

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН  
КАСПИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНОЛОГИЙ И  
ИНЖИНИРИНГА ИМЕНИ Ш.ЕСЕНОВА**

**ИНСТИТУТ НЕФТИ И ГАЗА**

**КАФЕДРА «ЭКОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ»**

**КЕНЖЕТАЕВ Г.Ж., ТАЙЖАНОВА Л.С.,  
СЫРЛЫБЕККЫЗЫ С., КОЙБАКОВА С.Е**

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ЭКОСИСТЕМ И ОБЩЕСТВА**  
(учебное пособие)

АКТАУ, 2011

УДК 574.003.6 (075.8)  
ББК 20.3я 73  
У79

**Составители:** Кенжетаев Г. Ж., Тайжанова Л. С., Сырлыбекқызы С., Койбакова С. Е. Устойчивое развитие экосистем и общества: учебное пособие для студентов ВУЗов, обучающихся по специальностям бакалаврита 050608 – «Экология», 050731 – «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды». / Г.Ж. Кенжетаев [и др.]. – Актау. КГУТИ имени Ш.Есенова, -147с.

**Р е ц е н з е н т ы:**

Зав. кафедрой «Гидробиология и общая биология» Астраханского государственного технического университета,  
Заслуженный деятель науки РФ, доктор сельско-хозяйственных наук, профессор В.Ф.Зайцев.

Генеральный директор ТОО «Компания «Аташ», к.т.н., профессор, член-корреспондент Академии минеральных ресурсов РК, почетный геологоразведчик Байзаков М.К.

ISBN 978-601-7276-04-1

В учебном пособии за основу принята Концепция перехода Республики Казахстан к Устойчивому развитию на 2007-2024 годы, одобренная президентом РК Назарбаевым Н.А.

Освещены исторические и социально-экологические предпосылки к возникновению философии устойчивого развития, закономерности устойчивого функционирования биологических и геоэкологических систем, а также деятельность международных и государственных институтов, направленная на обеспечение устойчивости Биосферы земли и отдельных её частей.

ББК 20.3я 73

Рекомендовано к изданию решением Учебно-методического Совета Каспийского государственного университета технологий и инжиниринга им.Ш.Есенова

ISBN 978-601-7276-04-1

© КГУТИиИ имени Ш. Есенова, 2010

## ВВЕДЕНИЕ

Установить правильные взаимоотношения с природными процессами, обеспечивающими устойчивое поддержание жизни на нашей планете, можно лишь на основе знания законов формирования и поддержания активного функционирования биологических систем, обеспечивающих глобальный круговорот. Раскрытие роли многовидовых совокупностей живых организмов в осуществлении биогенного круговорота веществ и поддержании жизни на Земле привело, к тому, что в последнее время экологию чаще определяют как науку о надорганизменных биологических системах или же только о многовидовых сообществах – экосистемах (J.Carpenter, 1962; E. Odum, 1963; Н.П. Наумов, 1973; Ю. Одум, 1975).

Такой подход по-видимому обедняет содержание экологии, особенно если учесть тесную функциональную взаимосвязь организменного, популяционного и биоцентрического уровней в глобальных экологических процессах (И.А. Шилов, 1985). Вероятно, более правильно рассматривать экологию как науку о закономерностях формирования, развития и устойчивого функционирования биологических систем разного ранга в их взаимоотношениях с условиями окружающей среды (И.А. Шилов, 1985).

Истощение природных ресурсов и негативные изменения в окружающей среде с высокой вероятностью экологической угрозы для развития человеческой цивилизации вызвали серьезную озабоченность самых разных групп людей, правительственных и неправительственных организаций во всем мире. По этой причине последняя четверть XX века отмечена поиском нового подхода к природопользованию, завершившимся разработкой принципов устойчивого развития. Около трех десятилетий назад мировое сообщество горячо обсуждало результаты научного прогноза развития цивилизации Д. Медоуза и группы исследователей, опубликованных в книге «Пределы роста», которая способствовала осознанию многими взаимосвязи между экономическим ростом и ухудшением качества окружающей среды, уменьшением её устойчивости, и, как следствие этого повышением вероятности глобального кризиса.

Причины всего происходящего по мнению авторов, заключались в парадигме общества потребления, что на фоне экспоненциального роста народонаселения планеты приводило к нерациональному использованию ресурсов всех видов, и главное к углублению разрыва между богатыми и бедными на глобальном и национальном уровнях, приводящее к вероятности вооруженных конфликтов. Вместе с этим, особо выделялась низкая эффективность производственных процессов и технологий, интенсивное загрязнение окружающей среды бытовыми и промышленными отходами, вырубка и гибель лесов, эрозия почв, уничтожение местообитаний видов и сообществ, снижение биоразнообразия. Экономический кризис впервые трактовался как кризис этических и моральных норм современного человека, и, наконец появилось понимание необходимости изменения устоявшегося порядка вещей. Стало ясным, что экономическое развитие не может

остановиться, но оно должно пойти по другому пути, перестав столь активно способствовать разрушению окружающей природной среды.

В 1972 году, представители 113 государств на конференции в Стокгольме впервые заявили, что путь экономического развития, которым прошли развитые страны, при его повторении в развивающихся странах приведет к гибели цивилизаций. Позднее в 1983 году, Всемирная Комиссия по ОС и развитию подготовила доклад «Наше общее будущее», в котором впервые был сформулирован основной принцип УР. Согласно ему, развитие мировой экономики должно определяться экологическими возможностями планеты. Отныне успех экономического развития той или иной страны не определяется только продукцией и деньгами. В 1987 году, Комиссия публикует доклад «Наше общее будущее», где впервые появляется термин «*sustainable development*» – «устойчивое развитие» (в дословном переводе – «развитие, которое поддерживает само себя»).

Под устойчивым развитием понималось такое развитие, которое позволяет удовлетворять нужду существующего поколения, не лишая будущие поколения возможности удовлетворять их нужды. Конференция ООН по ОС и развитию, состоявшаяся в Рио-де-Жанейро в 1992 году приняла «Повестку дня на XXI век», которая является стратегией мирового сообщества на будущее и направлена на гармоничное достижение основных целей – высокого качества окружающей среды, и развития экологически безопасной экономики во всех государствах мира. Как отмечается в этом документе, следование человечества прежним уровнем неприемлемо, так как, значительная часть природных ресурсов планеты исчерпана, а экологическая ситуация становится все более неблагоприятной. Необходим переход к устойчивому развитию. В современной литературе можно найти множество определений устойчивого развития, которые по своей сути являются попыткой создания гуманитарной модели этого сложного процесса и сводятся к основным положениям:

- Мир человека и природы, мир человека в природе характеризуется устойчивостью, способностью к самоподдержанию, и отсутствием кризисов антропогенного происхождения.

- Человек зависит от Земли и ее ресурсов и не рискует превышать ограничения поддерживающей ёмкости её систем, налагаемые конечностью Земли, и земной биосферы, её живых и неживых составляющих, подвергая опасности сам факт существования жизни на Земле.

- Человечество стремится к выживанию и удовлетворению своих потребностей, и в то же время не ставит под угрозу способность будущих поколений выживать и удовлетворять их собственные потребности; человечество заботится о сохранении биоразнообразия на Земле, так как все живое имеет право на жизнь, сейчас и в будущем.

- Устойчивое развитие - многоуровнево-иерархический управляемый процесс коэволюционного развития природы и общества (при массовом и осознанном участии всего населения Земли), цель которого – обеспечить здоровую, производительную жизнь в гармонии с природой ныне живущим и

будущим поколениям на основе сохранения и обогащения культурного и природного наследия.

- Стратегия устойчивого развития не может быть определена на основе только традиционных представления и ценностей. Она предполагает выработку новых научных подходов, отражающих как современные реалии, так и перспективы развития. Парадигма (миропонимание), соответствующая этой стратегии, потребует коренного изменения в отношениях людей друг к другу и в их отношениях с биосферой.

- Устойчивое развитие предполагает положительную динамику во взаимодействии его важнейших индикаторов в триаде: человек – хозяйство – природа, которая должна устойчиво функционировать и обеспечивать поступательное движение социальной, экономической и экологических сфер.

Для Республики Казахстан переход к устойчивому развитию является насущной необходимостью. Рост экономики за счет эксплуатации природных ресурсов может происходить только на определенном этапе. В современных условиях для роста и развития требуются более прогрессивные механизмы. Устойчивое развитие необходимо для достижения целей Стратегии развития Казахстана до 2030 года. Принцип устойчивого развития также заложен в основу стратегии вхождения Казахстана в число пятидесяти наиболее конкурентоспособных стран мира, обозначенный в Послании Президента страны народу Казахстана от 1 марта 2006 года.

Концепция перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007-2024 годы, одобренная Указом Президента Республики Казахстан от 14 ноября 2006 года, определяет видение принципов, цели, задач и основных механизмов достижения устойчивости во всех сферах жизнедеятельности страны. Для этого необходимо, чтобы экономические, экологические, социальные и политические факторы развития были интегрированы и рассматривались как единый процесс, направленный на повышение качества жизни населения Казахстана. Республика Казахстан играет особую роль в обеспечении экологической стабильности Евразийского континента. Являясь политическим, культурным и экономическим мостом между Европой и Азией, Казахстан выполняет аналогичную связующую функцию в развитии ландшафтных и экологических систем на континенте.

Размеры территории Казахстана, разнообразие климатических условий, особенности водного баланса регионы влекут за собой существенную зависимость экологической ситуации на всей территории Евразии от ее стабильности в Казахстане. Ученые, представители самых разнообразных отраслей науки, на протяжении почти столетия, высказывают тревогу по поводу будущего Биосферы и Человеческой цивилизации, ищут выход из создавшегося положения. На рубеже XX-XXI тысячелетий адекватное разрешение глобальных и региональных социально-экологических противоречий связывается с представлением об «устойчивом развитии».

# Глава 1

## ПОИСКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ПУТЕЙ РАЗВИТИЯ

### Исторические предпосылки возникновения понятия «устойчивое развитие»

Существование любого типа общества обусловлено исторически, и никакое общество не появляется вдруг. Существует исторический процесс, приводящий общество к тому состоянию, в котором мы его находим. Хотя в философии тезис о взаимосвязи пространства и времени уже стал привычным и почти наглядным, обусловленность объекта историческим процессом и обусловленность объекта окружающей средой – это разные типы обусловленности, связь между которыми уже не столь привычна и наглядна. Нельзя себе представить общество вне биосферы.

Уже, древнегреческие философы Гераклит, Эмпедокл, Демокрит, Лукреций высказывали идеи об изменчивости окружающего мира, в том числе и живого, и влияние его на состояние общества. Прошли века, прежде чем ученые сумели объяснить «теорию» эволюции по Ч. Дарвину, при которой происходит естественный отбор – выживание и размножение наиболее приспособленных и гибель менее приспособленных к среде живых существ. В трудах античных философов делаются первые попытки систематизации, обобщения этих сведений. Так, **Аристотель** (384-287 гг. до нашей эры) описал свыше 500 видов животных. Ученик Аристотеля Теофраст Эрезийский (372-287 гг. до нашей эры) приводит достаточно подробные сведения о своеобразии растений в разных условиях, о зависимости их формы и роста от почвы и климата.

