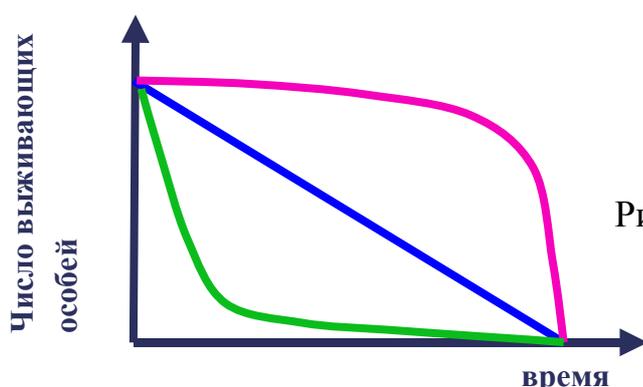


Рис. 8. Кривые выживания

1. Кривая I типа – сильно выпуклая кривая, характерна для видов, у которых на протяжении всей жизни смертность мала и резко возрастает в конце жизни (дрозофила, человек).
2. Кривая III типа – сильно вогнутая кривая, характерна для видов с высокой смертностью в начальный период жизни (устрица).
3. Кривая II типа (диагональная) характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни (гидра, рыбы, птицы).

Динамика роста численности популяций

Динамика популяции – это процессы изменения ее основных биологических характеристик во времени. Можно выделить два основных типа кривых роста численности популяции.

1. Экспоненциальный рост численности (*J*-образная кривая) (рис. 9):

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

где N_t – численность популяции в момент времени t , N_0 – численность популяции в начальный момент времени t_0 , e – основание натурального логарифма, r – показатель, характеризующий темп размножения особей в данной популяции (удельная скорость изменения численности). Если r

> 0 , то численность популяции растет, при $r < 0$ – сокращается. Экспоненциальный рост возможен лишь при отсутствии лимитирующих факторов. Такой рост в природе не происходит, либо происходит в течение очень непродолжительного времени (например, популяции одноклеточных организмов, водорослей, мелких ракообразных при благоприятных условиях размножаются по экспоненциальному закону). Это рост численности особей в неизменяющихся условиях.

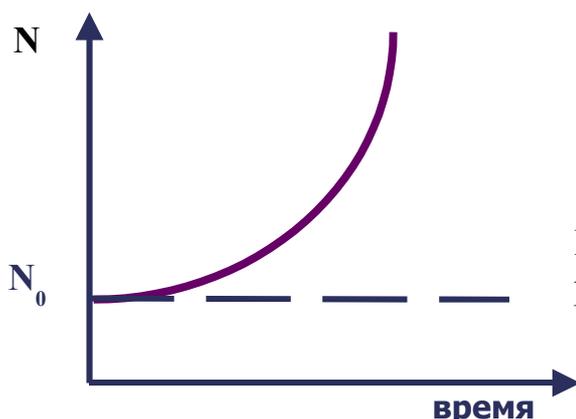
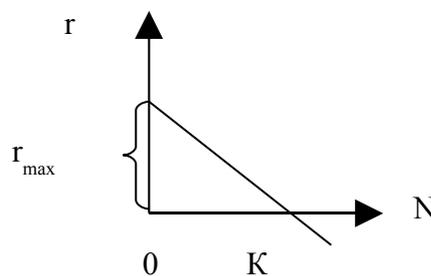
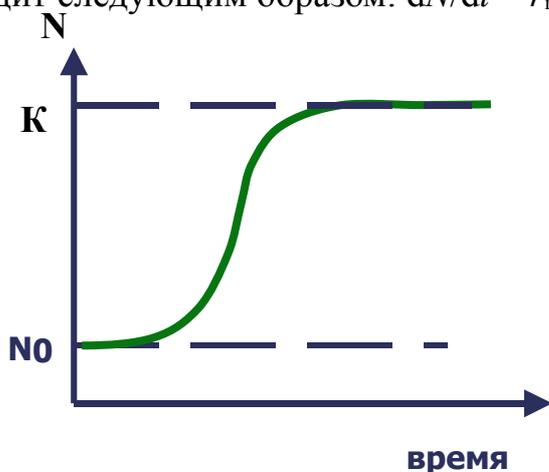


Рис. 9. J-образная кривая роста численности

Воздействие экологических факторов на скорость роста популяции может довести численность популяции до стабильной ($r = 0$) или уменьшить ее, т.е. экспоненциальный рост замедляется или останавливается. J-образная кривая превращается в S-образную.

2. Логистическая кривая роста (S-образная кривая) (рис. 10): скорость роста популяции линейно снижается по мере роста численности до 0 при некоторой предельной численности K (K – максимальное число особей, способных жить в рассматриваемой среде). При N_0 $r = \max$, а при $N = K$ $r = 0$. В дифференциальной форме логистическое уравнение выглядит следующим образом: $dN/dt = r_{\max}N(K-N)/K$



Зависимость удельной скорости роста от численности

Рис. 10. Кривая роста численности

Константы K и r из логистического уравнения дали название двум типам естественного отбора. Каждый организм испытывает на себе комбинацию r и K -отбора, но r -отбор преобладает на ранней стадии развития популяции, а K -отбор характерен для стабилизированных систем. r -стратегия обеспечивает выживание за счет количественного роста (пусть мелочь, но много), характерна организмов с коротким жизненным циклом и высокой плодовитостью: микроорганизмов, мелких насекомых, однолетних трав. K -стратегия обеспечивает выживание за счет качественного совершенствования взаимоотношений между особями и особей с абиотической средой (пусть мало, но большие): крупные и долгоживущие виды, деревья, звери, человек.

Биологическая емкость среды – степень способности природного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность (дыхание, питание, размножение, отдых и т.п.) определенному числу организмов и их сообществ без заметного нарушения самого окружения.

Численность популяций может изменяться в результате изменения внешних условий среды – из-за нехватки пищи, появления большого количества хищников и т.д. Периодические и непериодические колебания численности популяций под влиянием абиотических и биотических факторов среды называются **популяционными волнами**. Популяции обладают способностью к саморегуляции, и их плотность при более или менее значительных колебаниях остается в устойчивом состоянии между своими нижним и верхним пределами (динамическое равновесие).

Изменение численности в системе «хищник-жертва»

Межвидовые взаимоотношения играют большую роль в динамике численности организмов. Хищники, уничтожая свои жертвы, влияют на их численность. Такое же действие оказывают и паразиты.

Математики А. Лотка (1880–1949 г.г.) и В. Вольтерра (1860–1940 г.г.) независимо друг от друга разработали математические модели взаимодействия животных в системе «паразит – хозяин» (Лотка) и в системе «хищник – жертва» (Вольтерра). Различия в этих системах состоят лишь в количественном соотношении: один хищник уничтожает много жертв, а паразитов может быть много на одном хозяине.

В системе «хищник – жертва» численности хищника соответствует определенная численность жертвы и по мере возрастания плотности популяции жертвы увеличивается и плотность популяции хищника. Повышение же численности хищника приводит к снижению численности жертвы, что опять снижает количество хищников. Так происходят периодические колебания численности популяций хищника и жертвы с небольшими отклонениями от какого-то оптимального уровня (рис. 11).

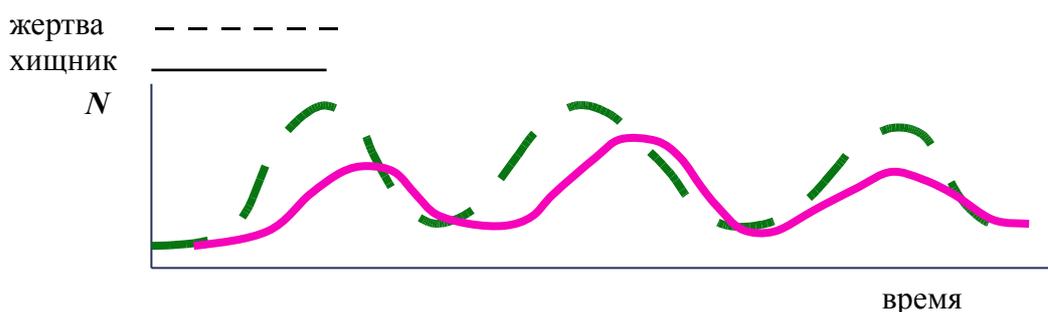


Рис. 11. Колебания численности в системе «хищник – жертва»

Уравнения Лотки и Вольтерры, описывающие численность популяций в системах «паразит – хозяин» и «хищник – жертва»:

$$dN_1/dt = r_1N_1 - k_1N_1N_2$$

$$dN_2/dt = k_2N_1N_2 - d_2N_2,$$

где N_1 и N_2 – плотность популяции соответственно жертвы и хищника; r_1 и d_2 – удельная скорость увеличения популяции жертвы и гибели популяции хищника, соответственно; k_1 и k_2 – константы хищничества.

Из этих уравнений следует, что при отсутствии хищника популяция жертвы растет экспоненциально с потенциально неограниченной скоростью. Произведение N_1N_2 отражает количество контактов между двумя видами. Если умножить его на k_2 , получится максимальная скорость увеличения популяции хищника, а на k_1 – скорость роста популяции жертвы.

Тесты для самоконтроля 5

1. Совокупность особей одного вида, населяющих определенное пространство, внутри которого осуществляется та или иная степень обмена генетической информацией:

1. Биоценоз
2. Живое вещество
3. Популяция
4. Биотоп

2. Возрастную структуру популяции характеризует

1. количество новорожденных особей
2. количество половозрелых самцов и самок
3. распределение особей разного пола в пространстве
4. соотношение количества особей разного возраста

3. Старые особи составляют большую долю в популяциях

1. растущих

2. стабильных
3. деградирующих
4. без четкой закономерности роста
- 4. Общее количество особей определенного вида на данной территории или в данном объеме называется**
 1. численностью популяции
 2. плотностью популяции
 3. скоростью расселения вида
 4. биотическим потенциалом
- 5. Число особей одного вида, приходящихся на единицу пространства, называют**
 1. численностью популяции
 2. плотностью популяции
 3. рождаемостью
 4. удельной рождаемостью
- 6. Количество особей, родившихся за определенный период, называют**
 1. рождаемостью
 2. приростом
 3. выживаемостью
 4. стабильностью
- 7. Численность популяции увеличивается по экспоненциальному закону**
 1. при освоении новых мест обитания
 2. при ограничении пищевых ресурсов
 3. при избытке пищевых ресурсов
 4. при отсутствии ограничивающих факторов
- 8. Теоретическая кривая роста численности популяции при наличии ограничивающих факторов называется**
 1. экспоненциальной
 2. логистической
 3. логарифмической
 4. степенной
- 9. Что ограничивает экспоненциальный рост численности популяции?**
 1. Биологические экологические факторы
 2. Абиотические экологические факторы
 3. Биотические и абиотические экологические факторы
 4. Инфекции, эпидемии заболеваний
- 10. Размер способности природного или природно-антропогенного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность опре-**

делённому числу организмов или их сообществ без заметного нарушения самого окружения:

1. Ёмкость среды
2. Ресурсы среды
3. Среда обитания
4. Жизненная форма

6. ДЕМОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Все люди на Земле образуют популяционную систему – человечество. Популяция человека, т.е. популяция особого вида – *Homo Sapiens*, обладает теми же свойствами, что и популяция животных, но характер и форма их проявлений значительно отличаются вследствие действия таких факторов, как искусственная среда, социально-экономические условия и др., называемых единым термином – социум.

Рост популяции человека ограничен доступными природными ресурсами и условиями жизни, социально-экономическими и генетическими механизмами. Человек пока не придает значения этим ограничивающим факторам. Об этом свидетельствует стремительный рост населения, т.е. численности популяции. Если в ближайшее время не произойдут изменения как в стиле жизни, так и в уровне экологического сознания людей, то биосфера не выдержит рост человечества.

Английский экономист Томас Мальтус предвидел ситуацию перенаселения Земли и сформулировал следующее положение (1798 г.): возможности увеличения населения планеты шире, чем возможности Земли производить продукты питания. Численность популяции человека растет по экспоненциальному закону, а средства к существованию увеличиваются в арифметической прогрессии. Когда будут исчерпаны все имеющиеся ресурсы, регулируемыми факторами изменения численности станут болезни, социальные потрясения, голод, войны.

Мальтузианский кризис заключается в рассогласовании растущих потребностей растущего человечества и возможностей их удовлетворения убывающими ресурсами оскудевающей планеты. Признаки:

- демографический взрыв;
- убывание ресурсов планеты;
- разрушение естественных круговоротов веществ;
- потеря биосферой стабильности.

По разным оценкам, для возвращения биосферы в равновесие при современном характере цивилизации и уровне потребления население

Земли не может составлять более 500 млн. чел. (1–1,5 млрд. чел.). В 2006 г. численность населения составила 6,6 млрд. чел.

На протяжении всей истории человеческого общества рост населения был медленным. От медленного роста к взрывообразному увеличению человечество перешло в XVIII–XIX веках. Показательны цифры, отражающие время удвоения численности населения (табл. 1).

Таблица 1

Удвоение численности населения Земли

Время	Рост численности, млн. чел.	Период двукратного увеличения численности, лет
До нашей эры, лет		
7000 – 4500	10 – 20	2500
4500 – 2500	20 – 40	2000
2500 – 1000	40 – 80	1500
1000 – 0	80 – 160	1000
С начала нашей эры, год		
0 – 900	160 – 320	900
900 – 1700	320 – 600	800
1700 – 1850	600 – 1200	150
1850 – 1950	1200 – 2500	100
1950 – 1988	2500 – 5000	38

Таблица 2

Рост численности населения мира

Численность населения, млрд. чел.	1	2	3	4	5	6
Годы	1820	1927	1960	1974	1987	1999

Показатели численности

Для характеристики численности населения пользуются следующими показателями:

- **СКР** – суммарный коэффициент рождаемости – среднее число детей, которое рождает каждая женщина в течение своей жизни.
 СКР = 2 – стабильная популяция – два ребенка заменяют мать и отца;
 СКР < 2 – сокращение населения;
 СКР > 2 – прирост населения.