Есть все основания полагать, что *историческая трактовка философов* того времени обусловленности общественного бытия в сознании людей почти всегда доминировала над его экологической обусловленностью, и на этом строились все системы ценностей. Это всегда казалось важнее, чем сохранение и воспроизводство природной среды. Более того, ради общественного благосостояния природа подвергалась непрерывному преобразованию, замещалась искусственной, техногенной средой. Никто не догадывался, что при этом систематически подрывалась экологическая основа бытия. На протяжении всей истории общество неоднократно меняло свои социальные программы. Но происходило это опять-таки под давлением экономических и политических интересов, а не под влиянием экологического фактора. Роль **экологического фактора**, как правило, недооценивалась общественным сознанием. Лишь в XVIII-XIX веках работами Ш.Л. Монтескье (1689-1755), и Г.Т. Бокля (1821-1897) и их последователей, образовавших известную школу географического «детерменизма» в социологии, была предпринята массивная попытка привлечь внимание исследователей к анализу природных условий общественного бытия. Эта школа подвергалась решительной критике со всех сторон, в том числе со стороны марксизма. Только сегодня мы стали понемногу понимать, что, создав общество определенного типа, мы можем заложить основы для будущих экологических потрясений. Если формирование общественных укладов происходит стихийно под влиянием каких-то факторов, не связанных с

экономическим развитием общества, то возникновение экологических противоречий становится практически неизбежным, причем тем скорее, чем выше техническая оснащенность общества. Мыслители того времени объясняли суть природных явлений, строение мироздания по аналогии с человеком. С усилением хозяйственной деятельности в Древней Греции природные явления переставали восприниматься как нечто сугубо божественное. Начинается поиск норм человеческого поведения не в природных установлениях, а в мире самого человека.

Именно тогда, **философ Протагор** (490-420 год до н.э.) выдвигает положение: «Человек есть мера всех вещей». По существу, здесь впервые было обращено внимание на то, что ценность природы определяется ее (природы) включенностью в деятельность общества, человеческую деятельность. Более определенно сложившееся в античной культуре отношение к природе и человеку позже выразил **Аристотель**: «Растения существуют ради живых существ, а животные – ради человека... если верно то, что природа ничего не создает в незаконченном виде напрасно, то следует признать, что она создает все вышеупомянутое ради людей».

Ценностная установка, господствовавшая в период Римской империи, во многих отношениях была созвучна тезису Протагора. Римляне продемонстрировали способность использовать ресурсы природы в своих интересах. Они рассматривали природную среду так, как если бы она была одной из захваченных ими провинций. С появлением христианства в сознании людей все более укрепляется тезис: «Бог, а не человек – мера всех вещей». Основными чертами иудейско-христианской традиции противопоставления человека природе, духа человека его телу и представление о том, что Бог санкционировал господство человека над всеми живыми существами.

Новое время характеризовалось расцветом мануфактурного, а позже и машинного производства, все более усиливающимся разделением труда. Все большее внимание уделяют идее пользования природой в их христианской интерпретации. Стала масштабно реализовываться установка на господство над природой. Это были настойчивые призывы сделаться властелинами природы, главенствовать над ней.

В разное время эти и близкие к ним взгляды высказывали **философы** Г. Гегель, Б. Спиноза, Ф. Ницше, Р. Декарт и другие философы. Необходимость новых моральных принципов взаимодействия человека и природы, основанных на признании цивилизации восстанавливающей, а не эксплуатирующей, была обоснована во второй половине XIX века, русскими учеными А.Л. Чижевским, Н.Ф. Федоровым, В.С. Соловьёвым, Н.Г. Умновым, И.В. Кириевским. Главная идея их религиозно-философских мировоззрений – Человек и все, что его окружает, - это частицы единого, Космоса – отсюда это течение получило название *русского космизма*. По утверждению В.И. Вернадского, в сфере разума – ноосфере (новом этапе в истории биосферы), - должна господствовать гуманистическая мысль, а это предполагает, прежде всего гуманизацию социальных отношений, разумное и бережное отношение к природе и её ресурсам. Промежуточным этапом на пути формирования нового экологического сознания следует считать и такие известные *философские течения*, как «универсальная этика» (А. Швейцер, М. Ганди) и «биоцентризм». *Трактовка*: - Жизнь – это абсолютная ценность, все, что мешает

жизни, выступает как антиценность. Выдающийся мыслитель-гуманист А. Швейцер (1865-1965) отмечал: «Благодаря власти, которую мы приобрели над силами природы, мы освобождаемся от неё и ставим её себе на службу, но одновременно мы отрываемся от природы...». «Недостатком вех этических систем является полное исключение из них любых существ, отличных от человека. Эта идея была усилена христианством и поддержана философской и научной мыслью в Новое время. Даже мелькавшая у многих философов идея всеобщей одушевленности природы (гилоизм) уже была бессильной приблизить человека к первобытному синкретическому состоянию. Более того, можно думать, что даже античный гилоизм – это уже своего рода попытка человека (возможно подсознательная) приписать природе те или иные особенности своей физиологической организации, отдельные черты своей психики и чувственного аппарата.

Уже сегодня очевидно, что любые философские трактовки, социальные, религиозные и политические учения, игнорирующие факт органической зависимости человека и общества от природной среды, биосферы, неизбежно приобретают черты ущербности. То традиционное философское мировоззрение, которое захватило в свою орбиту значительную часть современной человеческой культуры и которое на протяжении долгих веков задавало нам определенную шкалу ценностей в системе общество-природа, не смогло защитить человечество от угрозы глобального экологического кризиса, и уже в этом видна его ущербность. Значит, мировоззрение это должно измениться. И, не может не измениться, если человечество как общество хочет выжить.

Вся сложная и противоречивая история развития мировоззренческих представлений о взаимодействии природы и общества (консерватизм, русский космизм, учение о ноосфере, универсальная этика и биоцентризм) свидетельствует о движении человечества к новому типу экологического сознания – экоцентризму, к пониманию необходимости коэволюции человека и биосферы. Под **«устойчивым развитием»** понимается такое развитие общества, которое обеспечивает удовлетворение потребностей настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Большинство вопросов, составляющих содержание экологической проблемы, возникали перед обществом в той или иной степени на протяжении всей истории. Экологическая проблема послужила основой для выдвижения идей альтернативного общественного развития, предполагающего радикальное изменение характера потребления, уровня и качества жизни людей, производства и технологий.

Поиски альтернативных путей развития, несомненно сопряжены с необходимостью переосмысления установившихся норм жизни, культурных традиций. Порою предлагаются крайние меры. Например, многие полагают, что только древние культуры Востока могут служить основой, образцом новой цивилизации. Конечно перенимать все ценное из культур различных времен необходимо, и это в принципе не вызывает сомнений. Но вряд ли путь «аналогий» только с древними культурами достаточен для создания общества альтернативного нынешнему.



Сама задача выбора альтернативной цивилизации человечества не может быть решена без научного анализа, что привело к возникновению новой науки – глобалистики, для изучения влияния сложных мировых (глобальных) проблем на общественное развитие. Вместе с этим, среди этих проблем загрязнения среды, истощения ресурсов, энергетики, народонаселения, развития науки и техники и образования, гонки вооружений, экологическая проблема является центральной.

Большой вклад в развитие глобалистики внесли представители так называемого «Римского клуба», созданного в 1968 году, по инициативе итальянского ученого и общественного деятеля Аурелио Печчеи, и объединившего известных ученых из многих стран, в том числе и из России. «Римский клуб» стал популярным в 1972 году, после публикации первого доклада «Пределы роста», целью которого явилось предостережение общества о необходимости выявления последствий существующих тенденций роста населения и производства, загрязнения, использования ресурсов, и выбора новой стратегии общества, которая помогла бы избежать экологической катастрофы. Из доклада следовал вывод, что пришел конец индустриальной эре и потребительскому образу жизни, ставшему человечеству привычным.

В чем же суть, нового положения человека в мире и какую новую роль оно предполагает? Другими словами появились предпосылки возникновения альтернативного «самоподдерживающегося» упорядоченного пути деятельности общества. Прежде всего, стала очевидной особая биосферная функция человека – спасение и сохранение биосферы. Для предотвращения нежелательных экологических последствий человечество должно перейти от стихийного развития к рациональному, или как отмечалось выше упорядоченному «самоподдерживающемуся», основанному на эволюционных законах природы и общества. Только в этом случае развитие общества может быть непрерывным и длительным, происходить без особых социальных потрясений и природных катастроф, спровоцированных человеком. Именно такой характер можно считать «устойчивым», но при этом необходима огромная созидательная работа, и должна существенно измениться сознание людей, их цели и нравственные ориентиры. Глобальный экологический кризис является прямым следствием неспособности человека подняться до уровня, соответствующего его новой могущественной роли в мире, осознать свои новые обязанности в нем. И не вызывает сомнений, что возможное решение этой задачи связано, прежде всего, с развитием подлинно человеческих качеств всех жителей нашей планеты.

Термин «устойчивое» (самоподдерживающееся) развитие общества, был впервые предложен при принятии Концепции развития в 1987 году, в Докладе Международной комиссии ООН, подготовленной представителями более 200 государств. В 1992 году, Конференция ООН по окружающей среде и развитию, проходившая в Рио-де-Жанейро, утвердила данную концепцию как руководство к действию для всех стран нашей планеты на XXI век. Устойчивое развитие в глобальной системе «общество-природа» означает соблюдение динамического равновесия в социоэкосистемах различного уровня. Как известно, компонентами социоэкосистем являются общество (социальные системы) и природная среда (эко- и геосистемы).

Динамическое равновесие социосистемы предполагает обязательное соблюдение определенного отношения между указанными системами в процессе их развития. Отсюда следует вывод: для непрерывного развития социосистем должны сохраняться не только вещественно-энергетический и информационный обмен системы со средой, но и внешние условия, обеспечивающие данный обмен. Человечество все больше понимает, что ресурсы биосферы и другие богатства Земли нельзя присваивать, не думая о возможностях природы, об интересах как ныне живущих, так и будущих поколений.

Контрольные вопросы:

1. В чем заключалась историческая трактовка философов, об обусловленности общественного бытия в сознании людей?
2. Суть положения выдвинутого философом-мыслителем Протагором?
3. С появлением какой веры в сознании людей укрепляется тезис: «Бог, а не человек – мера всех вещей».
4. Философы-сторонники «универсальной этики» и «биоцентризма» и их трактовка жизни
5. Охарактеризуйте основные этапы формирования нового экологического мировоззрения?
6. Возможно ли возникновение ноосферы в результате коэволюции между человеческим обществом и природной средой?
7. Наука – изучающая влияние сложных глобальных проблем на развитие общества?
8. Как понимать термин – самоподдерживающееся развитие общества, и где он был принят?
9. Почему для перехода к новому типу развития общества необходимо изменить человеческие качества отдельных индивидов?
10. Почему общество должно перейти от стихийного взаимодействия с природой к сознательно направляемому?

### **Экономический, социальный, экологический и другие аспекты феномена устойчивого развития**

Известно, что экономистами хорошо изучены процессы самовозрастания капитала в системах, где все производство, оказывается, подчинено интересам извлечения прибыли как главной цели. Над современным миром нависает угроза формирования всеохватывающего рынка, где господствует право сильного, а значит, неизбежно усугубляются проблемы бедности, безработицы, резкой диспропорции в развитии различных стран, осложняется переход к экологически безопасным технологиям. Так, спикер парламента Швеции Б.Даль, открыто заявляет, что рыночная экономика не сможет защитить интересы большинства людей и следующих за нами поколений. «Скоро нас будет десять миллиардов, - говорит Б.Даль, - нельзя, поэтому основывать выживание человечества на сегодняшних технологиях и неолиберальной рыночной экономике».