В развитых странах СКР = 1,9, в развивающихся странах СКР = 4,1.

В России СКР = 1,4.

- **ОКР** – общий коэффициент рождаемости – среднее число рождений на 1000 человек в год.
- **ОКС** – общий коэффициент смертности – среднее число смертей на 1000 человек в год
- $r = \text{ОКР} - \text{ОКС}$ – естественный прирост
- Δr – темпы прироста

В развитых странах

$$\begin{aligned} \text{ОКР} &= 15, \\ \text{ОКС} &= 9, \\ r &= 15 - 9 = 6, \\ \Delta r &= 0,6 \%. \end{aligned}$$

В развивающихся странах

$$\begin{aligned} \text{ОКР} &= 31, \\ \text{ОКС} &= 10, \\ r &= 31 - 10 = 21, \\ \Delta r &= 2,1 \%. \end{aligned}$$

Отрицательный естественный прирост населения наблюдается в некоторых европейских странах: по данным за 2000 г. в Испании, Швейцарии $r = -1$; в Швеции, Германии $r = -3$; в России $r = -6$, Украине $r = -7$.

Половозрастные пирамиды

Данные по возрастному составу населения представляются в виде половозрастных пирамид. Возрастные пирамиды отражают структуру населения и содержат информацию о численности каждой возрастной категории людей, о характере роста населения, о позитивном или негативном влиянии условий жизни.

Возрастная пирамида развивающихся стран (Мексика) сужается к вершине вследствие того, что рождаемость высокая, а выживаемость людей в них низкая (рис. 12).

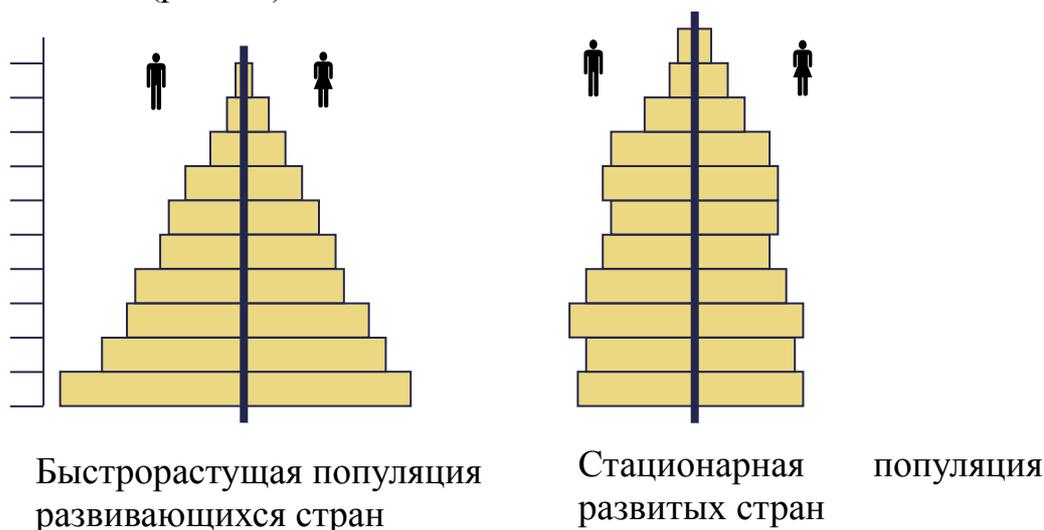


Рис. 12. Половозрастные пирамиды

Пирамида населения развитых стран (Швеция) имеет почти отвесную стенку вплоть до старших возрастов, что свидетельствует о высокой выживаемости человека в благоприятных условиях.

Примерно в половине стран мира численность женщин преобладает над численностью мужчин. Это объясняется тем, что средняя продолжительность жизни у женщин обычно на несколько лет больше, чем у мужчин. Хотя в среднем на каждые 100 девочек рождается 104–107 мальчиков, к 15 годам соотношение обоих полов выравнивается.

Продолжительность жизни

Продолжительность жизни определяется на основе статистических данных как среднее число лет, которые живут или могут прожить несколько человек, родившихся в одном и том же году, при условии, что показатель смертности для каждого возраста остается постоянным в будущем.

В табл. 3 представлены данные по ожидаемой продолжительности жизни по странам мира, составленный Центральным разведывательным управлением (ЦРУ) США (2005 г.). Самый низкий показатель продолжительности жизни – у африканских стран.

Таблица 3

Продолжительность жизни по странам мира

1.Андорра – 83,49	48.США – 77,14
2.Макао – 81,87	80.Польша – 73,91
3.Сан-Марино – 81,43	95.Китай – 72,22
4.Япония – 80,93	118.Эстония – 70,31
5.Сингапур – 80,42	142.Россия – 67,66
6.Австралия – 80,13	147.Украина – 66,5
7.Гернси (Брит.)–80,04	154.Грузия – 64,76
8.Швейцария – 79,99	161.Индия – 63,52
9.Швеция – 79,97	192.Нигерия – 51,01
10.Гонконг – 79,93	202.ЮАР – 46,56
11. Канада – 79,83	224.Мозамбик – 31,3

Демографическая ситуация в России

В 2000 г. численность населения России составила 145,9 млн. чел., из них 73 % (106,5 млн. чел.) – городские жители, в 2007 г. – 141,4 млн. чел. На протяжении двух последних десятилетий в России наблюдалась депопуляция населения.

Демографические катастрофы (XX–XXI в.в.):

- I Мировая война и Гражданская война;

- голод 1921–1923 г.г.;
- голод 1933 г.;
- II Мировая война;
- перестройка.

С 1991 года прекратился рост населения в России (табл. 4). Смертность в стране в 1,5 раза превышает рождаемость (коэффициент смертности в 2006 г. составил 16,04 на 1000 человек (23 место в мире), против 10,92 по коэффициенту рождаемости (178 место в мире).

Таблица 4

Естественное движение населения России (на 1000 чел)

	1913 г.	1980 г.	1990 г.	2000 г.
ОКР	47,8	15,9	13,4	8,7
ОКС	32,4	11,0	11,2	15,3
<i>r</i>	15,4	4,9	2,2	-6,6

СКР в России не превышает 1,4 (табл. 5), тогда как для простого воспроизводства населения, данный показатель должен составлять 2,15. Как отмечают специалисты, особенностью России является сохранение уровня смертности, характерного для развивающихся стран, в то время как рождаемость находится на уровне развитых европейских стран. При этом следует учитывать, что сокращение численности населения в России отчасти сдерживается иммиграцией из стран СНГ.

Таблица 5

СКР в России (на 1 женщину)

год	1927	1961-62	1969-70	1979-80	1985-86	1990	1991
СКР	6,653	2,417	1,972	1,888	2,111	1,887	1,171

Ожидаемая продолжительность жизни в России при рождении в 1999 г. составляет для всего населения – 65,93 лет; для женщин – 72,38 года, мужчин – 59,93 лет. Для сравнения в Японии продолжительность жизни женщин составляет 83 года, мужчин – 79 лет. В России на начало 2002 г. женщин было на 9 миллионов больше, чем мужчин, что связано с повышенной смертностью среди мужского населения.

В России наблюдается высокая детская смертность – на 1000 новорожденных умирает 19 детей, в США – 5, Канаде и Японии – 7, в странах Западной Европы – 6-8.

Основные причины высокой смертности и низкой продолжительности жизни в России:

- ухудшение уровня жизни, вызванное социально-экономическим кризисом и безработицей;
- неуверенность перед будущим, психологические стрессы;

- низкий жизненный уровень большинства населения (40 % населения живет ниже уровня бедности);
- ухудшение качества питания;
- снижение доступности медицинской помощи;
- загрязнение окружающей среды, радиационные катастрофы.

В настоящее время правительством предпринимаются попытки решить демографическую проблему путем принятия ряда мер по стимулированию рождаемости, включая закон о «материнском капитале», однако специалисты высказывают сомнения, что данные меры способны существенно повлиять на ситуацию.

Урбанизация

Урбанизация – рост городов и городского населения, усиление их роли и распространение городского образа жизни. При возрастании урбанизированности уменьшаются сельскохозяйственные и увеличиваются промышленные функции, увеличивается плотность застройки и этажность, растет разнообразие рабочих мест, возрастает роль сферы услуг, меняется образ жизни.

Рост численности населения и его плотности – характерная черта городов. В 1900 г. в городах жило около 14 % населения мира, в 1950 г. – 29 %, в 1995 г. – 45 %, а в 2000 г. – 47,5 %. В среднем городское население ежегодно увеличивается примерно на 60 млн. человек. По расчетам доля городского населения во всем населении мира в 2010 г. составит 53 %, а в 2025 г. – 61 % (в том числе в Северной и Латинской Америке – 85 %, в зарубежной Европе – 83 %, в зарубежной Азии и Африке – 54 %). В России в 2000 г. 73 % населения составляли городские жители (рис. 13).

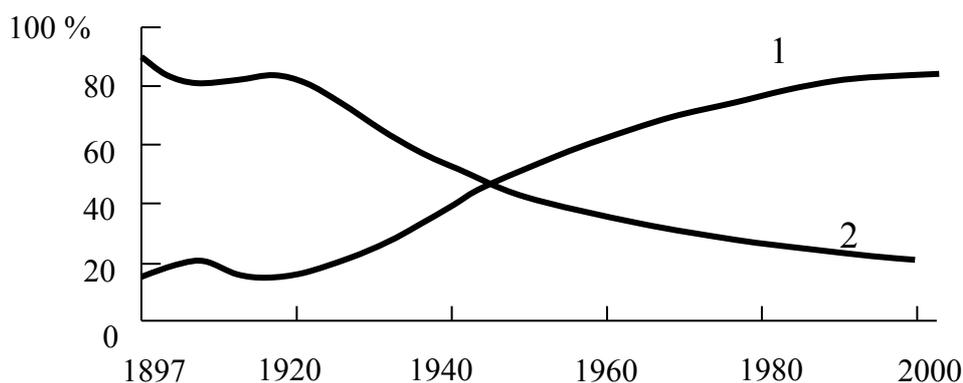


Рис. 13. Изменение соотношения городского (1) и сельского (2) населения России

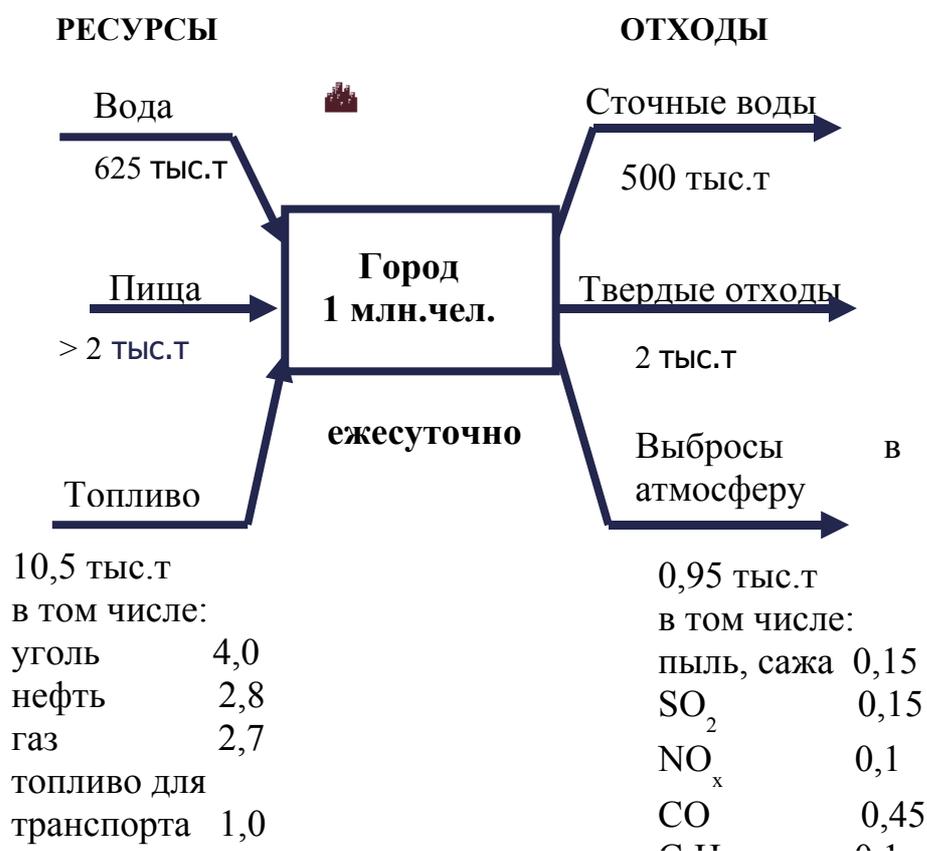
Особенности современных городов

Жизнь в городах имеет ряд преимуществ, к которым относится возможность трудоустройства – большие возможности трудоустройства, более разнообразный выбор профессий, экономичная система жизнеобеспечения населения. С другой стороны, в городах наблюдается высокий уровень загрязнения (химического, шумового, электромагнитного, бактериального, информационного), высокий процент заболеваемости, население испытывает стрессы.

Урбанизация привела к возникновению мегалополисов – городов с населением более 10 млн. чел. Мегалополис (от греч. *megalo* – большой и *polis* – город) – наиболее крупная форма городского расселения, образующаяся в результате слияния большого числа соседних агломераций.

В 1970 г. в мире было всего три городские агломерации с населением свыше 10 млн. чел. – Токио, Нью-Йорк и Шанхай. В 1990 г. таких мегалополисов стало уже 12, а в 2000 г. – 23. Самой крупной городской агломерацией является Токио – здесь в 2000 г. проживало 26,4 млн. чел., в Мехико – 17,9 млн. чел., Нью-Йорке – 16,6 млн. чел., Москве – 13,4 млн. чел., Шанхае – 12,9 млн. чел.

Схема потребления ресурсов и образования отходов городом с населением 1 млн. чел.



Пути решения демографических проблем

Существует 3 главных подхода к решению демографических проблем:

1. экономическое развитие;
2. контроль рождаемости;
3. социально-экономические изменения.