Экономика любой страны – эта большая система, в которой много отраслей и каждая из них что-то производит. Отдельное звено, как компонент системы может

существовать только потому, что получает что-то от других. Во всех экономических расчетах учитывается расход компонентов, необходимых для производства данного вида продукции, и затем с учетом цен и уровня зарплаты выбирается наиболее эффективный ее вид. Имеющиеся количества природных и людских ресурсов, уровень технических знаний, потребительские предпочтения определяют условия функционирования экономической системы. Исторически экономика развивалась относительно независимо от общеэкологических показателей чистоты среды. Однако общество всегда зависело от природных ресурсов и состояния биосферы. Экономика дальнейшего развития человечества должна обеспечивать удовлетворение потребностей настоящего времени, но при этом не ставить под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои способности. Таким образом, в экономическом отношении в *устойчивом* обществе потребление ресурсов и энергии должно осуществляться в соответствии со следующими **условиями**:

■ темпы потребления возобновимых ресурсов не должны превышать темпов их восстановления; темпы потребления невозобновимых ресурсов не должны превышать темпов разработки из возобновимой замены; интенсивность выбросов загрязняющих веществ не должна превышать возможности окружающей среды поглощать их.

Экономист не может изобрести новую технологию, но он может предсказать влияние изменений технологии на экологические последствия производства (уменьшение или увеличение загрязнения среды, использование природных ресурсов), руководители разных отраслей должны нести все расходы не только по используемым природным ресурсам, но и по устранению производимого ими загрязнения. Для экологизации экономики требуются изменения, как в отношении основных направлений общественного производства, так и в характере, культуре, потребления населения. Важнейшие экономические аспекты устойчивого развития общества:

- формирование правовых и организационных условий для рационального природопользования;
- создание научно-технического потенциала для перевода экономики на природосберегающую технологию;
- изменение общественного производства, его ориентация на увеличение доли продукции конечного потребления;
- создание замкнутых производственных циклов и минимизация производственных отходов;
- упорядочение системы учета производства продукции в целях более полного отражения в ней стоимости природных ресурсов.

В условиях устойчивого развития общества, важнейшей задачей, стоящей перед мировой экономикой, является определение способов включения экологических издержек в себестоимость производства продукции. Если в ценах на сырье продукцию не будут заложены социальные издержки и если не будет установлена стоимость используемого воздуха, то ресурсы и дальше будут использоваться нерационально, а степень загрязнения скорее всего будет возрастать. Устойчивое развитие социальных экосистем определяет возможность устойчивого общества, то есть такого общества, которое может существовать в

течение жизни многих поколений. Устойчивость общества основывается на четырех взаимозаменяемых столпах: народонаселение, производство, потребление и состояние биосферы.

В социальном отношении в устойчивом обществе численность населения, запасы капитала и технологии должны обеспечивать гарантированный уровень жизни для всех. В устойчивом обществе не может быть места несправедливому распределению. Нищета недопустима. **Во-первых**, нищета не может и не должна символизировать устойчивость. **Во-вторых**, общество при этом лишается возможности стабилизировать численность населения. Устойчивое общество по моральным и практическим причинам должно обеспечивать материальный достаток для всех.

*Устойчивый мир* не означает однообразный, застывший мир. Наоборот, разнообразие – причина и следствие устойчивости в природе. То же самое должно наблюдаться и в человеческом обществе. Культурное разнообразие и местная автономия в таком мире расширяются, а не подавляются. Другими словами, нет причин, по которым устойчивое общество должно быть недемократичным, скучным или однообразным. Чтобы обеспечить устойчивое будущее, потребуется изменить мировую экономику, демографическую политику, переосмыслить многие ценности и во многом отказаться от привычного образа жизни. Все это часто отождествляют или связывают с *экологической революцией*. Она действительно может встать в один ряд с аграрной и промышленной революциями, как одно из наиболее грандиозных социальных преобразований в истории человечества.

В отличие от аграрной революции, которая способствовала небывалому росту численности населения, цель экологической революции – восстановление равновесия между численностью населения Земли и природными ресурсами, между социально-экономическим и экологическим развитием. Обе предыдущие революции происходили в результате совершенствования технологий: появление земледелия привело к аграрной революции, а изобретение парового двигателя – к промышленной. Основной движущей силой экологической революции также станут преобразования в технике и экономике, обусловленные необходимостью использования информационных технологий и учета единства человека с многообразными факторами природы.

Экологическая революция должна идти более быстрыми темпами. Если аграрная революция началась 10 тысяч лет назад, а промышленная (в разных формах), по существу продолжается уже два столетия, то для экологической нам отпущено всего лишь несколько десятилетий. Революция в области сельского хозяйства измеряется исключительно ростом объема производства, избыток которых позволил земледельцам кормить горожан. Точно также промышленная революция измерялась увеличением объема производства сырья и промышленных товаров. Об успехе экологической революции можно будет судить по тому, в состоянии ли она обеспечить устойчивое развитие общества, характеризующегося стабильностью, здоровым образом жизни и улучшением условий существования как нынешних, так и будущих поколений людей.

*Концепция* устойчивого развития рассматривает в единстве экологические, экономические и многие другие социальные процессы. Эта концепция

основывается на возможности регулирования роста народонаселения, формирования разумной потребности у людей, экологической культуры и этики. На пороге XXI века человечество оказалось в условиях обострения проблем невиданного ранее масштаба и содержания, получивших название глобальных проблем современности. На фоне этих проблем стало реально осознаваться не только геофизическое единство Земли, но и необходимость единства культуры, систем ценностей нашей цивилизации.

Культура как способ адаптации и организации людей является важнейшим показателем их отношения друг к другу и к природному окружению. В зависимости от содержания и ориентации она может сближать и отчуждать народы. В наше время выживание человечества во многом зависит от становления единой мировой культуры (единого культурного пространства), сочетающего в себе самобытные национальные культуры с общечеловеческими ценностями. Сложнейшие проблемы современного мира с особой остротой ставят вопрос об интеллектуальных и гуманистических качествах личности. Становится очевидным, что формирование индивида должно происходить под влиянием как национальной, так и мировой культуры. Соответствие этим двум измерениям позволяет избежать односторонности во взаимоотношениях человека с **социальным** и природным окружением. Становление мировой культуры неправомерно отождествлять с европеизацией культуры. Ибо в нем аккумулируются общезначимые достижения всех культур народов мира при сохранении их относительной самостоятельности.

Единая культура человечества не заменяет культуры отдельных народов, а дополняет их, помогает им в решении сложных проблем современности. Другими словами, культура представляет не просто опыт жизнедеятельности людей на национальном уровне, а как многомерное явление, связанное с глобальными процессами. Фундаментом как национального, так и мирового развития должна стать гармония человека и природы. На смену прежним, ориентированным исключительно на развитие экономики, стратегиям, должна прийти стратегия, в центре которой находится человек. Современный образ жизни людей и их цели, сформировавшиеся в эпоху индустриального общества, должны подвергнуться коренным изменениям. Вот почему необходимо целенаправленно использовать не только культурные традиции, но и развивать, пропагандировать новую экологическую культуру.

Экологическая культура предстает как новый способ соединения человека с природой, примирения его с ней на основе более глубокого её познания. Важнейшим признаком экологической культуры является отказ от наивного автоцентризма и переход к системе взглядов, которая строится биосфероцентрически. Это значит, что теперь при решении любых проблем приоритет необходимо отдавать факторам природным, а не **социально-экономическим**. Конечной целью такого подхода все равно является человек, но не прямо, а опосредованно, через сохранение природной среды его существования. Мерой экологической культуры выступает экологическая этика. В экологической этике в сферу нравственных отношений, кроме традиционно рассматриваемых отношений «человек-человек», «человек-общество» включается также целый ряд сторон отношений «человек-природа». Основное свойство, присущее

экологической этике, связано с тем, что приоритетной в ней остается забота о природных условиях существования будущих поколений. Обращенность в будущее, которая предполагает и заботу о настоящем, отличает экологическую этику от традиционных направлений этики. Положения *экологической этики*, как одного из «феноменов» устойчивого развития уже сейчас позволяют предположить следующие **требования**:

- отказываться от любых действий, которые могут подрвать возможности существования будущих поколений;
- мера ответственности перед потомками должна быть приоритетной при принятии решений, касающихся состояния природной среды;
- недопустимо в интересах ныне живущих людей наносить ущерб интересам будущих поколений.

Вместе с тем, исследование опосредованного влияния состояния природной среды на политические процессы занимается *политическая экология*. Исторически *политика* в качестве своей главной цели преследовала создание благоприятных условий для реализации определенной власти. Экологические интересы общества в конечном итоге выступают основной причиной политических действий. Осуществление определенной политики немыслимо без соответствующей политической власти. Сюда входят государственный аппарат, политические партии, профсоюзы и другие общественные организации. *Политика* должна опираться на данные и положения науки, соответствовать высшим критериям нравственности. Сегодня стало очевидным, что она должна учитывать не только социальные, культурные, экономические запросы людей, но и их экологические потребности. Ведь если воздухом нельзя дышать, воду нельзя пить, а пищу нельзя есть, то все прочие политические проблемы теряют смысл.

**Политическая** экология придает особое значение демократизации общественной жизни и свободе слова, доступности всем достоверной экологической информации. Это принципиально необходимое условие решения экологической проблемы. Демократизация, отказ от административно-командных методов управления обществом, снятие всяких ограничений на информацию, касающуюся состояния природной среды, создают реальные предпосылки для выбора альтернативных путей преобразования природы, оптимального освоения её ресурсов. Истощение биосферных ресурсов, накопление многообразных типов загрязнений в природной среде и связанный с ним рост заболеваний и смертности поставили перед политиками проблему экологической безопасности отдельных государств и человечества в целом. Во многих странах мира концепцию национальной безопасности ныне рассматривают с обязательным учетом экологического фактора. Усугубление экологических противоречий на местах способствует повышению ответственности людей за будущее, содействует их участию в принятии политических решений. Конкретно это проявляется в формировании экологических движений и организаций. Они могут быть отнесены к альтернативным движениям, выступающим за поиск новых форм организации человека. В последние десятилетия экологические движения оказали значительное влияние на политику отдельных стран. Многие традиционные партии переняли лозунги «зеленых». Составной частью национальной и мировой политики стал вопрос обеспечения **экологической безопасности**.

Контрольные вопросы:

1. В чем выражается глубинная связь экологии и экономики?
2. Обоснуйте положение: экологизированная экономика – основа устойчивого развития общества?
3. Какова основная цель концепции устойчивого развития общества?
4. Требования экологической этики, предъявляемые к каждому человеку?
5. Механизмы взаимовлияния экологии и политики?
6. Что объединяет экологические партии отдельных стран?
7. Важнейший признак экологической культуры?