1. Регулирование численности населения через экономическое развитие

Демографический переход — исторически быстрое снижение рождаемости и смертности, в результате чего воспроизводство населения сводится к простому замещению поколений.

Теория демографического перехода в общем виде разработана американским демографом Фрэнком Ноутстайном в 1945 г., хотя сходные идеи высказывались и раньше. Теория связывает особенности демографической ситуации с экономическим ростом и социальным прогрессом в зависимости от стадий демографического развития, которые страны и регионы проходят в разное время. Выделяются четыре стадии демографического перехода.

Схема демографического перехода включает четыре сменяющих друг друга стадии (рис. 14).

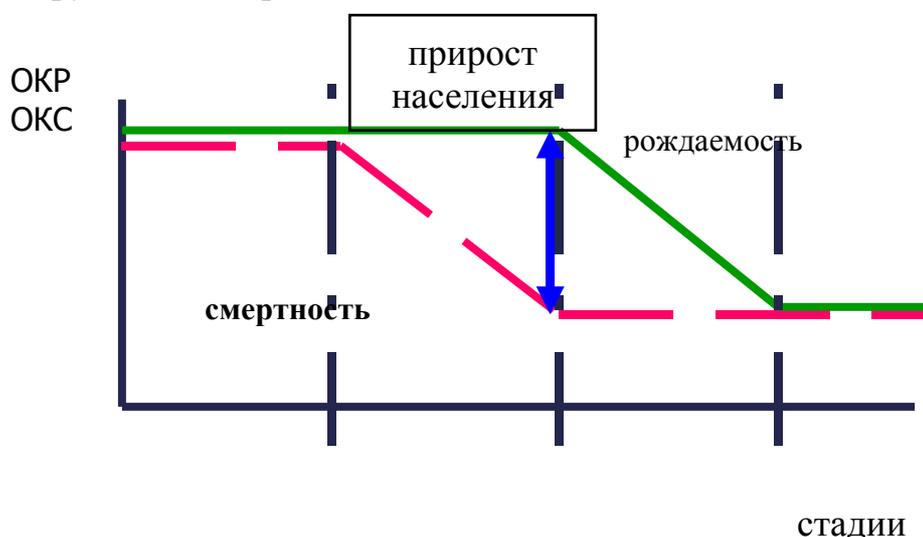


Рис. 14. Схема демографического перехода

Стадия I – допромышленная: при суровых условиях жизни наблюдаются высокие значения ОКР и ОКС. Высокая рождаемость является естественной реакцией на высокую смертность. Численность населения увеличивается медленно или вообще не увеличивается.

Стадия II – переходная: сохраняется высокая рождаемость, снижается смертность, растет продолжительность жизни.

Начинается эта стадия вскоре после начала индустриализации экономики. ОКС падает из-за улучшения качества питания, санитарно-гигиенических условий жизни, качества и доступности медицинского обслуживания и т.п. Имеет место значительный рост ожидаемой продолжительности жизни. Но ОКР остается высоким. Рождение детей имело экономический смысл: дети рассматривались как дополнительные рабочие руки в хозяйстве. Кроме того, большое количество детей является гарантией продолжения рода в условиях относительно высокой детской смертности. Наличие значительного числа детей было также гарантией сколько-нибудь благополучной старости родителей в условиях отсутствия системы социального страхования/пенсионного обеспечения.

Численность населения быстро возрастает (на 2,5–3 %) (развивающиеся страны).

Стадия III – индустриальная: стабилизация коэффициента смертности на низком уровне и некоторое снижение коэффициента рождаемости.

ОКР снижается и постепенно приближается к ОКС (снижение детской смертности, изменение роли детей в семье, высокий уровень пенсионного обеспечения, возможность повышения образовательного уровня и дальнейшей карьеры, эмансипация женщин). Эта стадия характерна для большинства развитых стран.

Снижению рождаемости на данном этапе способствуют следующие факторы.

- В развитом индустриальном обществе дети должны длительное время учиться, чтобы получить квалификацию, соответствующую современным требованиям. Это приводит к их выключению из хозяйственной жизни. Дети из помощников превращаются в обузу для взрослых. Родители вынуждены тратить свое время и финансовые средства для достижения детьми высокого образовательного уровня. Они предпочитают вырастить лишь одного-двух «высококачественных» детей, так как большое количество детей в семье, как правило, отрицательно сказывается на их образовательном уровне и дальнейшей карьере. Кроме того, длительный период обучения способствует повышению среднего возраста женщины, рожаящей первого ребенка (с 16 до 25 лет и старше). В аграрном же обществе дети, работая вместе с родителями, приобретали необходимые трудовые навыки естественным путем.

Практически все страны с высоким образовательным уровнем имеют низкие показатели рождаемости. И наоборот, лидеры по рождае-

мости имеют неграмотное население (в арабских странах 38 % населения старше 15 лет неграмотно, в странах «чёрной» Африки - 35 %).

- Усиление независимости женщин является важным фактором снижения рождаемости. Повышение образованности женщин ведет к росту их независимости. Поскольку главная нагрузка по выхаживанию и воспитанию детей ложится на женщин, они объективно не заинтересованы в многодетности.

- Система пенсионного обеспечения также способствует снижению рождаемости, так как люди перестают быть заинтересованными в наличии большого количества потомков, помогающих в старости.

Стадия IV – постиндустриальная: ОКР и ОКС уравниваются, достигается нулевой прирост населения. Затем численность населения медленно сокращается.

В настоящее время процесс демографического перехода завершили Россия, Китай и все развитые страны. В процессе резкого падения рождаемости находятся Египет, Алжир, Мексика, Бразилия, ряд других стран Латинской Америки.

2. Регулирование численности населения через планирование семьи

К снижению темпов роста населения приводит доступность средств и методов контроля над рождаемостью. Во многих странах существуют программы по регулированию семьи, основанные на просвещении и медицинском обслуживании граждан.

Контроль рождаемости экономит государственные средства, сокращая расходы на социальные нужды, влечет за собой улучшение здоровья жителей, помогает контролировать распространение СПИДа и других болезней.

3. Регулирование численности населения через социально-экономические изменения

1. Экономические стимулы – вознаграждения и штрафы для поощрения сокращения рождаемости. Подобная политика практикуется во многих странах, например, в Китае, Индии, Сингапуре, Колумбии, Шри-Ланке и др.

- Китай – принята государственная программа «в одной семье – один ребенок». В качестве поощрения предлагались льготы – бесплатное медицинское обслуживание и школьное образование для единственного ребенка, денежные дотации, дополнительное питание, повышенные пенсии по старости для родителей и др. Если появлялся второй ребенок, супруги лишались всех привилегий и должны были заплатить большой штраф. Эта политика имела успех в городах Ки-

тая, в сельской местности результаты были не значительны. В результате проведения программы по снижению рождаемости СКР снизился с 4,2 в 1968 г. до 2,4 в 1985 г. (на 43 %). В 2000 г. этот показатель достиг значения 1,1.

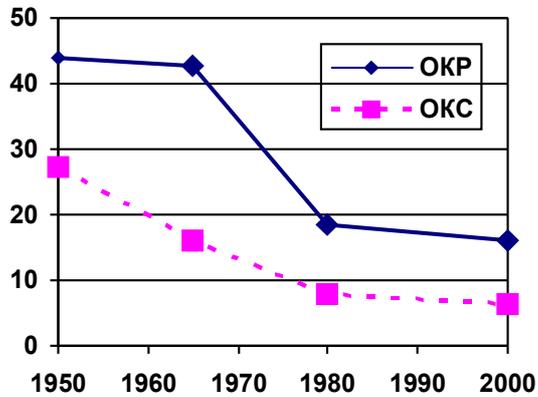


Рис. 15. Рождаемость и смертность в Китае (1950–2000 г.г.) (на 1000 чел.)

2. Улучшение социального и экономического положения женщин – доступ к образованию, трудоустройство, карьера – приводят к сокращению репродуктивного возраста.

Тесты для самоконтроля 6

1. Автор теории о росте населения по экспоненциальному закону

1. Э. Геккель
2. Т. Мальтус
3. В. Вольтерра
4. В.И. Вернадский

2. Резкое увеличение народонаселения, связанное с изменением социально-экономических или общеэкологических условий жизни – это

1. демографический взрыв
2. популяционный гомеостаз
3. антропогеоценоз
4. антропогенная сукцессия

3. Среднее число детей, которое рождает каждая женщина в течение жизни, называется

1. суммарным коэффициентом рождаемости (СКР)
2. совокупным коэффициентом рождаемости (СКР)
3. способностью к размножению (СКР)
4. способностью к развитию (СКР)

- 4. Неизменную численность населения (в предположении, что все дети выживают) обеспечивает СКР, равный**
1. 1,0
 2. 2,0
 3. 2,5
 4. 4,0
- 5. Половой и возрастной состав населения разных стран отражает**
1. половозрастной индекс
 2. половозрастной потенциал
 3. половозрастная лестница
 4. половозрастная пирамида
- 6. Показатель, характеризующий среднее число рождений на 1000 человек в год, называется**
1. общим коэффициентом рождаемости
 2. суммарным коэффициентом рождаемости
 3. простой воспроизводящей рождаемостью
 4. естественной прибылью населения
- 7. Показатель, характеризующий число смертей на 1000 человек в год, называется**
1. естественной убылью населения
 2. равновесным коэффициентом смертности
 3. общим коэффициентом смертности
 4. средней продолжительностью жизни
- 8. Демографическая ситуация в России на протяжении двух последних десятилетий характеризуется как**
1. демографический взрыв
 2. депопуляция
 3. демографическая стабильность
 4. латентный период
- 9. Процесс повышения роли городов в развитии общества, для которого характерен приток в город сельского населения:**
1. Агломерация
 2. Популяризация
 3. Экологизация
 4. Урбанизация
- 10. В какой стране имело место резкое снижение рождаемости в результате введения системы штрафов и поощрений?**
1. Англия
 2. Китай
 3. Россия
 4. Япония

7. ПРИРОДНЫЕ РЕСУРСЫ

Рост популяции человека ограничен некоторыми лимитирующими факторами. Одним из важнейших лимитирующих факторов выживания человека как биологического вида является ограниченность и исчерпаемость важнейших для него природных ресурсов.

Природные ресурсы – это совокупность природных объектов и явлений, которые используются человеком для поддержания своего существования.

Классификация природных ресурсов

Природные ресурсы можно классифицировать по трем признакам:

• **по источникам происхождения:**

- биологические – живые компоненты биосферы (растения, животные, микроорганизмы), являющиеся источниками получения людьми материальных и духовных благ;
- минеральные – все пригодные для употребления составляющие литосферы, используемые в хозяйстве как минеральное сырье или источники энергии;
- энергетические ресурсы – совокупность энергии Солнца и космоса, атомно-энергетических, топливно-энергетических, термальных и других источников энергии;

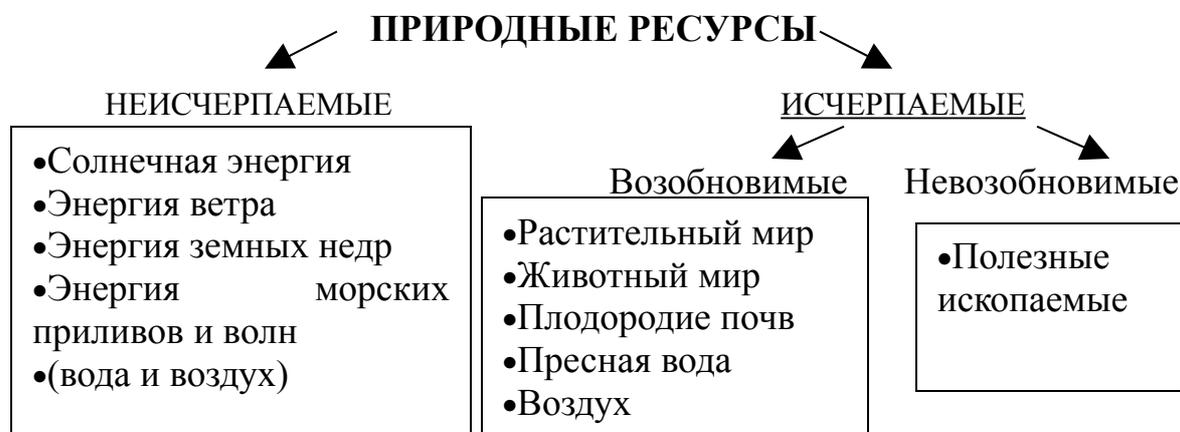
• **по использованию в производстве:**

- земельный фонд – сельскохозяйственные земли, земли населенных пунктов, земли несельскохозяйственного назначения (промышленности, транспорта). Мировой земельный фонд – 13,4 млрд. га;
- лесной фонд – земли, на которых произрастают или могут произрастать леса, это часть биологических ресурсов;
- водные ресурсы – подземные и поверхностные воды, которые могут быть использованы для различных целей в хозяйстве,
- гидроэнергетические ресурсы – реки, приливно-отливная деятельность океана,
- ресурсы фауны – количество обитателей, которые может использовать человек, не нарушая экологического равновесия,
- полезные ископаемые (рудные, нерудные, топливно-энергетические ресурсы) – природное скопление минералов в земной коре, которое может быть использовано в хозяйстве;

• **по степени исчерпаемости** – экологическая классификация. Истощение природных ресурсов с экологических позиций – это несоответствие

между безопасными нормами изъятия природного ресурса из природных систем и недр, и потребностями человечества.

Классификация природных ресурсов (по степени истощаемости)



Состояние природных ресурсов

Неисчерпаемые ресурсы – солнечная энергия и вызванные ею природные силы (ветер, приливы) существуют вечно и в неограниченных количествах.

Количество истощаемых возобновимых ресурсов ограничено, но они могут возобновляться естественным путем или с помощью человека (искусственная очистка воды и воздуха, повышение плодородия почв, восстановление поголовья диких животных и т.д.).

Состояние флоры и фауны

Эволюционные процессы, происходившие в различные геологические периоды, привели к существенным изменениям видового состава обитателей Земли. Под воздействием активной деятельности человеческого общества биологические ресурсы утрачиваются быстрее. В настоящее время идентифицировано около 1,5 млн. видов растений и животных. За последние 400 лет исчезли 83 вида млекопитающих, 128 видов птиц, 21 – пресмыкающихся, 5 – земноводных, 81 – моллюсков, 8 – ракообразных, 72 – насекомых. Под угрозой уничтожения находятся 1130 видов млекопитающих, 1183 – птиц, 296 – пресмыкающихся, 146 – земноводных, 751 – рыб, 938 – моллюсков, 408 – ракообразных, 555 – насекомых. В ближайшие 20–30 лет под угрозой исчезновения будет находиться ~25 % всех видов Земли.

Основные причины утраты биологического разнообразия

- Уничтожение или нарушение среды обитания (строительство городов, сведение лесов, осушение болот, создание водохранилищ и т.д.).
- Промысловая охота.

- Интродукция чуждых видов – введение организмов в местность, где они раньше не встречались, и акклиматизация – следующий этап, приспособление организмов к новой окружающей среде. Чуждые растения и животные в новых местах обитания, не имея врагов, способствуют полному исчезновению или вытеснению местных видов.
- Прямое уничтожение с целью защиты сельскохозяйственной продукции.
- Случайное (непреднамеренное) уничтожение (на автомобильных дорогах, в ходе военных действий, на ЛЭП и др.).
- Загрязнение окружающей среды.

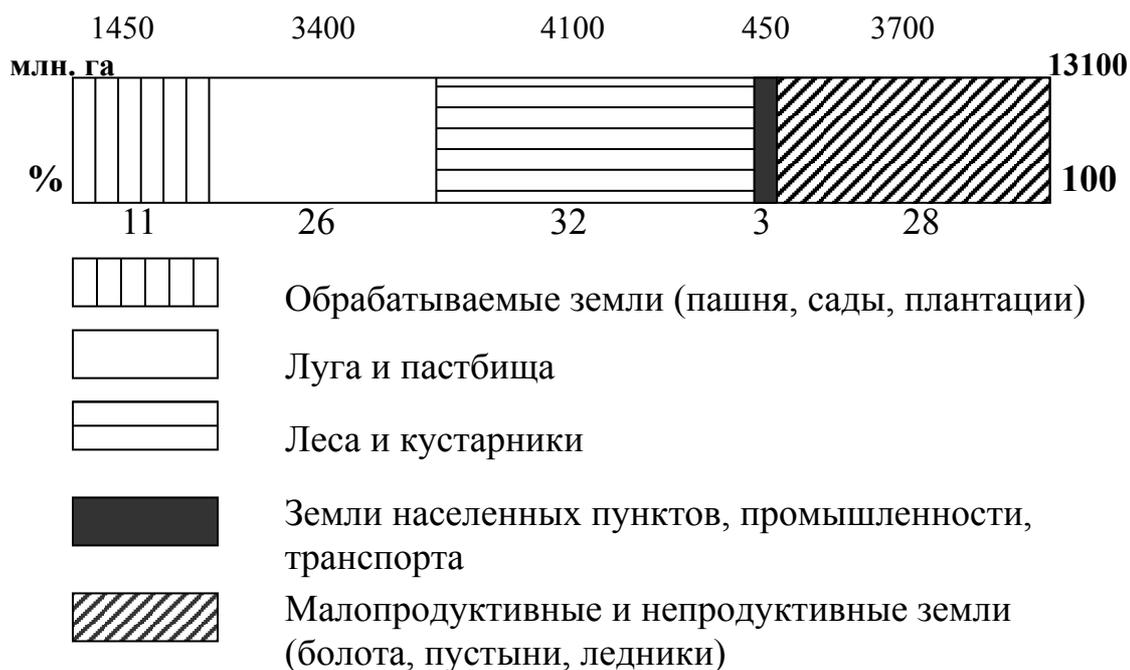
Меры по сохранению биоразнообразия

- Защита особой среды обитания – создание национальных парков, заповедников и других охранных зон.
- Защита отдельных видов – Красная книга; первая Красная книга была издана в 1966 г.
- Сохранение видов в виде генофонда в ботанических садах, исследовательских центрах.
- Принятие законов, направленных на сохранение биоразнообразия.
- Снижение уровня загрязнения окружающей среды.

Земельные ресурсы

Обеспеченность человечества земельными ресурсами определяется мировым земельным фондом, составляющим 13,1 млрд. га.

Размеры и структура мирового земельного фонда



Обрабатываемые земли дают человечеству 88 % необходимых продуктов питания. Луга и пастбищные земли обеспечивают 10 % пищи, потребляемой человечеством, 2 % – ресурсы Мирового океана.

Леса играют важную роль в глобальных круговоротах углерода и кислорода, регулируют сток вод, предотвращают эрозию почв, служат местообитанием большого числа диких растений и животных. Площадь лесов в мире ежегодно уменьшается на 20 млн. га или на 0,5 %.

Главные причины сведения лесов:

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

Деградация почв

Почва считается возобновимым ресурсом: в тропических и средних широтах на восстановление слоя толщиной 1 дюйм (2,54 см) требуется от 200 до 1000 лет. Плодородие почвы – это обобщающий показатель, характеризующий основные экологические функции почвы. Используя почву для сельскохозяйственной и иной деятельности, человек нарушает биологический круговорот веществ, способность почвы к саморегуляции и снижает ее плодородие. Происходит деградация почв, т.е. ухудшение их свойств.

Основные виды антропогенного воздействия на почвы

- Эрозия (ветровая и водная);
- загрязнение почв;
- вторичное засоление и заболачивание;
- опустынивание;
- отчуждение земель для промышленного и коммунального строительства.

Эрозия почвы

Это разрушение и снос верхних наиболее плодородных горизонтов и подстилающих пород ветром (дефляция) или потоками воды (34 и 31 % поверхности суши, соответственно, подвержено этим видам эрозии). Выделяют также промышленную эрозию – разрушение сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров, военную – воронки, траншеи, пастбищную – при интенсивном выпасе ско-

та и др. По разным оценкам от 40 до 60 % сельскохозяйственных земель эродированы.

Загрязнение почв

Поверхностные слои почв легко загрязняются. Большие концентрации в почве различных химических соединений – токсикантов пагубно влияют на жизнедеятельность почвенных организмов. При этом теряется способность почвы к самоочищению от болезнетворных микроорганизмов.

Основные загрязнители почвы

- Пестициды (ядохимикаты);
- минеральные удобрения;
- отходы и отбросы производства;
- газодымовые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу;
- нефть и нефтепродукты.

Пестициды

- Гербициды – это ядохимикаты, используемые для борьбы с сорняками;
- инсектициды используются против насекомых;
- фунгициды – против грибковых заболеваний;
- зооциды – против грызунов.

Пестициды действуют на все живые организмы и вызывают глубокие изменения всей экосистемы, хотя предназначены для ограниченного числа видов. По пищевым цепочкам попадают в организм человека. Даже малые исходные концентрации в результате биологического накопления могут стать опасными для жизни организмов. Среди пестицидов наибольшую опасность представляют стойкие хлорорганические соединения, которые могут сохраняться в почвах в течение многих лет. Попадая в организм человека, пестициды могут вызвать не только быстрый рост злокачественных новообразований, но и поражать организм генетически.

В мире ежегодно производится более миллиона тонн пестицидов. Только в России используется более 100 индивидуальных пестицидов при общем годовом объеме их производства 100 тыс. т. До 2 млн. чел. каждый год подвергаются отравлению пестицидами, из них 40 тыс. – с летальным исходом.

Минеральные удобрения

Почвы загрязняются и минеральными удобрениями, если их используют в неумеренных количествах, теряют при производстве, транспортировке и хранении. Из азотных, суперфосфатных и других типов удобрений в почву в больших количествах мигрируют нитраты, сульфаты, хлориды и другие соединения. Неумеренное использование минеральных удобрений нарушает биогеохимические круговороты азота,

фосфора, серы и некоторых других элементов; способствует повышенному выделению в атмосферу парниковых газов (закиси азота, метана); приводит к снижению содержания кислорода в почве; вызывает нежелательное подкисление почвы и сокращение урожая.

Отходы производства

К интенсивному загрязнению почв приводят отходы и отбросы производства. В России ежегодно образуется свыше 1 млрд. т промышленных отходов, из них более 50 млн. т. особо токсичных. Огромные площади земель заняты свалками, золоотвалами, хвостохранилищами и др., которые интенсивно загрязняют почвы.

Газодымовые выбросы предприятий

В результате осаждения загрязняющих веществ из атмосферы происходит загрязнение земной поверхности серой, тяжелыми металлами – свинцом, ртутью, медью, кадмием и другими вредными веществами.

Нефть и нефтепродукты

Почва загрязняется нефтепродуктами в результате аварий на нефтепроводах, из-за несовершенства технологии нефтедобычи, аварийных выбросов и т.д. Например, в Томской области концентрации нефтепродуктов в почве превышают фоновые значения в 150–250 раз. Свыше 20 тыс. га в Западной Сибири загрязнены нефтью толщиной слоя около 5 см.

Вторичное засоление и заболачивание

Вторичное засоление (усиление природного засоления) развивается при неумеренном поливе орошаемых земель в засушливых районах. Вторичному засолению подвержено 30 % площади орошаемых земель в мире, 18 % – в России. Засоление почв приводит к изменению видового состава, к снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Заболачивание наблюдается в сильно переувлажненных районах (Западно-Сибирская низменность), в зонах вечной мерзлоты. Ухудшаются агрономические свойства почв, снижается производительность лесов, изменяется видовой состав.

Опустынивание

Опустынивание – это процесс необратимого изменения почвы и растительности и снижения биологической продуктивности, который в экстремальных случаях может привести к полному разрушению биосферного потенциала и превращению территории в пустыню.

Причины опустынивания могут быть как антропогенными, так и природными:

- длительная засуха;
- засоление почв;

- снижение уровня подземных вод;
- ветровая и водная эрозия;
- сведение лесов (вырубка деревьев, кустарников);
- перевыпас скота;
- интенсивная распашка;
- нерациональное водопользование.

Отчуждение земель

Почвенный покров необратимо нарушается при строительстве промышленных объектов, городов, дорог, линий связи. Ежегодно в мире при строительстве дорог теряется более 300 тыс. га пахотных земель. Эти потери неизбежны, однако они должны быть сокращены до минимума.

Защита почв от деградации

1. Защита почв от водной и ветровой эрозии; это направление включает в себя *агротехнические мероприятия* (почвозащитные севообороты, контурная система выращивания сельскохозяйственных культур, при которой задерживается сток, химические средства борьбы и т.д.), *лесомелиоративные* (лесозащитные и водорегулирующие полосы, лесные насаждения на оврагах), *гидротехнические мероприятия* (устройство каналов, сооружение водотоков и т.д.).
2. Мелиоративные мероприятия для борьбы с засолением и заболачиванием.
 - 1) Для борьбы с заболачиванием применяется *осушительная мелиорация* – перехват и сброс атмосферных склоновых вод, спрямление русла реки для защиты от затопления, строительство дамб, водозаборных сооружений и др.
 - 2) Для борьбы с засолением почв регулируется подача воды, применяется полив дождеванием, используется прикорневое и капельное орошение, проводятся дренажные работы.
3. Рекультивация нарушенного почвенного покрова.
4. Защита почв от загрязнения – использование экологических методов защиты растений. Агротехнические методы заключаются в оптимизации размеров отдельных полей для подавления нежелательных видов. Биологические методы защиты растений – это использование полезных насекомых, например, разведение и выпуск в экосистемы божьих коровок, муравьев и т.д.
5. Предотвращение необоснованного изъятия земель из сельхозоборота (для строительства).

Состояние исчерпаемых невозобновимых ресурсов

Исчерпаемость природных ресурсов определяется их резервами в природе и интенсивностью использования человеческим обществом. К исчерпаемым невозобновимым ресурсам относятся полезные ископаемые:

- ископаемое топливо;
- металлическое минеральное сырье;
- неметаллическое минеральное сырье.

Ресурсы полезных ископаемых возобновляемы в процессе эволюции литосферы, но время их возобновления (сотни тыс. и млн. лет) несопоставимо со временем разработки месторождений и расходом минеральных богатств. Интенсивная разработка месторождений ведет к прогрессирующему истощению земных недр. Непрерывный рост потребления минерального сырья требует рационального использования недр и их охраны.

Разработка недр оказывает вредное воздействие практически на все компоненты окружающей природной среды: изменение рельефа местности, химическое загрязнение и механическое нарушение почв, ухудшение качества подземных и поверхностных вод, осушение болот, загрязнение атмосферного воздуха, гибель растительности, рыбы и др.

Пути решения проблемы ресурсов полезных ископаемых

1. Использование вод и шельфов Мирового океана способствует увеличению запасов полезных ископаемых.

Воды океана содержат много растворимых веществ. Такие элементы как натрий, хлор, магний, сера, кальций и калий составляют 99,5% всех растворенных веществ: Na – 30,62 %, Cl – 55,07 %, Mg – 3,68%, S – 2,73 %, Ca – 1,18 %, K – 1,1 %. Также содержатся значительные количества еще 64 элементов. 1 км³ морской воды содержит в среднем по 2000 кг меди и цинка, 800 кг олова, 280 кг серебра, 11 кг золота. Вся масса золота, содержащегося в водах Мирового океана, составляет 10 млрд. т, что в несколько раз больше запасов всех цветных металлов на континентах.

Потенциальные ресурсы океанов и морей огромны, но не могут интенсивно использоваться, пока не будут разработаны необходимые технологии их извлечения. В настоящее время могут добываться из воды с экономической выгодой 4 элемента – Na, Cl, Mg, Br.

Шельф – мелководная платформа, окаймляющая континенты и занимающая 7,5 % водной поверхности. На шельфах скапливается огромная масса осадочных пород и полезных ископаемых.