### **Взаимоотношения общества и природы в различные периоды развития цивилизации**

**Окружающая среда** – это место нашей жизни, а развитие – это наши действия по улучшению нашего благосостояния в ней. Оба эти понятия неразделимы. **Происхождение и становление человека** – одно из звеньев единой цепи эволюции разных групп растений и животных, которые начали завоевывать открытые пространства – открытые ландшафты. Так, в первый период аридизации (осушения), наряду с обычными (лесными) человекообразными обезьянами появились иные, более развитые саванно-степные формы – австралопитеки (рис. 1). Из преимущественно растительноядных, какими были обычные человекообразные обезьяны, австралопитеки становились потребителями самих растительноядных, то есть перешли в разряд хищников. Позднее еще более мощная аридизация и похолодание не требовали дальнейшей адаптации к открытым пространствам: постоянное использование нетрадиционной пищи, прежде всего, мясной, требует ловкости в движениях, быстрых перемещений, и самое главное использование орудий, для сбора плодов и ягод, охоты и разделки туш. В этих условиях более приспособленным, нежели австралопитек, оказался *Homo habilis* – человек умелый. Освобождение передней конечности от функции передвижения привело к развитию новой морфологической адаптации – руки с противопоставленным большим пальцем, что усилило хватательную функцию руки. С точки зрения оптимального удовлетворения пищевыми ресурсами человек всегда являлся, условно говоря, существом открытых пространств.

**Человек** – биологический вид, который наиболее полно использует природную среду в своей жизнедеятельности. При этом человек не только улучшает условия жизни, но и самого себя как природное и социальное существо. В этой связи, рассмотрим характерные особенности взаимодействия общества и природы в различные периоды. В истории взаимодействия общества с природой можно выделить ряд особых периодов.



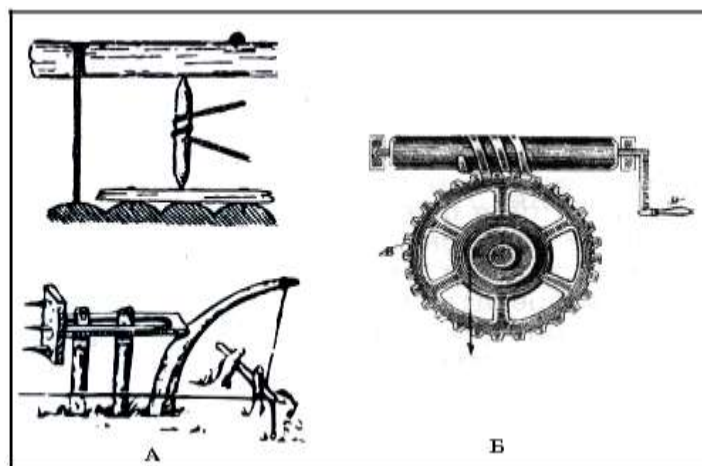
Рисунок 1 – Австралопитек развитый

Мы хорошо знаем, что существование любого типа общества обусловлено исторически. Никакое общество не появляется вдруг. Существует исторический процесс, приводящий общество к тому состоянию, в котором мы его находим. С другой стороны, столь же несомненным представляется тезис, что существование общества обусловлено окружающей средой, обусловлено экологически. Нельзя себе представить общество вне биосферы. И дело здесь не просто в необходимости выделения определенной части пространства для проявления социальной жизни.

Человек, в борьбе за своё существование обобщал удачные способы хозяйствования, и изготовления тех или иных орудий, добычи огня, охоты и труда. Приобретенные навыки и умения передавались из поколения в поколение, создавая предпосылку развитию техники. Существенные сдвиги в развитии у древних людей способности к созиданию происходили в трудные геологические эпохи, когда отдельные ветви наших предков оказывались на грани вымирания. Лишь благодаря техническому освоению природы человеку удавалось в таких случаях спастись от гибели.

Создание, производства разнообразных орудий труда присуще только человеку (рис. 2). Благодаря созданию и производству разнообразных орудий труда, человек выделился из животного мира, и начал творить новую реальность – техносферу (мир техники), положил начало отсчету нового социального времени. Общество в целом, как часть биосферы и как социальный организм, тоже нуждается в равновесии с окружающей природной средой. Так, бережное отношение к земле, лесу, водным источникам регулировалось написанными законами.





А – самострел; Б – зубчатка Архимеда.

Рисунок 2 – Первобытные орудия и технические устройства, используемые человеком в разные исторические эпохи, для бытия

Правила рационального природопользования нарабатывались вековой мудростью народа, органически связанного с естественными циклами биосферных явлений, с законами, по которым жила сама природа. Чтобы добиться успеха в своем хозяйстве, крестьянин должен быть предельно внимательным к особенностям природных процессов, учитывая естественный порядок вещей. Так, например, сенокосная пора начиналась лишь после того, как пчелами были использованы основные медоносы. По православному календарю этот момент приходился на Петров день. После этого и начинали косить. Язычество, многие мотивы которого упорно сохранялись в русском православии, явилось основой формирования экологической культуры, без которой грамотное ведение хозяйства на земле было просто невыносимым. Так, в отличие от многих агрономов, крестьянин хорошо знал, что срок внесения навоза под пары приходился на Троицу и что под овощные культуры лучше всего использовать конский навоз, который следует вносить перед их посадкой. На селе знали 20 способов обработки навоза и применяли их в зависимости от состава и структуры почв на земельных участках. В рамках крестьянской общины все эти *экологические* знания стали основой и средством развития коллективного опыта *землепользования*. В ходе развития технического освоения природы достижение той или иной производственной цели было возможным лишь на основе коллективных усилий. Люди вступали между собой в определенные отношения, и только тогда имело место производство. В этом смысле история технического освоения природы суть не только история техники и технологии производства, но и история становления цивилизации. Человек для освоения природы не может изменить её законы. Однако он способен изменить связи между ними, создать необходимые условия для проявления тех или иных законов.

Определение связей между различными явлениями природы, которая способна ограничить или соответствующим образом направить действие тех или иных законов, составляет суть технического освоения природы, в рамках хозяйственной деятельности человека. Техника и наука продолжительное время развивались независимо друг от друга.

В эпоху Возрождения об этом писал великий художник, инженер и ученый Леонардо да Винчи: «Увлекающийся практикой без науки – словно кормчий, входящий в корабль без руля и компаса». Однако поведение общества определяется не генетическими, а социальными программами, так что исторический процесс рано или поздно приводит к возникновению и нарастанию дисбаланса с природной средой даже в условиях относительной стабильности последней. Иного выбора нет: либо человечество найдет новые пути развития, либо последние десятилетия его существования как развитой цивилизации, возможно и как биологического вида, уже сочтены. Это не преувеличение. Например, все чаще наблюдаются симптомы невыполнения условий так называемого принципа Ле Шателье-Брауна. Известно, что окружающая среда не существует в изоляции от производственной деятельности человечества, выраженной в нуждах и желаниях людей. И попытки защитить ее, не принимая во внимание характер человеческих потребностей, особенностей их удовлетворения, привели к тому, что к этим попыткам стали относиться как чему-то иллюзорному, наивному.

Использование научных идей и открытий в процессе хозяйственной деятельности и технического освоения природы представляет собой выдающийся **феномен**. Если человек еще мог методом «проб и ошибок» оперировать механическими, тепловыми, отчасти химическими явлениями и процессами, изобретать на этой основе различные устройства, то без науки было бы принципиально невозможно освоить электричество, ядерную энергию, информационные процессы, космос, глубины Мирового океана.

В наше время, ученые создали ряд моделей мирового развития, и техническое развитие достигло сейчас той меры, за которой должно следовать его новое качественное состояние. Выяснилось, что в пределах биосферы существуют ограничения на производство энергии, увеличения концентрации двуокиси углерода, сернистого ангидрида, окислов азота и других газов в атмосфере, использование кислорода и т. д. Такие «барьеры» обусловлены недопустимостью нарушения определенного интервала изменений температуры, давления, радиации, состава земной природной среды. И если в прошлом развитие техники ограничивалось возможностями человека, то теперь оно сталкивается с качественно определенной мерой биосферных явлений. Развитие техники и вместе с тем хозяйственной деятельности общества должно направляться с учетом этого обстоятельства. В противном случае, в биосфере могут произойти такие изменения, которые сделают ее непригодной для жизни человека. При бесконтрольном развитии техники невозможны подчинение технического прогресса интересам человека, проведение определенной технической политики. В современных условиях возникает потребность в разработке и принятии в международном масштабе принципов позволяющих управлять развитием техники на глобальном уровне. **Техника** является неотъемлемым звеном **во взаимодействии общества и природы**. Сущность технического освоения природы заключается в том, что человек своей изобретательностью противопоставляет, комбинирует силы природы и тем самым реализует свою цель. Могущество современного человека определяется его технической вооруженностью. Современная техника базируется на достижениях науки. В

ограниченных пределах Земли техническое развитие должно учитывать возможности биосферы, чтобы не нарушились её важнейшие функции. Для этого современная техника для осуществления хозяйственной деятельности человека должна развиваться с учетом меры биосферных явлений. Рассмотрим аспекты взаимодействия общества и природы исходя из исторических этапов взаимодействия через призму хозяйственной деятельности человека. В истории взаимодействия общества с природой можно выделить ряд особых периодов.

**I – БИОГЕННЫЙ ПЕРИОД**  
**II – АГРАРНЫЙ ПЕРИОД**  
**III – ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПЕРИОД**  
**IV- ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРИОД**

**I – БИОГЕННЫЙ ПЕРИОД.** Техническое освоение природы человеком начиналось с присвоения ее готовых плодов. При собирании диких плодов, съедобных трав, во время охоты человек вначале пользовался попавшими ему под руку готовыми природными предметами, которые после разового применения выбрасывались. Однако даже там, где готовые предметы надо было найти, от индивида требовалось напряжение сил, труда, развитие известных способностей. Во время охоты человек научился устраивать западню, применять разнообразные ловушки. Эффективность охоты значительно возросла, когда люди стали пользоваться орудиями, изготовленными заранее, в частности изобретение метательного оружия (копье, лук), было подлинной революцией.

Первый период, охватывает так называемую эпоху **палеолита**, когда существовал примитивный первобытнообщинный уклад жизни. Часто данный период характеризуют как **биогенный**, или адаптационный, из-за того, что человек в это историческое время был преимущественно растворен в природе; основу его жизнедеятельности составляли собирательство и охота. Точную дату начала этого периода однозначно назвать трудно. По существу он совпадает с появлением человека как особого вида. По мере развития археологических исследований эта граница отодвигается все дальше вглубь веков. Во всяком случае, можно сказать, что палеолит охватывал не менее 2 миллионов лет и был самым длительным во взаимоотношении человека и природы. Воздействие человека на природную среду, биосферу начало сказываться уже с этих пор. Оно проявлялось в основном в изменении растительного покрова и истреблении отдельных видов животных.

Установлено, что в эпоху **палеолита** люди полностью **уничтожили** отдельных крупных травоядных животных (мамонта, гигантских оленей, шерстистых носорогов), продукты охоты на которых были главным источником питания и основным сырьем в хозяйственной деятельности. Именно охота – ей не менее 30 тысяч лет, была главным источником пищи и одежды. Скотоводством человек начал заниматься лишь 10 тысяч лет назад. Одомашнивание крупного рогатого скота первоначально имело религиозную мотивацию, а не диктовалось потребностями в мясе или тягловой силе. В некоторых регионах, несмотря на разнообразие диких млекопитающих, эта практика началась довольно поздно – так, на Африканский континент скотоводство пришло около 3 тысяч лет назад. До

этого момента единственным домашним животным в Африке была цесарка. В настоящее время около 40% скотоводческого населения мира живет в Африке.