2. Охрана и рациональное использование недр

Можно выделить следующие основные направления охраны и рационального использования недр:

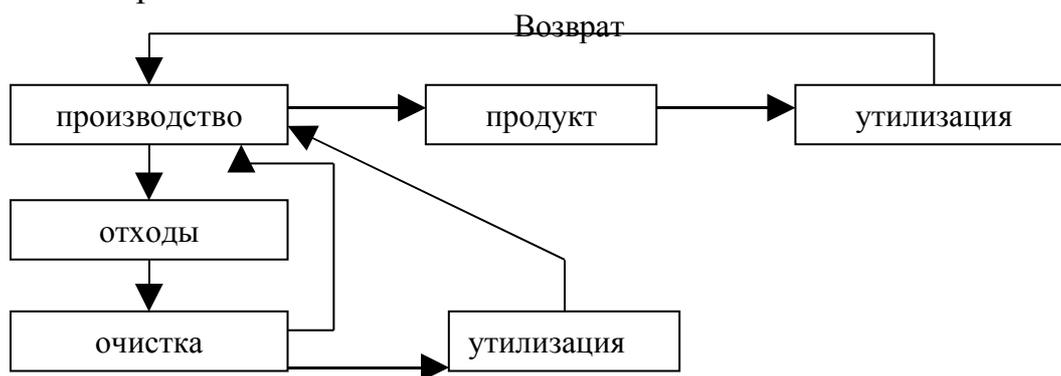
- Обеспечение полного и комплексного геологического изучения недр (для выявления и оценки месторождений полезных ископаемых, исследования закономерностей их формирования и размещения, выяснения условий разработки месторождений).
- Полное извлечение из недр и рациональное использование запасов основных и попутных компонентов.
- Комплексное использование минерального сырья, включая проблему утилизации отходов.
- Охрана месторождений от затопления, обводнения, пожаров.
- Предотвращение загрязнения недр при подземном хранении веществ, захоронении отходов производства.

3. Использование вторичных ресурсов, создание малоотходных технологий

Вторичное использование материалов решает целый комплекс вопросов по защите окружающей среды:

1. Сокращается потребность в первичном сырье.
2. Уменьшается загрязнение вод и земель.
3. Сокращаются энергетические затраты на переработку сырья.

Истощение запасов первичного сырья требует перевода технологий на использование вторичного сырья, создания малоотходных технологий, основой которых является рациональное использование всех компонентов сырья в замкнутом цикле, аналогичном круговороту веществ и энергии в экосистемах.



Разработаны следующие рекомендации по организации малоотходных и ресурсосберегающих технологий:

- все производственные процессы должны осуществляться при минимальном числе технологических этапов, поскольку на каждом из них образуются отходы и теряется сырье;

- технологические процессы должны быть непрерывными, что позволяет наиболее эффективно использовать сырье и энергию;
- единичная мощность технологического оборудования должна быть оптимальной, что соответствует максимальному КПД и минимальным потерям;
- необходимо широко использовать автоматические системы управления, что обеспечит оптимальное ведение технологических процессов с минимальным выходом вредных веществ;
- выделяющаяся в различных технологических процессах теплота должна быть полезно использована, что позволит сэкономить энергоресурсы, сырье.

Тесты для самоконтроля 7

1. Повышение содержания в почве легкорастворимых солей, обусловленное приток ионов солей грунтовыми, поверхностными или оросительными водами, называется

1. минерализацией
2. засолением
3. закислением
4. транспирацией

2. Для предупреждения засоления почв применяется следующий метод:

1. интенсивный полив
2. севооборот сельскохозяйственных культур
3. внесение больших доз минеральных удобрений
4. капельное и прикорневое орошение

3. Под ветровой эрозией понимается

1. разрушение металлоконструкций под действием ветра
2. выдувание, перенос и отложение мельчайших частиц почвы ветром
3. выбросы в атмосферу радионуклидов при испытаниях ядерного оружия
4. образование под действием солнечной радиации и ветра высокотоксичных соединений

4. Химические соединения (ядохимикаты), используемые человеком для борьбы с нежелательными видами, называются

1. пептидами
2. ангидридами
3. пестицидами
4. канцерогенами

5. Рекультивация земель – это

1. распашка целины
2. карьерные земельные работы
3. деградация почв
4. восстановление нарушенных земель

6. Тела и силы природы, которые при данном уровне развития технологий могут быть использованы для удовлетворения потребностей человека в форме их непосредственного участия в производстве материальных благ, называются

1. природными ресурсами
2. полезными ископаемыми
3. горными породами
4. техносферой

7. Природные ресурсы Земли делятся на

1. конечные и бесконечные
2. исчерпаемые и неисчерпаемые
3. положительные и отрицательные
4. доступные и недоступные

8. К неисчерпаемым природным ресурсам относится

1. фауна
2. энергия морских приливов и волн
3. плодородие почв
4. полезные ископаемые

9. К исчерпаемым возобновимым природным ресурсам относится

1. энергия ветра
2. полезные ископаемые
3. флора
4. солнечная радиация

10. Энергия ветра и земных недр относится к следующей группе природных ресурсов:

1. неисчерпаемые
2. исчерпаемые
3. космические
4. не является природным ресурсом

8. ИНЖЕНЕРНАЯ ЗАЩИТА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Основными направлениями инженерной защиты окружающей среды являются:

- внедрение ресурсосберегающих и малоотходных технологий;
- биотехнология;

- утилизация отходов;
- экологизация производства.

Малоотходные технологии – это способ производства, который обеспечивает максимально полное использование перерабатываемого сырья и образующихся при этом отходов – таким образом, что любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования.

Биотехнология. Биотехнологические процессы основаны на создании необходимых для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью микроорганизмов. Биотехнология находит широкое применение при очистке сточных вод, утилизации твердых бытовых отходов, восстановлении загрязненных почв и в ряде других процессов.

Утилизация отходов включает инженерные решения, направленные на создание очистных сооружений, переработку, утилизацию и детоксикацию отходов производства и потребления.

Экологизация производства означает такую организацию производства, при которой обеспечивалось бы включение всех видов взаимодействия с окружающей средой в естественные циклы круговорота веществ.

Основные экологические нормативы

Качество окружающей природной среды, т.е. степень соответствия ее характеристик потребностям человека и технологическим требованиям, оценивается с помощью экологических нормативов. К основным экологическим нормативам относятся:

- санитарно-гигиенические нормативы: ПДК, ПДУ;
- производственно-хозяйственные: ПДВ, ПДС;
- комплексные показатели качества окружающей природной среды: ПДН.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) представляет собой количество загрязнителя в почве, воздушной или водной среде, которое при постоянном или временном воздействии на человека не влияет на его здоровье и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства. ПДК устанавливаются на основе комплексных исследований и постоянно контролируются органами Госкомсанэпиднадзора. В нашей стране действует >1900 ПДК вредных веществ для водоемов, > 500 – для атмосферного воздуха и > 130 – для почв.

Для нормирования содержания вредных веществ в атмосферном воздухе установлены два норматива – разовая и среднесуточная ПДК.

ПДК_{м.р.} – **максимально разовая ПДК** – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна вызывать при вдыхании

его в течение 30 мин рефлекторных реакций в организме человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз и др.).

ПДКс.с. – *среднесуточная ПДК* – это такая концентрация вредного вещества в воздухе, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неопределенно долгом (годы) вдыхании.

Для производственных помещений установлен норматив **ПДК рабочей зоны (ПДКр.з.)**.

Для вредных веществ безопасная концентрация в окружающей среде определяется следующим выражением:

$$C \leq \text{ПДК} - C_{\text{ф}},$$

где C – фактическая концентрация вредного вещества; $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация вредного вещества.

При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), например, SO_2 и NO_x ; NO_2 , O_3 и формальдегида, общее загрязнение окружающей среды не должно превышать единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1,$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе; $\text{ПДК}_1, \dots, \text{ПДК}_n$ – ПДКм.р., установленные для изолированного присутствия этих веществ ($\text{мг}/\text{м}^3$).

Предельно допустимый уровень (ПДУ) физического воздействия (радиационного воздействия, шума, вибрации, магнитных полей и др.) – это уровень, который не представляет опасности для здоровья человека, состояния животных, растений, их генетического фонда.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) или **сброс (ПДС)** – это максимальное количество загрязняющих веществ, которое может быть выброшено данным конкретным предприятием в атмосферу (ПДВ) или сброшено в водоем (ПДС), не вызывая при этом превышения в них ПДК загрязняющих веществ и неблагоприятных экологических последствий.

Предельно допустимая нагрузка на природную среду (ПДН) – это максимально возможные антропогенные воздействия на природные ресурсы или комплексы, не приводящие к нарушению устойчивости экологических систем. Вводится такое понятие как экологическая емкость территории – потенциальная способность природной среды перенести какую-либо антропогенную нагрузку без нарушения основных функций экосистем.

Для оценки устойчивости экосистем к антропогенным воздействиям используются следующие показатели:

- запасы живого и мертвого органического вещества;
- эффективность образования органического вещества;

- видовое и структурное разнообразие.

Эти показатели определяют способность экосистемы восстанавливаться в случае антропогенного воздействия, определяют стабильность среды обитания.

Мониторинг окружающей среды

Экологический мониторинг – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений состояния биосферы или отдельных ее элементов под влиянием антропогенных воздействий.

Мониторинг включает в себя следующие основные направления:

- наблюдение за состоянием окружающей среды и факторами, воздействующими на нее;
- оценку фактического состояния окружающей среды;
- прогноз состояния окружающей среды в результате возможных загрязнений и оценку прогнозируемого состояния.

По объектам наблюдения различают атмосферный, водный, почвенный, климатический мониторинг, мониторинг растительности, животного мира, здоровья населения и т.д.

Классификация мониторинга, основанная на методах наблюдения:

- химический мониторинг – система наблюдений за химическим составом атмосферы, вод, почв и т.д.;
- физический мониторинг – система наблюдений за влиянием физических процессов и явлений на окружающую среду;
- биологический мониторинг – осуществляется с помощью биоиндикаторов (организмы, по состоянию которых судят об изменениях в окружающей среде);
- экобиохимический мониторинг – базируется на оценке двух составляющих окружающей среды (химической и биологической);
- дистанционный мониторинг – например, космический или авиационный.

Сама система мониторинга не включает деятельность по управлению качеством среды, но является источником информации, необходимой для принятия экологически значимых решений.

8.1. ЗАЩИТА АТМОСФЕРЫ

Атмосфера (от греч. *ἀτμός* – пар и *σφαῖρα* – шар) – это газовая оболочка Земли, состоящая из смеси различных газов, водяных паров и пыли. Общая масса атмосферы составляет $5,15 \cdot 10^{15}$ т.

Состав атмосферы (об.%):

Азот	–	78,084,
Кислород	–	20,964,
Аргон	–	0,934,
Углекислый газ	–	0,034,
Неон	–	0,0018,
Гелий	–	0,000524,
Криптон	–	0,000114,
Водород	–	0,00005,
Водяной пар:	–	0,2 в полярных широтах, – 2,6 у экватора,
Озон	–	0,001 – 0,0001 в стратосфере, – 0,000001 в тропосфере,
Метан	–	0,00016

и др.

Строение атмосферы

Атмосфера подразделяется на слои в соответствии с их высотой и температурой. Самый близкий к поверхности Земли слой до высоты 8–10 км в полярных и 16–18 км в тропических широтах называется **тропосферой**. Тропосфера содержит 80 % всей массы атмосферного воздуха, ~90 % имеющегося в атмосфере водяного пара. В тропосфере происходят глобальные перемещения воздушных масс, во многом определяющие круговорот воды, теплообмен, трансграничный перенос пылевых частиц и загрязнений. С увеличением высоты температура понижается до $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более. Выше располагается **стратосфера**, верхняя граница которой соответствует высоте 50–55 км. В стратосфере сконцентрирована основная часть атмосферного озона. Озон поглощает ультрафиолетовые лучи Солнца, что вызывает разогрев стратосферы: температура в этом слое сначала остается постоянной, а затем начинает повышаться с высотой и достигает $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($10\text{ }^{\circ}\text{C}$ над экватором). На высоте более 50 км начинается **мезосфера** – зона, где температура опять понижается до $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более. Основным энергетическим процессом здесь является лучистый теплообмен. Сложные фотохимические процессы с участием свободных радикалов, колебательно возбужденных молекул обуславливают свечение атмосферы. На высоте от 80 и до 800 км над земной поверхностью расположена **термосфера (ионосфера)**. В этой области температура вновь увеличивается с высотой и достигает положительных значений. Под действием ультрафиолетовой и рентгеновской солнечной радиации и космического излучения происходит ионизация воздуха – «полярные сияния». Самая верхняя часть атмосферы – **экзосфера** – внешний слой

атмосферы, из которого быстро движущиеся лёгкие атомы водорода могут вылетать в космическое пространство.

Экологические функции атмосферы

Атмосфера является одним из необходимых условий возникновения и существования жизни на Земле и выполняет следующие защитные экологические функции:

1. **Терморегулирующие** – предохраняет Землю от резких колебаний температуры, способствует перераспределению тепла у поверхности, участвует в формировании климата.

2. **Жизнеобеспечивающие** – участвует в обмене и круговороте веществ в биосфере благодаря наличию жизненно важных элементов (кислород, углерод, азот).

3. **Защитные** – защищает живые организмы от губительных УФ, рентгеновских и космических лучей.

Атмосфера обладает способностью к самоочищению. Оно происходит при вымывании аэрозолей из атмосферы осадками, турбулентном перемешивании приземного слоя воздуха, отложении загрязнений на поверхности земли и т.д. Однако в современных условиях возможности природных систем атмосферы серьезно подорваны, и атмосферный воздух уже не в полной мере выполняет свои защитные, терморегулирующие и жизнеобеспечивающие экологические функции.

Под **загрязнением атмосферного воздуха** понимается любое изменение его состава и свойств, которое оказывает негативное воздействие на здоровье человека и животных, состояние растений и экосистем.

По происхождению загрязнения делятся на естественные (вызванные природными процессами) и антропогенные (связанные с выбросами загрязняющих веществ в процессе деятельности человека).