**Скотоводство и земледелие** не вытесняли охотничий промысел. Известно, например, что племена, занимающиеся подсечно-огневым земледелием, как правило, продолжают сильно зависеть от охоты по причине невысокой эффективности этого типа земледелия. Современное население Ганы, в частности, пополняет свой рацион грызунами и зайцеобразными. Приматами всех видов, и даже такими беспозвоночными, как термиты и личинки жуков, некоторые виды сухопутных моллюсков. Среди различных промыслов рыбный промысел поначалу занимал весьма скромное место. Но по мере совершенствования орудий лова рыба стала играть важную роль в рационе питания, особенно у народов, живущих по берегам крупных озер, рек или на морских побережьях. У народов Севера с его бедной фауной рыбный промысел до сих пор относится к традиционно важнейшим видам хозяйства. Население современной Нигерии большую часть (около 60%) своих потребностей в животном белке покрывает за счет рыбы. За счет же домашних животных покрывается лишь 21% потребностей. Оставшиеся, 19% включают в себя диких мелких животных. В ближайшей перспективе рыборазведение во внутренних водоемах может стать важным источником получения рыбной продукции. Дополнение рыбного промысла рыбным хозяйством, то есть системой мероприятий по искусственному разведению и воспроизводству рыбных ресурсов, неизбежно в связи с падением рыбопродуктивности во многих водоемах, и исчерпанием возможности промысла в Мировом океане.

**Первые** природоохранные акты на Руси известны с IX-XII веков – это свод законов Ярослава Мудрого «Русская правда», в которых были установлены правила охраны охотничьих и бортничьих угодий. В XIV-XVII веках, на южных границах Русского государства существовали «засечные леса», своеобразные охраняемые территории, на которых были запрещены хозяйственные рубки.

**II – АГРАРНЫЙ ПЕРИОД.** К аграрному, периоду относится время с начала неолита, то есть освоения человеком культурного землепользования (VIII – VII века до нашей эры), до становления широкого промышленного производства, начало которого можно отнести XVII века нашей эры. В социально-экономическом отношении – это период рабовладельческого и феодального общества. Начиная с эпохи неолита, с развитием земледелия и скотоводства общество стало оказывать сильное воздействие на биосферу вследствие заметного уменьшения площади зеленого покрова планеты. В результате вырубки лесов, распашки лугов и выпаса домашнего скота огромные территории в различных регионах нашей планеты постепенно превратились в песчаные пустыни и скалистые горы.

Как показывают археологические и палеонтологические исследования, в таких сегодня безлюдных пустынях, как Гоби, Каракумы, Кызылкумы, Сахара, когда-то процветала жизнь древних цивилизаций. С **аграрного** периода собственно и начинается техногенная эпоха в истории, то есть человек стал активно преобразовывать биосферу, целенаправленно использовать закономерности природы для достижения своих целей. И не случайно, поэтому говорят о технологии земледелия, технологии скотоводства. В этот период появляются

первые мифологические объяснения окружающего мира, утверждаются определенные нравственные каноны. И в зависимости от того, что считается добром и злом, полезным и бесполезным, прекрасным и безобразным, формируется соответствующая оценка человеческой деятельности.

Конец **аграрного** периода характеризовался развитием мореходства, открытием Нового Света и островов Тихого океана, проникновением европейцев в Индию и Китай, в Африку и Центральную Азию, на Восток Сибири. Все это коренным образом изменило представление о природе Земли, о ее лесных водных, земельных минеральных богатствах, раскрыло новые возможности их использования. Однако развитие мореходства способствовало расширению морского промысла, прежде всего добыче китов и других морских животных. В результате стадо морских млекопитающих начало заметно сокращаться. Вместе с тем для строительства одного крупного парусного корабля требовалось до 400 вековых дубов. «Непобедимая армада» стоила Испании более полумиллиона отборных деревьев, вырубка которых на полусклонах гор активизировала эрозионные процессы и привела к неблагоприятным изменениям ландшафта. Появление **земледелия и скотоводства** значительно расширило область взаимодействия общества и природы. Оно привело к подлинной революции в жизни древних людей, ознаменовало переход от **палеолита к неолиту**, начался процесс активного **преобразования окружающей природы**, более разнообразного использования ее ресурсов.

**III – ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ ПЕРИОД.** Третий, индустриальный, период в истории взаимодействия общества и природы явился кульминацией техногенной эпохи. Он охватывает время с XVII века до середины XX века. По мере развития промышленности воздействие общества на природную среду приобрело совершенно новые черты. Бурно развиваются горнодобывающие отрасли и металлургия. Многократно повышается выработка энергии за счет сжигания горючих ресурсов, качественно изменяется химическое воздействие человека на биосферу вследствие синтеза новых веществ, рассеивания загрязнений на огромные территории и химизации сельского хозяйства. На первых порах экосистемы биосферы, благодаря естественным процессам саморегуляции, в основном справлялись с этими воздействиями. Но по мере возрастания масштабов и темпов производственной деятельности возможности самовосстановления экосистем оказались исчерпанными. Стали наблюдаться заметные изменения в биологических, химических, физических показателях биосферы. Загрязнение природной среды – химическое, физическое, биологическое – изменяет установившееся в течение длительной эволюции ее качества и приводит к ухудшению здоровья человека. Еще в древности понимали, что здоровье человека зависит от выразительности и целостности природного ландшафта. Психоэмоциональное восприятие природной среды оказывает влияние на состояние всего организма. Существует точка зрения о том, что картины природы, виды ландшафта порождают особенные эстетические впечатления вследствие того, что они как-то связаны с врожденными реакциями людей. Специалисты установили, что открытые хорошо просматриваемые пространства с естественно размещенными по площади деревьями разных возрастов, с яркой окраской листвы, четкими панорамами ближнего и дальнего плана активизируют деятельность

человека. Успокаивающими свойствами обладают закрытые, с небольшой глубиной просматриваемости, ландшафты с равномерно разнообразным размещением деревьев успокаивающего монотонного силуэта и зеленовато-серебристых оттенков листвы. Развитие **индустриализации** привело к смене оценок тех или иных ландшафтов, которые в настоящее время используются для производственных нужд народного хозяйства, и осваиваются в основном для индустриализации и транспортных коммуникаций и в малой мере для заселения. Таким образом, ландшафты, сформированные под влиянием деятельности человека, приобрели **топотрофный** характер. Образ унылых, прокопченных производственных ландшафтов стал стереотипом восприятия города. Человеку же необходим звуковой ландшафт природы так, же как чистый воздух, как зелень деревьев, как солнце над головой. Возникает **ситуация**, при которой дальнейшее развитие производства становится невозможным из-за, загрязнения земель и истощения природной среды. Загрязнение почвенного покрова ТБО (твердыми бытовыми отходами), проще говоря, мусором, издавна является неизменным спутником развития человеческой цивилизации. В 1348-1350 годах, бытовые отходы стали причиной самой страшной за все годы истории эпидемии чумы «черной смерти», уничтожившей треть населения на огромной территории от Исландии до Индии. В XXI и особенно в XX веке в связи с быстрым промышленным ростом и урбанизацией росло и «производство» мусора. Установлено, что объем промышленных и коммунально-бытовых отходов растет в 10 раз быстрее, чем увеличивается народонаселение планеты. Накапливающийся на свалках бытовой и промышленный мусор, не просто **портят** ландшафт и изымают из хозяйственного оборота значительные земельные ресурсы, но и приводят к деградации почв, и накоплению в них вредных химических веществ, которые в процессе инфильтрации отравляют также грунтовые воды.

**IV - ИНФОРМАЦИОННО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРИОД.** В настоящее время наметился переход от индустриального к информационному (постиндустриальному) периоду во взаимодействии общества и природы. Этот период характеризуется осознанием ограниченности ресурсов планеты, возможностей биосферы компенсировать многочисленные нарушения в ее экосистемах. Вместе с тем высокий уровень развития науки и техники позволяет сейчас в принципе развивать технику и технологию производства на альтернативной, безвредной для биосферы, основе. В целом от исхода этого периода зависит будущее человечества.

Информатика (от французского *information* – информация, и *automatique* – автоматика) – область научно-технической деятельности, занимающаяся изучением особенностей получения и созданием технологии передачи, обработки, хранения информации (информационных технологий). Под **информацией** обычно понимают:

- сведения о чем-либо;
- сообщение, уменьшающее неопределенность;
- знание, необходимое для принятия решения или управления какими-то процессами;
- разнообразие рассматриваемой системы;
- разнообразие, отраженное в другом объекте.

Информация наряду с веществом и энергией носит всеобщий характер. Экологическая проблема соответственно имеет существенный информационный аспект. Сюда входит обширный круг вопросов:

- изучение информационных последствий преобразования природной среды, нарушений информационной причинности в явлениях и процессах биосферы (рисунок 3)
- получение информации о состоянии природной среды, антропогенных воздействиях на нее, загрязнении среды, истощении ресурсов;
- поиски новой научной и технологической информации для обеспечения устойчивого развития общества и других.

Перечисленные вопросы в целом определяют предметное поле экологической информатики. В экоинформатике различают геоинформатику и социоэкоинформатику. Геоэкоинформатика осуществляет информационное обеспечение биосферных и экологических исследований в целях рационализации природопользования и контроля, за состоянием природной среды. В настоящее время подавляющий объем биосферной информации поставляется искусственными спутниками Земли. Спутниковая информация должна использоваться в сочетании с наземными наблюдениями. Для развития наземного излучения очень важны стационарные и экспедиционные исследования. Следует иметь систему национального мониторинга – специальную информационную систему наблюдений, анализа и прогноза состояния природной среды на территории всей страны. На глобальном уровне контроль за состоянием природной среды осуществляется структурами ООН. В соответствии с программой ООН по окружающей среде – ЮНЕП – определились три основных подразделения – Глобальная система мониторинга окружающей среды (ГММОС), Международный регистр потенциально токсичных химических веществ (МРПТХВ) и Международная система информации по окружающей среде – **ИНФОТЕРРА**. Содержание и форма экологического взаимодействия общества с природной средой в значительной степени определяются достигнутым уровнем знаний о природе и путях их практического использования. В общей сложности все это составляет содержание социоэкоинформатики, куда очевидно, входят и проблемы развития научной информации. Разнообразные знания в совокупности составляют развивающуюся систему информации, в которой аккумулируются исторический опыт человечества и результаты развития науки и техники. За счет бурного развития науки общий объем этой информации непрерывно увеличивается. Однако в то же время возрастают принципиальные трудности в получении новой информации. Они прежде всего обусловлены ограниченным характером естественных возможностей человека по восприятию и переработке большого количества информации; ограничениями, накладываемыми земными условиями на получение информации о микро- и мегамире. В частности, фундаментальные достижения в области физики элементарных частиц ныне немислимы без гигантских ускорителей элементарных частиц, в астрофизике – без мощных радио- и оптических телескопов.