Источники загрязнения

Естественные источники	Антропогенные источники
Пыльные бури	Промышленные предприятия
Вулканы	Транспорт
Пожары	Теплоэнергетика
Выветривание	Отопление жилищ
Разложение организмов	Сельское хозяйство

Классификация выбросов вредных веществ в атмосферу по агрегатному состоянию

- газообразные (SO_2 , NO_x , CO_2 , углеводороды и др.);

- жидкие (кислоты, щелочи, растворы солей);
- твердые (сажа, органическая и неорганическая пыль, смолистые вещества, свинец и его соединения и др.).

Основные загрязнители атмосферного воздуха

Основными загрязнителями атмосферного воздуха, образующимися как в процессе хозяйственной деятельности человека, так и в результате природных процессов, являются диоксид серы SO_2 , диоксид углерода CO_2 , оксиды азота NO_x , твердые частицы – аэрозоли. Их доля составляет 98 % в общем объеме выбросов вредных веществ. Помимо этих основных загрязнителей, в атмосфере наблюдается еще более 70 наименований вредных веществ: формальдегид, фенол, бензол, соединения свинца и других тяжелых металлов, аммиак, сероуглерод и др.

Экологические последствия загрязнения атмосферы

К важнейшим экологическим последствиям глобального загрязнения атмосферы относятся:

- возможное потепление климата (парниковый эффект);
- нарушение озонового слоя;
- выпадение кислотных дождей;
- ухудшение здоровья.

Парниковый эффект

Парниковый эффект – это повышение температуры нижних слоев атмосферы Земли по сравнению с эффективной температурой, т.е. температурой теплового излучения планеты, наблюдаемого из космоса.

Наблюдаемое в настоящее время изменение климата, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры, начиная со второй половины XX века, большинство ученых связывают с накоплением в атмосфере так называемых парниковых газов: CO_2 , CH_4 , хлорфторуглеродов (фреонов), озона, оксидов азота и др. Парниковые газы атмосферы, и в первую очередь CO_2 , пропускают внутрь большую часть солнечного коротковолнового излучения ($\lambda = 0,4\text{--}1,5$ мкм), но препятствуют длинноволновому излучению с поверхности Земли ($\lambda = 7,8\text{--}28$ мкм).

Расчеты показывают, что в 2005 г. среднегодовая температура на $1,3$ °C выше, чем в 1950–1980 г.г., а к 2100 г. будет на $2\text{--}4$ °C выше. Экологические последствия такого потепления могут быть катастрофическими. В результате таяния полярных льдов, горных ледников уровень Мирового океана может повыситься на $0,5\text{--}2,0$ м к концу XXI века, а это приведет к затоплению приморских равнин более чем в 30 странах, за-

болачиванию обширных территорий, нарушению климатического равновесия.

С другой точки зрения, образующееся в результате потепления количество осадков, влага аккумулируются в полярных широтах, в результате уровень Мирового океана должен снижаться. Баланс полярного оледенения нарушится, если потепление превысит 5 °С.

В декабре 1997 г. на встрече в Киото (Япония), посвященной глобальному изменению климата, делегатами из более чем 160 стран была принята конвенция, обязывающая развитые страны сократить выбросы CO₂. Киотский протокол обязывает 38 индустриально развитых стран сократить к 2008–2012 г.г. выбросы CO₂ на 5 % от уровня 1990 г.:

- Европейский союз должен сократить выбросы CO₂ и других тепличных газов на 8 %,
- США – на 7%,
- Япония – на 6 %.

Протокол предусматривает систему квот на выбросы тепличных газов. Суть его заключается в том, что каждая из стран (пока это относится только к тридцати восьми странам, которые взяли на себя обязательства сократить выбросы), получает разрешение на выброс определенного количества тепличных газов. При этом предполагается, что какие-то страны или компании превысят квоту выбросов. В таких случаях эти страны или компании смогут купить право на дополнительные выбросы у тех стран или компаний, выбросы которых меньше выделенной квоты. Таким образом, предполагается, что главная цель – сокращение выбросов тепличных газов в следующие 15 лет на 5 % будет выполнена.

В качестве других причин, вызывающих потепление климата, ученые называют непостоянство солнечной активности, изменение магнитного поля Земли и атмосферного электрического поля.

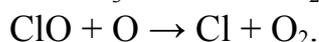
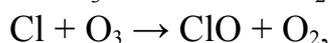
Нарушение озонового слоя

Снижение концентрации озона ослабляет способность атмосферы защищать все живое на Земле от жесткого УФ-излучения. Растения под влиянием сильного УФ-излучения теряют способность к фотосинтезу, наблюдается увеличение заболевания раком кожи у людей, снижение иммунитета.

Под «озоновой дырой» понимается значительное пространство в озоновом слое атмосферы с заметно пониженным (до 50 %) содержанием озона. Первая «озоновая дыра» была обнаружена над Антарктидой в начале 80-ых г.г. XX века. С тех пор результаты измерений подтверждают уменьшение озонового слоя на всей планете. Предполагают, что это явление имеет антропогенное происхождение и связано с повышением

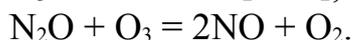
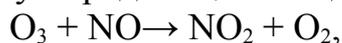
содержания хлорфторуглеродов (ХФУ) или фреонов в атмосфере. Фреоны широко применяются в промышленности и в быту в качестве аэрозолей, хладоагентов, растворителей.

Фреоны – это высокостабильные соединения. Время жизни некоторых фреонов составляет 70–100 лет. Они не поглощают солнечное излучение с большой длиной волны и не могут подвергнуться его воздействию в нижних слоях атмосферы. Но, поднимаясь в верхние слои атмосферы, фреоны преодолевают защитный слой. Коротковолновое излучение высвобождает из них атомы свободного хлора. Атомы хлора затем вступают в реакцию с озоном:



Таким образом, разложение ХФУ солнечным излучением создает цепную реакцию, согласно которой 1 атом хлора способен разрушить до 100000 молекул озона.

Разрушать озон способны и другие химические вещества, например, четыреххлористый углерод CCl_4 и оксид азота N_2O :



Следует отметить, что некоторые ученые настаивают на естественном происхождении озоновых дыр.

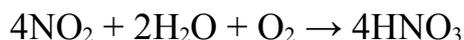
Кислотные дожди

Кислотные дожди образуются в результате промышленных выбросов в атмосферу диоксида серы и оксидов азота, которые, соединяясь с атмосферной влагой, образуют серную и азотную кислоты. Чистая дождевая вода имеет слабокислую реакцию $\text{pH} = 5,6$, так как в ней легко растворяется CO_2 с образованием слабой угольной кислоты H_2CO_3 . Кислотные осадки имеют $\text{pH} = 3-5$, максимальная зарегистрированная кислотность в Западной Европе – $\text{pH} = 2,3$.

Оксиды серы поступают в воздух ~ 40 % от естественных источников (вулканическая деятельность, продукты жизнедеятельности микроорганизмов) и ~ 60 % – от антропогенных (продукт сжигания ископаемых видов топлива, содержащих серу, на тепловых электростанциях, в промышленности, при работе автотранспорта). Естественными источниками соединений азота являются грозовые разряды, почвенная эмиссия, горение биомассы (63 %), антропогенными – выбросы автотранспорта, промышленности, тепловых электростанций (37 %).

Основные реакции в атмосфере:





Опасность представляют не сами кислотные осадки, а протекающие под их влиянием процессы. Наибольшую опасность кислотные осадки представляют при их попадании в водоемы и почвы, что приводит к уменьшению рН среды. От значения рН зависит растворимость алюминия и тяжелых металлов, токсичных для живых организмов. При изменении рН меняется структура почвы, снижается ее плодородие.

Средства защиты атмосферы

Для защиты атмосферы от негативного антропогенного воздействия используются следующие основные меры.

1. Экологизация технологических процессов:
 - 1.1. создание замкнутых технологических циклов, малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных веществ;
 - 1.2. уменьшение загрязнения от тепловых установок: централизованное теплоснабжение, предварительная очистка топлива от соединений серы, использование альтернативных источников энергии, переход на топливо повышенного качества (с угля на природный газ);
 - 1.3. уменьшение загрязнения от автотранспорта: использование электротранспорта, очистка выхлопных газов, использование каталитических нейтрализаторов для дожигания топлива, разработка водородного транспорта, перевод транспортных потоков за город.
2. Очистка технологических газовых выбросов от вредных примесей.
3. Рассеивание газовых выбросов в атмосфере. Рассеивание осуществляется с помощью высоких дымовых труб (высотой более 300 м). Это временное, вынужденное мероприятие, которое осуществляется вследствие того, что существующие очистные сооружения не обеспечивают полной очистки выбросов от вредных веществ.
4. Устройство санитарно-защитных зон, архитектурно-планировочные решения.

Санитарно-защитная зона (СЗЗ) – это полоса, отделяющая источники промышленного загрязнения от жилых или общественных зданий для защиты населения от влияния вредных факторов производства. Ширина СЗЗ устанавливается в зависимости от класса производства, степени вредности и количества выделенных в атмосферу веществ (50–1000 м).

Архитектурно-планировочные решения – правильное взаимное размещение источников выбросов и населенных мест с учетом направ-

ления ветров, сооружение автомобильных дорог в обход населенных пунктов и др.

Оборудование для очистки выбросов:

- устройства для очистки газовых выбросов от аэрозолей (пыли, золы, сажи);
- устройства для очистки выбросов от газо- и парообразных примесей (NO , NO_2 , SO_2 , SO_3 и др.)

Устройства для очистки технологических выбросов в атмосферу от аэрозолей

Сухие пылеуловители (циклоны)

Сухие пылеуловители предназначены для грубой механической очистки от крупной и тяжелой пыли. Принцип работы – оседание частиц под действием центробежной силы и силы тяжести. Широкое рас-

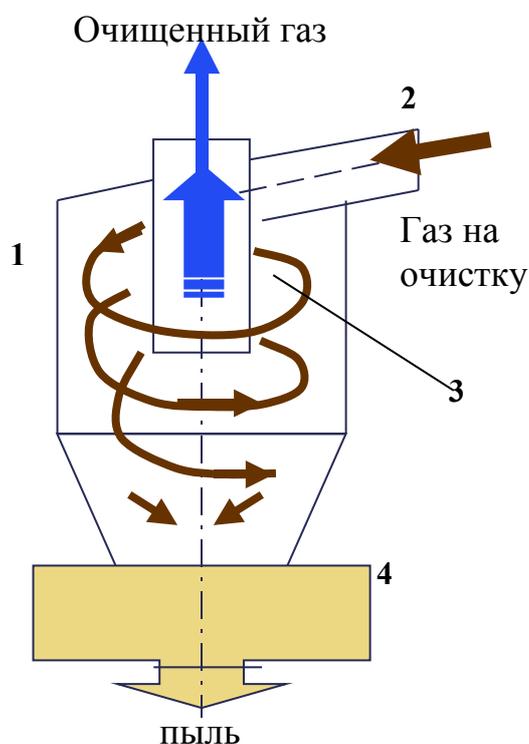


Рис. 16. Схема циклона

пространение получили циклоны различных видов: одиночные, групповые, батарейные.

На схеме (рис. 16) изображена упрощенная конструкция одиночного циклона. Пылегазовый поток вводится в циклон через входной патрубок 2, закручивается и совершает вращательно-поступательное движение вдоль корпуса 1. Частицы пыли отбрасываются под действием центробежных сил к стенке корпуса, а затем под действие силы тяжести собираются в пылевой бункер 4, откуда периодически удаляются. Газ, освободившись от пыли, разворачивается на 180° и выходит из циклона через трубу 3.

Мокрые пылеуловители (скрубберы)

Мокрые пылеуловители характеризуются высокой эффективностью очистки от мелкодисперсной пыли размером до 2 мкм. Работают по принципу осаждения частиц пыли на поверхность капель под действием сил инерции или броуновского движения.

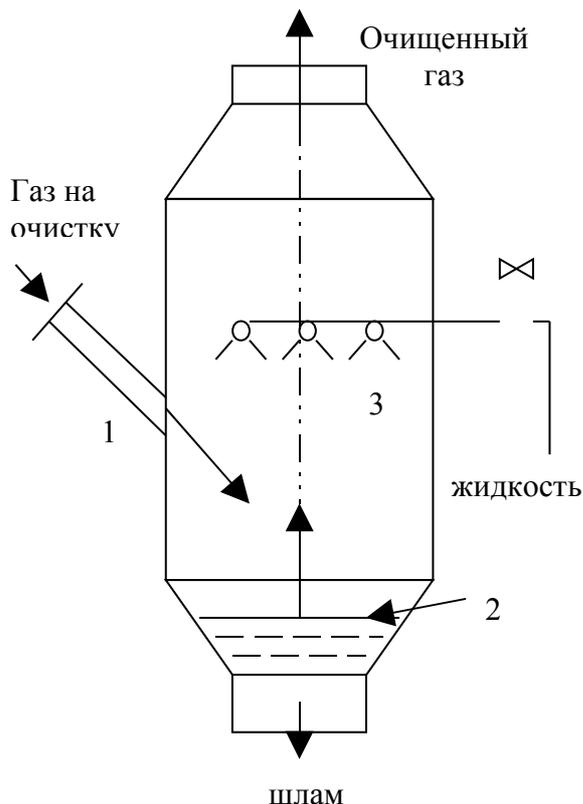


Рис. 17. Схема скруббера

Запыленный газовый поток по патрубку 1 направляется на зеркало жидкости 2, на котором осаждаются наиболее крупные частицы пыли. Затем газ поднимается навстречу потоку капель жидкости, подаваемой через форсунки, где происходит очистка от мелких частиц пыли.

Фильтры

Предназначены для тонкой очистки газов за счет осаждения частиц пыли (до 0,05 мкм) на поверхности пористых фильтрующих перегородок (рис. 18). По типу фильтрующей загрузки различают тканевые фильтры (ткань, войлок, губчатая резина) и зернистые. Выбор фильтрующего материала определяется требованиями к очистке и условиями работы: степень очистки, температура, агрессивность газов, влажность, количество и размер пыли и т.д.

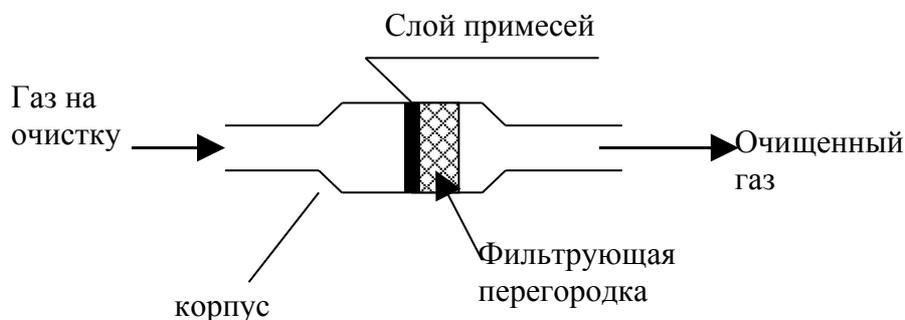


Рис. 18. Схема фильтра

Электрофилтры

Электрофилтры – эффективный способ очистки от взвешенных частиц пыли (0,01 мкм), от масляного тумана. Принцип действия основан на ионизации и осаждении частиц в электрическом поле. У поверхности коронирующего электрода происходит ионизация пылегазового потока. Приобретая отрицательный заряд, частицы пыли движутся к осадительному электроду, имеющему знак, противоположный заряду коронирующего электрода. По мере накопления на электродах частицы пыли падают под действием силы тяжести в сборник пыли или удаляются встряхиванием.

Способы очистки от газо- и парообразных примесей

1. *Очистка от примесей путем каталитического превращения.*

С помощью этого метода превращают токсичные компоненты промышленных выбросов в безвредные или менее вредные вещества путем введения в систему катализаторов (Pt, Pd, Vd):

- каталитическое дожигание CO до CO₂;
- восстановление NO_x до N₂.

2. *Адсорбционный метод* основан на поглощении вредных газообразных примесей жидким поглотителем (абсорбентом). В качестве абсорбента, например, используют воду для улавливания таких газов как NH₃, HF, HCl.

3. *Адсорбционный метод* позволяет извлекать вредные компоненты из промышленных выбросов с помощью адсорбентов – твердых тел с ультрамикроскопической структурой (активированный уголь, цеолиты, Al₂O₃). Адсорбенты широко используются в противогазах и респираторах.

8.2. ЗАЩИТА ГИДРОСФЕРЫ

Вода – одно из наиболее важных веществ на Земле, от которого зависит состояние животного и растительного мира. Это самая распространенная неорганическая составляющая живой материи. У человека вода составляет 63 % массы тела, у грибов – 80 %, у медуз – 98 %, в растениях содержится до 95 % воды. Семена растений, в которых содержание воды не превышает 10 %, представляют собой формы замедленной жизни. Такое же явление – ангидриобиоз – наблюдается у некоторых видов беспозвоночных, которые при неблагоприятных внешних условиях могут потерять большую часть воды из своих тканей и сохранить жизнеспособность.

Вода в природе находится в непрерывном круговороте – все время расходуется и возобновляется.

Водные ресурсы

Водную оболочку Земли называют гидросферой. Это совокупность океанов, морей, озер, прудов, рек, болот, подземных вод. Вода покрывает 70,8 % поверхности планеты (510 млн. км²). Основную часть гидросферы составляет Мировой океан – 96,53 %. Более 98 % всех водных ресурсов представлены водами с повышенной минерализацией, непригодными для хозяйственной деятельности. На долю пресных вод приходится ~ 28 млн. км³. Основная масса пресной воды заключена в ледниках и постоянно залегающем снежном покрове – 68 % или 1,74 % всех запасов воды. Значительный объем пресной воды приходится на долю подземных вод (30 %). Для хозяйственного использования, водоснабжения пригодно всего 0,3 % объема гидросферы, что составляет 4,2 млн. км³. Роль подземных вод возрастает в связи с усиливающимся загрязнением поверхностных вод.

Роль воды

Вода играет существенную роль как в биологических процессах, так и в климатических. Вода является универсальным растворителем химических веществ. Значительная роль воды на планете обусловлена ее физическими свойствами.

Вода обладает большой теплоемкостью 4,18 Дж/г·К (теплоемкость воздуха 1,009 Дж/г·К). В природных условиях вода медленно остывает и медленно нагревается, являясь регулятором температуры на Земле.

Плотность воды максимальна при 3,98°C и составляет 1,0 г/см³. Плотность воды уменьшается как при повышении, так и при понижении температуры. Эта аномалия обуславливает возможность жизни в водоемах, замерзающих в зимнее время. Так как лед легче воды (его плотность ниже), он располагается на поверхности и защищает лежащие ниже слои воды от промерзания. При дальнейшем понижении температуры увеличивается толщина слоя льда, но температура воды под льдом остается на уровне ~4°C, что позволяет водным организмам сохранять жизнь.

Показатели качества воды

Состав природных вод оценивается физическими, химическими и санитарно-бактериологическими показателями.

Физические показатели:

- температура;

- цветность – показатель, обусловленный наличием в воде гуминовых кислот, присутствием соединений железа;
- запахи и привкусы – органолептические показатели качества воды. Запахи вызывают летучие пахнущие вещества. Мутность обусловлена присутствием нерастворенных и коллоидных веществ неорганического (глина, песок) и органического (ил, нефтепродукты, микроорганизмы) происхождения.

Химические показатели:

- ионный состав – общее солесодержание природных вод определяется в большинстве случаев катионами Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} и анионами SO_4^{2-} , HCO_3^- , Cl^- ,
- содержание железа и марганца,
- щелочность,
- жесткость,
- рН среды; вода хозяйственно-питьевого назначения имеет рН = 6,5–8,5,
- содержание растворенных газов O_2 , CO_2 , H_2S и др.

Санитарно-биологические показатели:

- коли-индекс – число бактерий *E. Coli* в 1 л воды (≤ 3);
- коли-титр – наименьший объем воды (в мл), содержащий 1 кишечную палочку;
- микробное число – общее число аэробных сапрофитов, служит для оценки загрязненности органическими веществами.

Основные источники загрязнения гидросферы

Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств, увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Подсчитано, что ежегодно в мире сбрасывается более 420 км³ сточных вод.

Основными источниками загрязнения гидросферы являются:

- промышленные сточные воды;
- хозяйственно-бытовые сточные воды;
- дренажные воды с орошаемых земель;
- сельскохозяйственные поля и крупные животноводческие комплексы;
- водный транспорт.

Все загрязнители сточных вод подразделяются на три группы:

1. биологические загрязнители: микроорганизмы – вирусы, бактерии; растения – водоросли; дрожжи, плесневые грибки;
2. химические загрязнители: наиболее распространенными загрязнителями являются нефть и нефтепродукты, СПАВ, пестициды, тяжелые металлы, диоксины, фенолы, аммонийный и нитритный азот и др.;
3. физические загрязнители: радиоактивные элементы, взвешенные твердые частицы, шлам, песок, ил, тепло и др.

Виды загрязнения воды

Химическое загрязнение может быть органическим (фенолы, пестициды), неорганическим (соли, кислоты, щелочи), токсичным (ртуть, мышьяк, кадмий, свинец), нетоксичным. Эвтрофикация – явление, связанное с поступлением в водоемы большого количества биогенных элементов (соединений азота и фосфора) в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства.

В России концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК во многих водных объектах (табл. 6). При осаждении на дно водоемов вредные вещества сорбируются частицами пород, окисляются – восстанавливаются, выпадают в осадок. Однако, как правило, полного самоочищения не происходит.

Таблица 6

Доля проб воды, загрязненных выше ПДК

Загрязнители	Доля проб, %
Нефтепродукты	40–45
Органические вещества	30–35
Фенолы	45–60
Аммонийный азот	25–40
Соединения меди	70–75
Соединения цинка	30–35

Бактериальное загрязнение выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов и т.д.

Физическое загрязнение может быть радиоактивным, механическим, тепловым.

Очень опасно содержание в воде *радиоактивных веществ* даже в малых концентрациях. Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоемы при сбрасывании в них радиоактивных отходов, захоронении отходов и т.д. В подземные воды радиоактивные элементы попадают в результате их выпадения с осадками на поверхность земли и

последующего просачивания вглубь земли, либо в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

Механическое загрязнение характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (шлам, песок, ил и др.), которые могут значительно ухудшать органолептические показатели.

Тепловое загрязнение связано с повышением температуры природных вод в результате их смешивания с технологическими водами. Температура сточных вод ТЭС, АЭС выше температуры окружающих водоемов на 10 °С. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, выделению ядовитых газов – H_2S , CH_4 . Происходит цветение воды, ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны.

Экозащитные мероприятия

Для защиты поверхностных вод от загрязнения предусматриваются следующие экозащитные мероприятия.

- Развитие безотходных и безводных технологий, внедрение систем оборотного водоснабжения – создание замкнутого цикла использования производственных и бытовых сточных вод, когда сточные воды все время находятся в обороте, и попадание их в поверхностные водоемы исключено.
- Очистка сточных вод.
- Очистка и обеззараживание поверхностных вод, используемых для водоснабжения и других целей.

Главный загрязнитель поверхностных вод – сточные воды, поэтому разработка и внедрение эффективных методов очистки сточных вод является актуальной и экологически важной задачей.

Способы очистки сточных вод

- Механическая очистка
- Физико-химическая очистка
- Биологическая очистка

Механическая очистка

Используется для удаления из сточных вод взвешенных веществ (песок, глинистые частицы, волокна и т.д.). В основе механической очистки лежат четыре процесса:

- процеживание,
- отстаивание,
- обработка в поле действия центробежных сил,
- фильтрование.

Процеживание реализуют в решетках и волокнуловителях. Применяют для удаления из сточных вод крупных и волокнистых включений (сточные воды целлюлозно-бумажной и текстильной промышленности). Ширина зазоров составляет 10–20 мм.

Отстаивание основано на свободном оседании примесей с плотностью $\rho > \rho$ воды или всплывании примесей с $\rho < \rho$ воды. Процесс реализуется в песколовках, отстойниках, жируловителях.

Песколовки используют для очистки сточных вод от частиц металла и песка размером более 250 мкм.

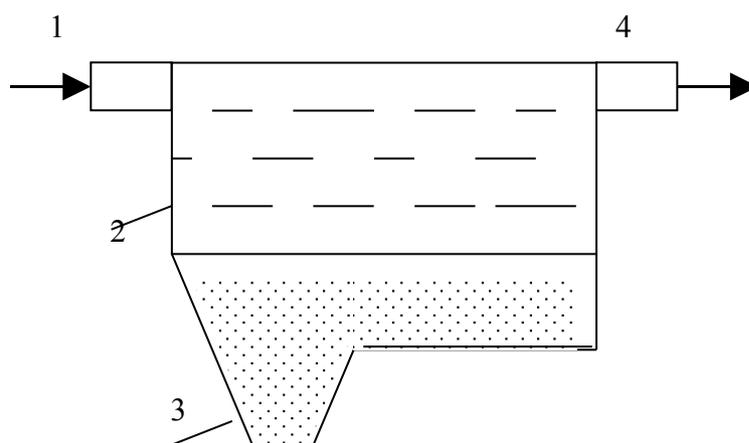


Рис. 19. Схема горизонтальной песколовки: 1 – входной патрубок, 2 – корпус, 3 – шламосборник, 4 – выходной патрубок

Отстойники используют для очистки сточных вод от более мелких взвешенных частиц или жировых веществ, нефтепродуктов.

Очистка сточных вод в поле действия центробежных сил осуществляется в гидроциклонах и центрифугах. Механизм действия аналогичен механизму действия газоочистных циклонов.

Фильтрация используют для очистки сточных вод от тонкодисперсных примесей с малой их концентрацией. В основном используется два типа фильтров: зернистые – в качестве фильтроматериала применяют кварцевый песок, дробленый шлак, гравий, сульфуголь и др.; тканевые – фильтровальные перегородки изготавливаются из хлопчатобумажных материалов, шерстяных, керамических.

Физико-химические методы очистки

Применяются для удаления из сточных вод растворимых примесей, а в ряде случаев – для удаления взвешенных веществ.

Флотация заключается в обволакивании частиц примесей (маслопродуктов, мелкодисперсных взвесей) мелкими пузырьками воздуха,

подаваемого в сточную воду, и поднятии их на поверхность, где образуется слой пены. В случае **электрофлотации** пузырьки газа образуются в результате электролиза воды при пропускании электрического тока (водород, кислород).

Коагуляция – это физико-химический процесс укрупнения мельчайших коллоидных и дисперсных частиц под действием сил молекулярного притяжения. В качестве коагулянтов применяют сульфат алюминия, хлорид железа. Если необходимые для коагулирования ионы алюминия или железа получают электрохимическим путем (электролизом), то такой процесс называют **электрокоагуляцией**.

Реагентный метод заключается в том, что обработка сточных вод проводится химическими веществами – реагентами, которые, вступая в химическую реакцию с растворенными токсичными примесями, образуют нетоксичные или нерастворимые осадки. Например, для очистки фторсодержащих вод применяют гидроксид кальция, хлорид кальция. В результате химической реакции с токсичными соединениями фтора образуется плохо растворимый фторид кальция CaF_2 , который может быть удален из воды отстаиванием.

Нейтрализация – разновидность реагентного метода, предназначена для снижения концентрации свободных H^+ или OH^- -ионов до установленных значений, соответствующих $\text{pH} = 6,5\text{--}8,5$. Нейтрализация кислых сточных вод осуществляется добавлением растворимых щелочей NaOH , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Mg}(\text{OH})_2$, а щелочных – добавлением кислот (соляной, серной).

Экстракция основана на перераспределении примесей сточных вод в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей (сточной воды и органической жидкости). Используется для выделения фенолов, жирных кислот, цветных металлов – меди, никеля, цинка, кадмия и др.

Ионообменная очистка заключается в пропускании сточной воды через ионообменные смолы, которые содержат подвижные и способные к обмену ионы – катионы (чаще H^+) или анионы (чаще OH^-). При прохождении сточной воды через смолы подвижные ионы смолы заменяются на ионы токсичных примесей соответствующего знака.