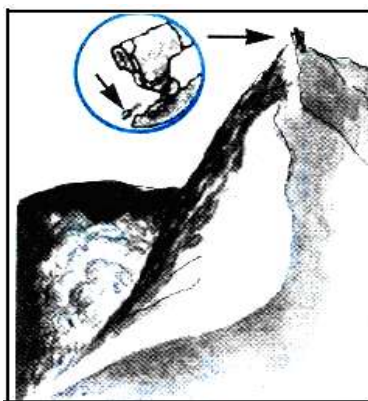


Рисунок 3 – Символ информационной причинности.  
*Эффект не пропорционален затраченным усилиям*

Более того, несмотря на развитие техники научных экспериментов, ведение многих исследований в условиях Земли оказывается невозможным. Возникает необходимость разворачивания сети научных лабораторий в условиях космоса. Число научных работников, рост расходов на науку в XX столетии росли по **экспоненциальной кривой**. Это служит проявлением возрастающего значения науки в жизни общества. Однако данная кривая отражает и нарастание объективных трудностей получения новой информации, на что обычно обращается мало внимания. Выходом из данной ситуации является широкая информатизация научной деятельности, внедрение информационных технологий во все этапы научного поиска. Без электронно-вычислительных машин, компьютеров уже давно немыслимы многие направления науки, например физика элементарных частиц, космические исследования. Осознание значения информации в решении современных проблем научного и социального развития привело к понятию **постиндустриального, информационного общества**. Информация и знание становятся стратегическими ресурсами и влекут за собой значительные социальные изменения в обществе.

Если в **аграрном** обществе экономическая деятельность связана с производством достаточного количества продуктов питания, а ограничивающим фактором служило наличие хорошей земли, в **индустриальном** обществе – производство товаров, а ограничивающим фактором – капитал, то в **информационном** обществе экономическая деятельность – это главным образом получение и применение информации с целью повышения эффективности других форм производства и качества жизни людей. **Ограничивающим фактором** здесь является наличное знание. С массовым внедрением информационных технологий возможен реальный переход от экстенсивного к интенсивному типу взаимодействия общества с природой. При этом предполагается эффективное использование вовлеченных в общественное производство ресурсов природы, создание менее энерго- и металлоемкой техники, альтернативных технологий, значительное уменьшение отходов и загрязнений среды. Современное получение нужной геоэкоинформации позволит расширить функции экологического мониторинга вплоть до его превращения в экологическую службу, включающую систему наблюдения, анализа и прогноза не только состояния биосферы, но и использования возобновимых ресурсов.



Все это, несомненно, обеспечит безопасное развитие общества, повысит уровень и качество жизни людей. Информационное общество в таком случае, по существу, приобретает черты **информационно-экологического** общества. Информатизация видоизменяет не только социальные, культурные и экономические, но и экологические предпосылки существования общества. Стремительное внедрение информационных технологий в различные сферы человеческой деятельности обусловило переход к интенсивному типу освоения природы. Это позволяет делать вывод о начале эпохи **информационно-экологического общества**. Информационный фактор в экологии имеет относительно самостоятельное значение, и без эффективной системы получения разнообразной информации бессмысленно говорить о возможностях разрешения экологических противоречий современного общества. Информационная сфера – область деятельности, где только и можно разорвать замкнутый круг экологических противоречий.

Контрольные вопросы:

1. Какие резкие изменения в природе Земли повлияли на процессы становления человека?
2. Чем обусловлено появление первых технических орудий хозяйственной деятельности человека, и время их возникновения?
3. Законы, определившие правила рационального землепользования во времена язычества?
4. Какое влияние оказывает наука на развитие техники?
5. В связи, с чем возникли ограничения на развитие техники?
6. Что послужило основой выделения особых периодов во взаимодействии общества и природы?
7. Почему последствия взаимодействия общества и природы в XX веке, приобрели глобальный характер?
8. Суть экологического подхода к взаимодействию общества и природы?
9. Почему информационное общество постепенно приобретает признаки экологического общества?
10. Связь между получением новых научных и технологических знаний и решением экологической проблемы?

## Глава 2

### ГОМЕОСТАЗ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАЗЛИЧНОГО РАНГА ИХ УСТОЙЧИВОСТЬ К ВНЕШНИМ ВОЗМУЩЕНИЯМ

#### Устойчивость биологических систем на уровне видовых популяций

Основной труд Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или «Сохранение благоприятствующих пород в борьбе корне изменивший представления о живой природе», появился в 1859 году. В основе эволюционной теории Ч. Дарвина лежит представление о виде. Вид – совокупность особей, сходных по строению, имеющих общее происхождение, свободно скрещивающихся между собой и дающих плодовитое потомство. Особи любого

вида распределены внутри видového ареала неравномерно. Особи вида распределены в пределах ареала неравномерно. Участки территории с относительно высокой плотностью населения чередуются с участками, где численность вида низкая или особи данного вида совсем отсутствуют, поэтому вид рассматривается как совокупность отдельных групп организмов – **популяций**. Все эти центры плотности населения вида будут, как правило, популяциями (рисунок 4).

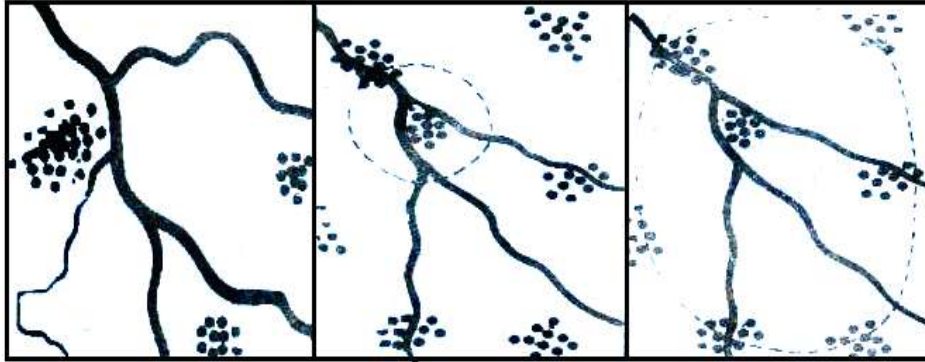


Рисунок 4 – Различные центры плотности населения вида.  
Скопление точек означают популяции вида.

Термин «**популяция**» перенесен в биологию из демографии, где он означает народ, население (от латинского – *populus*). **Популяция** – это совокупность особей определенного вида, занимающих определенный участок территории внутри ареала вида, и свободно скрещивающихся между собой, частично или полностью изолированных от других популяций, и функционирующих как часть природного сообщества.

В чем же главная функция популяции? Только популяция может неустанно воспроизводить новые поколения вида в условиях конкретной экосистемы. Сложность представления о популяции определяется двойственностью её положения в рядах иерархически соподчиненных биологических систем, отражающих различные уровни организации живой материи (рис. 5). С одной стороны, популяция включается в генетико-эволюционный ряд, отражающий филогенетические связи таксонов разного уровня как результат эволюции разных форм жизни:

организм → **популяция** → **вид** → род → ... → царство

в этом структурно-эволюционном ряду популяция выступает как форма существования вида, и её основная функция заключается в обеспечении устойчивого выживания и воспроизведения вида в конкретных условиях. В этом аспекте наиболее значимые свойства популяции характеризуются её генетической спецификой: общность и специфичность генофонда определяют адаптированность всех особей и популяции в целом к конкретным условиям среды. В то же время определенный уровень генетической гетерогенности особей в популяции предоставляет материал для микроэволюционного процесса в условиях меняющейся среды или возникающей по тем или иным причинам изоляции. В этом случае популяция выступает не только как форма существования вида, но и как элементарная единица его эволюционного преобразования.

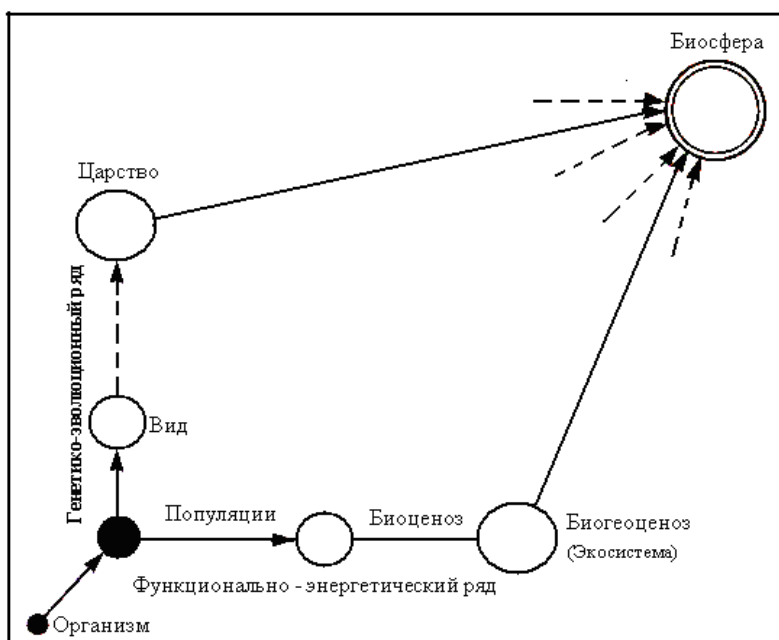


Рисунок 5 – Положение популяции в структуре биологических систем (по И.А. Шилову, 1988)

Разнообразие же видов в природном сообществе экосистемы представлено их популяциями. Реально вид существует в виде популяции. Генофонд вида представлен генофондами популяций. Особи разного пола популяций одного вида находят друг друга, а особи близких видов репродуктивно изолированы и не могут скрещиваться между собой. Так, человеку трудно отличить малую чайку от обыкновенной, птицы же в естественных условиях ошибаются очень редко. Два очень близких вида чаек (обыкновенная и малая) не скрещиваются между собой из-за различий в брачном поведении. Ритуальные крики и позы позволяют чайкам опознавать друг друга, несмотря на то, что они обитают на одних и тех же территориях. Так, приняв определенную позу, самец обыкновенной чайки издает характерный крик, свойственный только этому виду. При приближении самки он замирает, глядя перед собой. Если самка принадлежит к его виду, то и она принимает ту же позу. Затем оба резко выпрямляются и отворачиваются друг от друга. Самцы малой чайки приветствуют самок, принимая вертикальную позу, затем оба слегка покачивают головами. Такой ритуал, повторенный несколько раз, обычно завершается спариванием. Строго говоря, в природном сообществе взаимоотношения складываются не на уровне видов, потому что их представители могут обитать не только в данной конкретной экосистеме, и не на уровне особи, так как связи в основном пищевые (лисица съела зайца), а потому являются кратковременными.

Для популяции характерны как основные признаки вида, так и некоторые особенности в местообитании и строении особей, а также свободное скрещивание. Таким образом, популяция – это **элементарная единица эволюции**. Популяция – именно та «ячейка» биоты, которая является основой ее существования: в ней происходит самовоспроизводство живого вещества, она обеспечивает выживание вида благодаря наследственности адаптационных качеств, она дает начало новым

популяциям и процессам видообразования, является элементарной единицей эволюции, тогда как вид есть его **качественный** этап.

Важнейшими являются **количественные** характеристики, которые позволяют решить большинство проблем качественного характера. Выделяют две группы количественных показателей – статистические и динамические. Статистические показатели характеризуют состояние популяции на данный момент времени, а взаимодействия в природном сообществе протекают на уровне популяций. К статистическим показателям популяций относятся их численность, плотность и показатели структуры. Каждая популяция имеет определенное строение – **структуру**. Структура (латинское *structura* – расположение, порядок) – совокупность устойчивых связей объекта, обеспечивающих его целостность.

**Структура** популяции проявляется в определенном количественном соотношении особей разного возраста, пола и размера, и различается как половая, возрастная, размерная и генетическая. Показатели структуры:

- половой – соотношение полов,
- размерный – соотношение количества особей различных размеров,
- возрастной – соотношение количества особей различного возраста в популяции.

**Численность** тех или животных определяется различными методами. Например, подсчетом с самолета или вертолета при облетах территории. Численность гидробионтов определяют путем отлавливания их сетями (рыбы), для микроскопических (фитопланктон, зоопланктон) применяют специальные мерные емкости. Численность человеческой популяции определяется путем переписи населения всего государства, его административных подразделений. Знание численности и структуры населения (этнической, профессиональной, возрастной, половой) имеет большое экономическое и экологическое значение.

**Плотность** популяции определяется без учета неравномерности распределения особей на площади или в объеме, то есть получаем среднюю плотность животных, деревьев, людского населения на единицу площади или микроскопических водорослей в единице объема. Каждое животное соблюдает баланс энергии, затрачиваемой на охрану территории, добывание пищи и получаемой от съедания пищи. При уменьшении корма животные расширяют свою территорию (а человек, например, «поднимает целину»). Такое поведение животных называют **территориальным поведением**.

Чем крупнее животное, тем больше размеры тела особи, тем меньше плотность популяции. Территориальные границы могут быть весьма подвижны. Достаточно надежно определяются границы у немигрирующих животных (грызуны, моллюски), которые создают так называемые локальные популяции. У подвижных – границы трудно определить – например у лося, а тем более у птиц, которые легко мигрируют и расселяются на больших территориях. Ограничивают возможность расселения как биотические, так и абиотические факторы. Из биотических факторов среды, такими являются прежде всего пресс хищников и конкурентов, нехватка пищевых ресурсов, а влияние абиотических – определяется толерантностью популяции к факторам среды. Важнейшим условием существования популяции или ее экотипа является их **толерантность** к факторам (условиям) среды. Толерантность у разных особей и к разным частям спектра

разная, поэтому толерантность популяции значительно шире, чем у отдельных особей. Итак, свойства популяции уже значительно отличаются от свойств особей, что особенно наглядно проявляется в динамике популяций, что будет далее рассмотрено.

**В популяции** любого вида растений или животных обнаруживаются разные возрастные группы особей. Условно в популяции можно выделить три экологические группы:

1. Пререпродуктивная – группа особей, возраст которых не достиг способности воспроизведения;
2. Репродуктивная – группа, производящая новые особи;
3. Пострепродуктивная – особи утратившие способность участвовать в воспроизведении новых поколений.

Длительность этих возрастов по отношению к общей продолжительности жизни сильно варьирует разных организмов. У современного человека эти три возраста приблизительно одинаковы, на каждый из них приходится около трети жизни.

**Рождаемость** – число рождений в единицу времени – величина не постоянная и изменяется в зависимости от размера и возраста особей в популяции, а также от условий среды. При повышении рождаемости возрастает число особей на единицу площади, то есть возрастает плотность, что ведет к обострению конкуренции между особями из-за территории, из-за самок, из-за пищи, так как агрессивные формы отношений начинают преобладать над отношениями общения. Возникает обстановка стресса, угнетения, что может увеличить смертность особей в популяции или заблокировать поступление в кровь половых гормонов.

**Смертность** отражает гибель особей в популяции в данный период, или число смертей в единицу времени. Даже в идеальных условиях особи будут умирать от старости. При повышении смертности численность популяции сокращается, и тогда включаются механизмы, стимулирующие размножение; снижается стресс, повышается уровень половых гормонов, увеличивается рождаемость. Для оценки состояния и перспектив развития популяции составляются таблицы выживания. В них представлены важнейшие статистические данные: доля особей, доживающих до определенного возраста, плодовитость каждого возраста. По этим данным можно вычислить ожидаемое число потомков и вероятную продолжительность жизни для особей каждого возраста, скорость размножения и мгновенную удельную скорость популяции.

**Выживаемость** – средняя для популяции вероятность сохранения особей каждого поколения за определенный промежуток времени. Каждый вид имеет свою, только ему свойственную кривую выживаемости. Выделяют три типа основных кривых выживания (рисунок 6), к которым в той или иной мере приближаются все известные кривые:

- **кривая I типа**, когда на протяжении всей жизни смертность ничтожно мала, резко возрастая в конце нее, характерна для насекомых, которые обычно гибнут после кладки яиц (**кривая дрозофилы**), к ней приближаются кривые выживания человека в развитых странах, а также некоторых крупных млекопитающих;
- **кривая II типа** (диагональная) характерна для видов, у которых смертность остается примерно постоянной в течение всей жизни (**гидра пресноводная**);

• **кривая III типа** – это случаи массовой гибели особей в начальный период жизни.

Гидробионты и некоторые другие организмы, не заботящиеся о потомстве, выживают за счет огромного количества личинок, икринок, семян. Моллюски, прежде чем закрепиться на дне, проходят личиночную стадию планктона, где личинки гибнут в огромных количествах, поэтому эту кривую называют еще «кривой устрицы». Реальные кривые выживания часто представляют собой некоторую комбинацию указанных выше «основных типов». Например, у крупных млекопитающих, да и людей, живущих в отсталых странах, кривая I вначале круто падает за счет повышенной смертности сразу после рождения. Выживаемость можно измерить, определив отношение числа взрослых особей, участвующих в размножении, к числу особей, родившихся в каждом поколении.

**Выживаемость**, как правило, обратно пропорциональна плодовитости. Средняя выживаемость составляет от 0,000001% (у бактерий) до 10- 30% (у птиц и млекопитающих). Таким образом, по мере повышения организации живых существ совершенствовались механизмы, обеспечивающие выживаемость особей: увеличение в яйцеклетке запасов питательных веществ, внутреннее осеменение, живорождение. В популяции животных особи организованы в группы – семьи, стаи, стада или ведут одиночный образ жизни. Пространственные характеристики популяции регулируются поведением животных, которое имеет видовые особенности.

Пространственная структура популяций выражается характером размещения особей и их группировок по отношению к определенным элементам ландшафта и друг к другу, и отражает свойственный виду тип использования территории (Шилов И.А). Закономерное распределение особей в пространстве имеет важное биологическое значение и, по существу, является основой всех форм нормального функционирования популяций.

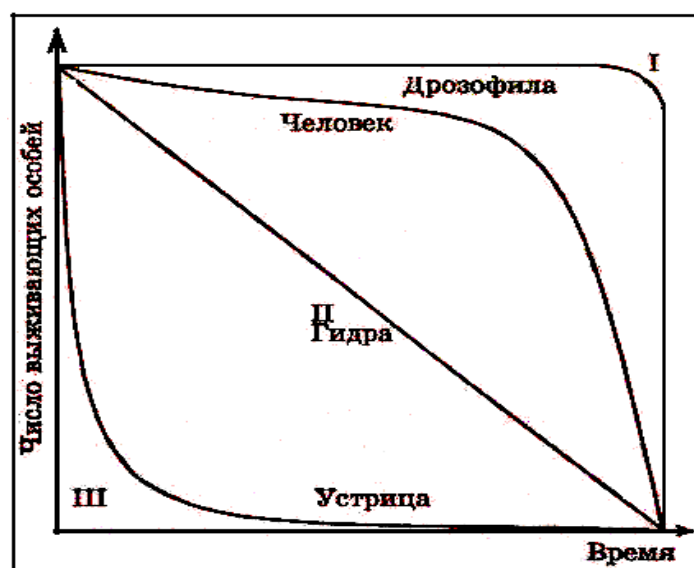


Рисунок 6 – Различные типы кривых выживания (Deevey, 1950)

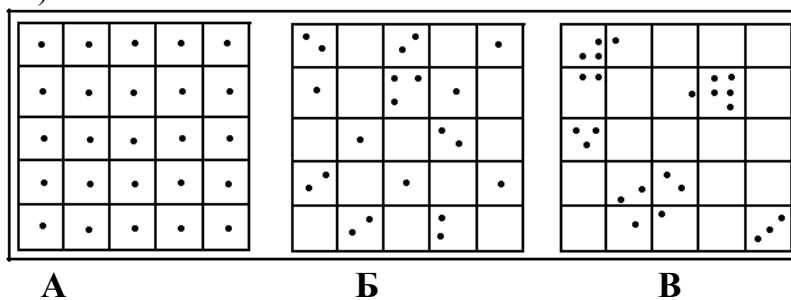
Прежде всего, пространственная структурированность определяет наиболее эффективное использование ресурсов среды (пищевых, защитных,

микrokлиматических), снижая хаотичность их использования и, как следствие, уровень конкурентных отношений особей внутри популяции. Это укрепляет позиции данной популяции в ее взаимоотношениях с другими видами биоценоза и повышает вероятность ее устойчивого существования. Второй аспект биологической роли пространственного структурирования заключается в том, что она служит основой устойчивого поддержания необходимого уровня внутривидовых контактов между особями. Осуществление функций популяции – как видовых (размножение, расселение), так и биотических (участие в круговороте, создание биологической продукции, воздействие на популяции других видов) – возможно только на основе устойчивых, закономерных взаимодействий между отдельными особями и их группами. Таким образом, пространственная структурированность популяций представляет собой «морфологическую» основу популяционного гомеостаза, определяя снижение уровня конкуренции и поддержание устойчивых внутривидовых контактов как функциональных, так и информационных.

Различают следующие принципиальные типы пространственного распределения особей в популяциях: равномерный (регулярный), диффузный (случайный) и агрегированный (групповой, мозаичный).

Равномерный тип распределения (рис. 7, А) в идеале характеризуется разным удалением каждой особи от всех соседних; величина расстояния между особями соответствует порогу, за которым начинается взаимное угнетение. Таким образом, теоретически этот тип распределения в наибольшей степени соответствует задаче полного использования ресурсов при минимальной степени конкуренции. Практическая невозможность реализации этого «идеального» типа распределения, определяется прежде всего неоднородностью среды обитания. Диффузный тип распределения особей, встречается в природе значительно чаще, при нем особи распределены в пространстве неравномерно, случайно (рис. 7, Б). Такой тип распределения широко представлен среди растений и многих таксонов животных, у которых социальная связность в пространстве выражена относительно слабо.

Агрегированный (мозаичный) тип распределения выражается в образовании группировок особей, между которыми остаются достаточно большие незаселенные территории (рис. 7, В). Биологически это связано либо с резкой неоднородностью среды, либо с выраженной социальной структурой, действующей на основе активного сближения особей, что характерно для высших животных (многие позвоночные, насекомые образующие полиморфные колонии, и некоторые другие).