В последние годы активно разрабатываются **новые эффективные методы** очистки сточных вод:

- озонирование,
- мембранные процессы очистки (ультрафильтрация, электродиализ),
- электроразрядные методы обработки воды,
- магнитная обработка и др.

Биологическая очистка

Биологическая очистка сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать растворенные и коллоидные органические и некоторые неорганические соединения (H_2S , NH_3 , нитриты и др.) в качестве источника питания в процессах своей жизнедеятельности. При этом органические соединения окисляются до воды и углекислого газа. Биологическую очистку ведут в естественных условиях (поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды) или в специальных искусственных сооружениях – аэротенках, биофильтрах.

Аэротенки – это открытые резервуары, через которые медленно протекают сточные воды, смешанные с активным илом.

Биофильтр – сооружение, заполненное загрузочным материалом (шлак, щебень, керамзит, гравий и т.п.), на поверхности которого развивается биологическая пленка из микроорганизмов.

8.3. ЗАЩИТА ЛИТОСФЕРЫ

Литосфера – это каменная оболочка Земли, включающая земную кору мощностью (толщиной) от 6 (под океанами) до 80 км (горные системы). Верхняя часть литосферы в настоящее время подвергается все более возрастающему антропогенному воздействию. Основные значимые составляющие литосферы: почвы, горные породы и их массивы, недра.

Причины нарушения верхних слоев земной коры:

- добыча полезных ископаемых;
- захоронение бытовых и промышленных отходов;
- проведение военных учений и испытаний;
- внесение удобрений;
- применение пестицидов.

В процессе преобразования литосферы человек извлек 125 млрд. т угля, 32 млрд. т нефти, более 100 млрд. т других полезных ископаемых. Распахано более 1500 млн. га земель, заболочено и засолено 20 млн. га. При этом лишь 1/3 часть всей извлекаемой горной массы вовлекается в оборот, а используется в производстве ~7 % объема добычи. Большая часть отходов не используется и скапливается в отвалах.

Методы защиты литосферы

Можно выделить следующие основные направления:

1. Защита почв (см. гл.7).

2. Охрана и рациональное использование недр: наиболее полное извлечение из недр основных и попутных полезных ископаемых; комплексное использование минерального сырья, включая проблему утилизации отходов.

3. Рекультивация нарушенных территорий.

Рекультивация – это комплекс работ, проводимых с целью восстановления нарушенных территорий (при открытой разработке месторождений полезных ископаемых, в процессе строительства и др.) и приведения земельных участков в безопасное состояние.

Различают рекультивацию техническую, биологическую и строительную.

Техническая рекультивация представляет собой предварительную подготовку нарушенных территорий. Проводится планировка поверхности, снятие верхнего слоя, транспортировка и нанесение плодородных почв на рекультивируемые земли. Засыпаются выемки, разбираются отвалы, поверхность выравнивается.

Биологическая рекультивация проводится для создания растительного покрова на подготовленных участках.

Строительная рекультивация – при необходимости возводятся здания, сооружения и другие объекты.

4. Защита массивов горных пород:

- Защита от подтопления – организация стока грунтовых вод, дренаж, гидроизоляция;

- Защита оползневых массивов и селеопасных массивов – регулирование поверхностного стока, организация ливневых коллекторов. Запрещается строительство зданий, сброс хозяйственных вод, вырубка деревьев.

Утилизация твердых отходов

Утилизация представляет собой переработку отходов, имеющую целью использование полезных свойств отходов или их компонентов. В этом случае отходы выступают в качестве вторичного сырья.

По агрегатному состоянию отходы разделяются на твердые и жидкие; *по источнику образования* – на промышленные, образующиеся в процессе производства (металлический лом, стружка, пластмассы, зола и т.д.), биологические, образующиеся в сельском хозяйстве (птичий помет, отходы животноводства и растениеводства и др.), бытовые (в частности, осадки коммунально-бытовых стоков), радиоактивные. Кроме того, отходы разделяются на горючие и негорючие, прессуемые и непрессуемые.

При сборе отходы должны разделяться по признакам, указанным выше, и в зависимости от дальнейшего использования, способа переработки, утилизации, захоронения.

После сбора отходы подвергаются переработке, утилизации и захоронению. Перерабатываются такие отходы, которые могут быть полезны. Переработка отходов – важнейший этап в обеспечении безопасности жизнедеятельности, способствующий защите окружающей среды от загрязнения и сохраняющий природные ресурсы.

Вторичное использование материалов решает целый комплекс вопросов по защите окружающей среды. Например, использование макулатуры позволяет при производстве 1 т бумаги и картона экономить 4,5 м³ древесины, 200 м³ воды и в 2 раза снизить затраты электроэнергии. Для изготовления такого же количества бумаги требуется 15–16 взрослых деревьев. Большую экономическую выгоду дает использование отходов из цветных металлов. Для получения 1 т меди из руды необходимо добыть из недр и переработать 700–800 т рудоносных пород.

Пластмассы в виде отходов естественным путем разлагаются медленно, либо вообще не разлагаются. При их сжигании атмосфера загрязняется ядовитыми веществами. Наиболее эффективными способами предотвращения загрязнения среды пластмассовыми отходами является их вторичная переработка (рециклинг) и разработка биodeградирующих полимерных материалов. 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. 1 т использованных полимеров экономит 5 т нефти.

Широкое распространение получила **термическая переработка отходов** (пиролиз, плазмолиз, сжигание) с последующим использованием теплоты. Мусоросжигающие заводы должны оборудоваться высокоэффективными системами пыле- и газоочистки, так как существуют проблемы с образованием газообразных токсичных выбросов.

Отходы, не подлежащие переработке и дальнейшему использованию в качестве вторичных ресурсов, подвергаются **захоронению на полигонах**. Полигоны должны располагаться вдали от водоохраных зон и иметь санитарно-защитные зоны. В местах складирования выполняется гидроизоляция для исключения загрязнения грунтовых вод.

Для переработки твердых бытовых отходов находят широкое применение **биотехнологические методы**: аэробное компостирование, анаэробное компостирование или анаэробная ферментация, вермикомпостирование.

Тесты для самоконтроля 8

1. Основная масса воздуха находится в части атмосферы, называемой

1. тропосферой
2. стратосферой
3. мезосферой
4. термосферой

2. Основным компонентом атмосферы является

1. кислород
2. водород
3. азот
4. углекислый газ

3. Какое свойство углекислого газа способствует возникновению "парникового эффекта"?

1. Низкая теплопроводность
2. Способность задерживать длинноволновое тепловое излучение Земли
3. Увеличение плотности при росте температуры
4. Рост концентрации газа при увеличении плотности населения

4. К разрушению озонового слоя приводит накопление в атмосфере

1. серной кислоты
2. хлорфторуглеродов
3. углекислого газа
4. аммиака

5. Озоновый экран поглощает излучение

1. инфракрасное
2. видимое
3. ультрафиолетовое длинноволновое
4. ультрафиолетовое коротковолновое

6. Кислотные дожди являются следствием накопления в атмосфере

1. озона
2. углекислого газа
3. оксидов азота
4. хлорфторуглеродов

7. Устройство для очистки газовых выбросов от пыли, принцип действия которого основан на использовании центробежной силы, воздействующей на частицы пыли во вращающемся потоке воздуха:

1. Фильтр
2. Адсорбер

3. Циклон
4. Коагулятор

8. Как называется метод очистки воздуха, суть которого заключается в разделении газовой смеси на составные части путем поглощения вредных компонентов этой смеси жидкими веществами?

1. Адсорбция
2. Абсорбция
3. Фильтрация
4. Коагуляция

9. Биологический метод очистки воды от загрязнения основан на использовании

1. растений
2. пестицидов
3. торфа
4. микроорганизмов

10. Отходы пластмассы рекомендуется

1. вывозить на полигоны токсичных отходов
2. сжигать
3. подвергать вторичной переработке (рециклингу)
4. складировать в подземных хранилищах

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вместо заключения приведены выдержки из работ студентов АВТФ на тему «Экология в моей будущей профессии».

Я учусь на инженера-программиста, я буду создавать технику будущего, а значит, судьба всей планеты в наших руках, в руках молодых, талантливых, энергичных студентов ТПУ – будущих инженеров.

Программисты вместе с экологами будут играть самую важную роль в защите окружающей среды и сохранении нашей планеты для будущих поколений.

Я учусь на факультете автоматики и вычислительной техники. Моя специальность – информатика и вычислительная техника. Может показаться, что она никак не связана с экологией, но это вовсе не так. Я буду заниматься разработкой программного обеспечения для современных технологий, а это направление в большей или меньшей степени связано с экологией. Постоянно обновляющееся программное обеспечение

требует все больших вычислительных мощностей, то есть требуется обновление физической составляющей компьютера, поэтому происходит сброс устаревших моделей и все больше деталей от старой компьютерной техники выбрасывается как ненужный хлам. Но следует отметить, что очевиден явный прогресс в этой сфере. Первые вычислительные машины были огромных размеров, хотя работали очень медленно. Сейчас же самый обыкновенный компьютер может поместиться на вашей ладони! Уже из этого следует, чем быстрее развивается технология, тем она меньше вредит экологии. Общество стало задумываться о своем здоровье, о состоянии окружающего мира и о будущем, что приводит разработчиков вычислительных машин к мысли о повышении безопасности и экологичности продукции.

Моя будущая профессиональная деятельность будет связана с компьютерными технологиями. Компьютер не оказывает значительного воздействия на окружающую среду, но все же взаимодействует с природой, как и все на планете Земля. Во-первых, компьютер потребляет электроэнергию, а электроэнергия производится на электростанциях, которые сильно загрязняют окружающую среду. Кроме того, программисты работают не только на энергосберегающих персональных компьютерах, но и на мощных суперкомпьютерах, которые потребляют намного больше электроэнергии. Следовательно, человек, работающий с компьютерной техникой, должен следить за расходом электроэнергии. Во-вторых, детали для компьютеров изготавливаются из самых разных материалов. Все детали когда-нибудь выйдут из строя. Некоторые материалы при разложении оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Следовательно, человек, работающий с компьютерами, должен следить и за тем, чтобы объекты его профессиональной деятельности состояли только из экологически чистых материалов.

Я уверен, большинство людей считает, что если связь между компьютерами и загрязнением окружающей среды существует, то она не столь серьезна. Между тем, просто выключая компьютеры на ночь, работники предотвращают выброс тысяч тонн углекислого газа в атмосферу. Этот углекислый газ вырабатывается электростанциями при потреблении людьми энергии, которая нередко оказывается ненужной, как в случае оставленного включенным на ночь компьютера. Таким образом, элементарным нажатием кнопки выключения компьютера я могу сэкономить электроэнергию, а, следовательно, предотвратить загрязнение воздуха.

Чем занимается инженер-программист, специалист по информационным системам? Это человек, который компьютеры, чтобы создать какое-либо программное обеспечение, тем самым облегчив труд других людей. В промышленности программисты занимаются автоматизацией экозащитных систем. Уже сейчас появляются такие профессии как эколог-программист, специалист по автоматизации экологических процессов в производстве. Стоит отметить огромный вклад инженеров-программистов в создание приборов экологического назначения, тех же самых очистных сооружений. Люди такой профессии участвуют в переработке сырья и последующем изготовлении продуктов вторичной переработки. Иными словами, программист и экология тесно взаимосвязаны, хотя и не во всех сферах деятельности.

Развитие общества всегда сопровождалось разрушительным воздействием на природу. За будущее надо бороться, и во многом оно зависит от нас самих. Лично я буду стараться использовать все полученные мной в университете знания для того, чтобы сделать этот мир чище и лучше, чтобы сохранить его для своих детей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология для инженера. – М.: Издательский Дом «Ноосфера», 2000.
2. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: Учебное пособие. Часть I. – Томск: Изд-во ТПУ, 1999. – 134 с.
3. Панин В.Ф., Сечин А.И., Федосова В.Д. Экология: Учебное пособие. Часть 2. – Северск: СГТА, 2006. – 168 с.
4. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов н/Д: Изд-во «Феникс», 2001. – 576 с.
5. Небел Б. Наука об окружающей среде. Как устроен мир / Пер с англ. Т. 1,2. – М.: Мир, 1993.
6. Одум Ю. Основы экологии / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
7. Реймерс Н.Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы, гипотезы). – М.: «Россия молодая», 1994. – 367 с.
8. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология. – СПб: Химия, 1997. – 240 с.

Правильные ответы на тесты для самоконтроля

Тест 1

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	2	2	1	4	1	2	3	4	3	1

Тест 2

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	1	4	2	2	2	1	4	3	2	3

Тест 3

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	2	3	4	2	4	3	1	1	3	3

Тест 4

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	2	2	3	4	2	2	4	1	3	1

Тест 5

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	3	4	3	1	2	1	4	2	3	1

Тест 6

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	2	1	1	2	4	1	3	2	4	2

Тест 7

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	2	4	2	3	4	1	2	2	3	1

Тест 8

	Номер вопроса									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вариант ответа	1	3	2	2	4	3	3	2	4	3

СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение. История экологии и современное состояние.....	4
2. Учение о биосфере.....	14
3. Экологические факторы.....	22
4. Экологические системы.....	32
5. Популяции.....	42
6. Демографические проблемы.....	49
7. Природные ресурсы.....	61
8. Инженерная защита окружающей среды.....	71
8.1. Защита атмосферы.....	74
8.2. Защита гидросферы.....	83
8.3. Защита литосферы.....	90
Заключение.....	94
Список литературы.....	97
Правильные ответы на тесты для самоконтроля.....	98

Ольга Брониславовна Назаренко

ЭКОЛОГИЯ

Учебное пособие

Отпечатано с оригинал-макета автора

Подписано к печати . Формат 60x84/16.

Бумага офсетная.

Печать RISO. Усл.печ.л. 5,81. Уч.-изд.л. 5,26.

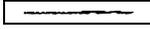
Тираж экз. Заказ № . Цена свободная.

Томский политехнический университет

Система менеджмента качества

Томского политехнического университета сертифицирована

NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту ISO
9001:2000

 . 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.