А – равномерное; Б – диффузное; В – мозаичное

Рисунок 7 – Типы пространственного распределения особей в популяции

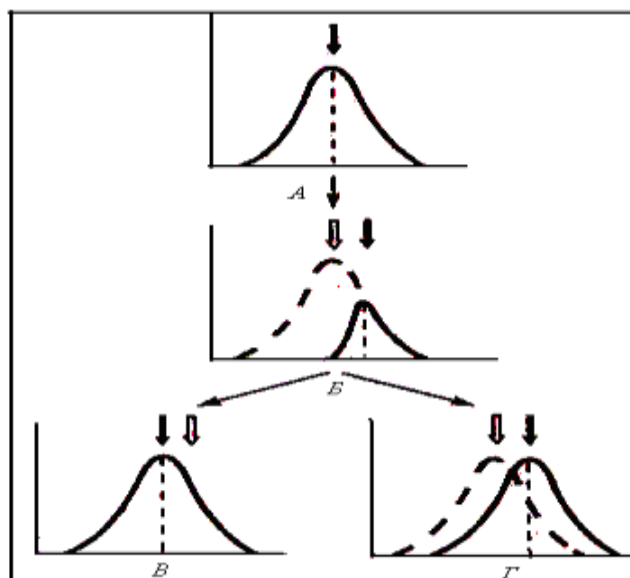
Довольно широко распространено **групповое** (контагиозное) распределение элементов в популяциях высших растений. В качестве элементов горизонтальной структуры растений выступают ценопопуляционные локусы, представляющие собой отдельные участки ценопопуляции, различающиеся по размерам и степени дискретности. Группированность в ценопопуляциях растений может быть связана с эндогенными факторами (характер распространения семян, особенности роста побегов, возрастное развитие локусов), а также определяться внешними воздействиями (неоднородность среды, влияние животных и других видов растений, антропогенные факторы).

Во всех случаях тип пространственного распределения особей в популяциях определяется, с одной стороны, гетерогенностью среды, а с другой – соотношением процессов пространственной интеграции особей, обеспечивающей целостность популяции как функциональной системы. Для животных как подвижных организмов ведущее значение в определении характера пространственной структуры популяции имеет степень привязанности к территории. В крайних вариантах это свойство выражается либо оседлым, либо **номадным** (кочевым) образом жизни; между этими вариантами имеется ряд промежуточных. Видам, для которых характерен оседлый образ жизни, как правило, свойствен интенсивный тип использования территории, при котором отдельные особи или их группировки (главным образом семейные) в течение длительного времени эксплуатируют ресурсы на относительно ограниченном пространстве.

Для видов, отличающихся **номадным** образом жизни, характерен экстенсивный тип использования территории, при котором кормовые ресурсы используются обычно группами особей (подчас весьма многочисленными), постоянно перемещающимися в пределах обширной территории.

**Генетическая структура популяции** определяется, прежде всего, богатством популяционного генофонда, включающего как общие видовые свойства, так и особенности, возникшие в порядке приспособления популяции к конкретным условиям её существования. Этот аспект генетической структуры включает и степень индивидуальной изменчивости (генетический полиморфизм) по комплексу признаков. С другой стороны, важной особенностью генетической структуры оказывается сложность генома каждой особи, характеризующая степень гетерозиготности по множеству свойств. С. С. Четвериков еще в 1926 году, показал возможность длительного сохранения мутаций (даже инадаптивных) в гетерозиготном состоянии. Он образно говорил о том, что «вид, как губка, впитывает в себя гетерозиготные геновариации, сам оставаясь при этом все время внешне (фенотипически) однородным» (С.С. Четвериков, 1965).





*A – исходное положение (среднее значение признака соответствует величине воздействующего фактора; Б – изменение силы фактора ведет к гибели особей, свойства которых не соответствуют новым условиям; В – при восстановлении нормы условий, возвращается прежний (адаптивный) характер изменчивости; Г – при стойком изменении условий отбор сдвигает признак в направлении, адаптивном в новых установившихся условиях.*

Рисунок 8 – Варьирование адаптивного признака при изменении величины воздействующего фактора (по И.А. Шилову, 1985)

Большой интерес представляет видовой специфика свойств организма, преобразование генофонда популяции под давлением отбора и некоторых специфических генетических механизмов, часть из которых непосредственным образом связана с особенностями экологии популяций (степень их самостоятельности, наличие и характер волн численности, специфика расселения и др.). Однако специфика и степень сложности генофонда определяют не только микроэволюционные процессы, но и успешное существование популяции в разнообразных и динамичных условиях среды. Широкий диапазон индивидуальной изменчивости лежит в основе устойчивости популяций при отклонениях условий от их средних, типичных характеристик. Чем генетически более разнородна популяция. Чем менее специализированы геноадаптации, тем выше экологическая пластичность, популяции, что выгодно как в микроэволюционном плане, так и при повседневном приспособлении к текущим условиям среды (G.Gause, 1974; С.С. Шварц, 1972). Если весь диапазон индивидуальной изменчивости адаптивных свойств в популяции представить в виде вариационной кривой, то её средние (модальные) характеристики отразят «настройку» этих свойств на средние, наиболее типичные и устойчивые условия среды (рис 8, а).

Контрольные вопросы:

1. Существенные признаки вида как особой формы организации?
2. Чем популяция отличается от вида?
3. Морфологические и экологические особенности популяции?

4. Существенные признаки популяции в сравнении с природным сообществом и экосистемой?
5. Причины своеобразия форм кривых выживания?
6. Может ли человек изменить свою кривую выживания?
7. Как регулируется пространственное распределение особей и их групп?
8. Чем определяется невозможность реализации «идеального» типа распределения?

### **Динамика численности популяции, механизмы регуляции численности популяций, циклы и взрывы численности.**

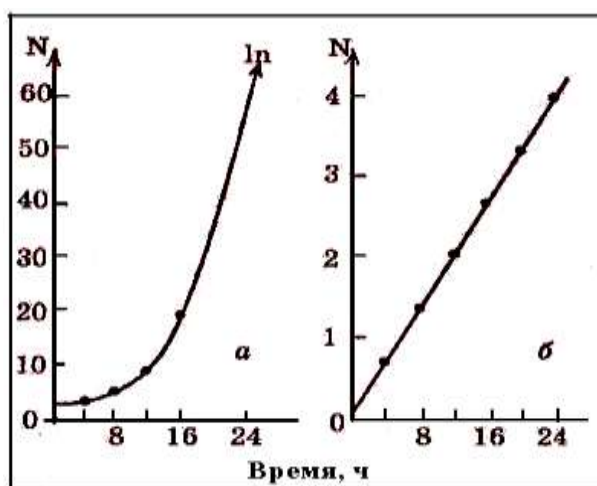
Еще в XVII веке, было установлено, что численность популяций растет по закону геометрической прогрессии, а уже в конце XVIII века, Томас Мальтус (1766-1834) выдвинул свою известную теория о росте народонаселения в геометрической прогрессии. Эта закономерность роста выражается кривой (рисунок 9). На современном математическом языке эта кривая отражает экспоненциальный рост численности и описывается следующим уравнением:

$$N_t = N_0 e^{rt}, \quad (1)$$

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.

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

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = rN, \text{ а, } r - \text{const}$$



а – арифметическая шкала; б – логарифмическая шкала.

Рисунок 9 – Экспоненциальный рост гипотетической популяции одноклеточного организма, делящегося каждые 4 часа

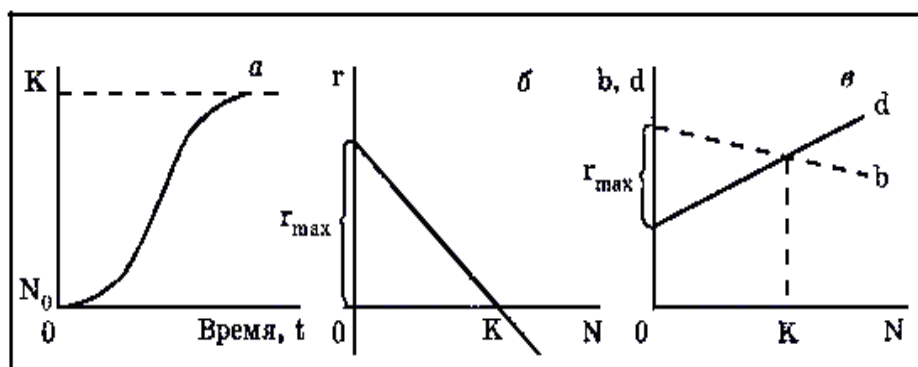
Если численность отложить в логарифмическом масштабе, то кривая приобретает вид прямой линии (рисунок 9,б). Таким образом, экспоненциальный рост численности популяции – это рост численности ее особей в неизменяющихся условиях. Чтобы иметь полную картину динамики численности популяции, а также рассчитать скорость ее роста, необходимо знать величину чистой скорости воспроизводства  $R_0$ , которая показывает, во сколько раз увеличивается численность популяции за одно поколение, за время его жизни –  $T$ .

$$R_0 = \frac{N_T}{N_0}, \quad (2)$$

где  $N_T$  - численность нового поколения;  $N_0$  - численность особей предшествующего поколения;  $R_0$  - чистая скорость воспроизводства, показывающая, также, сколько вновь родившихся особей приходится на одну особь поколения родителей. Если  $R_0 = 1$ , то популяция стационарная, - численность ее сохраняется постоянной. Скорость роста популяции обратно пропорциональна длительности поколения

$$r = \frac{\ln R_0}{T}, \quad (3)$$

отсюда ясно, что чем раньше происходит размножение организмов, тем больше скорость роста популяции. Это в равной степени относится и к популяции человека, отсюда – важность значения этой закономерности в демографической политике любого государства. Воздействие экологических факторов на скорость роста популяции может довести численность популяции, до стабильной  $r = 0$ , либо ее уменьшить, то есть экспоненциальный рост замедляется или останавливается полностью и  $J$  – образная кривая экспоненциального роста как бы останавливается, превращаясь в так называемую  $S$  – образную (рисунок 10) кривую.



*a*- кривая роста численности ( $N$ ); *б* – зависимость удельной скорости роста ( $r$ ) от численности ( $N$ ); *в* – зависимость рождаемости ( $b$ ) и смертности ( $d$ ) от численности;  $K$  – предельная численность.

Рисунок 10 – Логистическая модель роста популяции

Реально, экспоненциальный рост наблюдается какое короткое время, после чего ограничивающие факторы его стабилизируют и дальнейшее развитие популяции идет по логистической модели, описываемой S – образной логистической кривой роста популяции. В основе логистической модели (рис. 10) лежит простое допущение, что скорость роста популяции ( $r_a$ ) линейно снижается по мере роста численности вплоть до нуля при некой численности  $K$ . В результате решения уравнения логистической кривой получаем зависимость:

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

где  $N_t$  - численность популяции в момент времени  $t$ ;  $e$  – основание натурального логарифма;  $a$  – постоянная интегрирования.

Величину  $K$  – называют **емкостью** среды в отношении особей данной популяции, то есть речь идет о биологической емкости среды – степени способности природного, или природно-антропогенного окружения обеспечивать нормальную жизнедеятельность (дыхание, питание, отдых) определенному числу организмов и их сообществ без заметного нарушения самого окружения (Реймерс, 1990). Однако плато на S – образной кривой далеко не всегда бывает гладким, потому что колебания численности происходят постоянно, что отражается в виде колебаний кривой вокруг асимптоты « $K$ », эти колебания называются флуктуациями численности, которые могут быть сезонными и годовыми. Первые обусловлены абиотическими факторами, вторые, плюс к этому, еще и внутренними биотическими. Колебания, вызванные биотическими факторами, называют **осилляциями** (рисунок 11)



Рисунок 11 – Преобразование J – ой кривой роста численности популяции в S – образную кривую при ограничивающем воздействии лимитирующих факторов (по Т. Миллеру, 1993)

Они отличаются высокой регуляцией и их даже называют **циклами**. Многие факторы, природные и антропогенные, вызывающие флуктуации, в значительной мере можно учесть, введя в формулу поправочные коэффициенты. Такие формулы позволяют прогнозировать реальный рост популяции животных и подобные процессы в демографии людского населения.

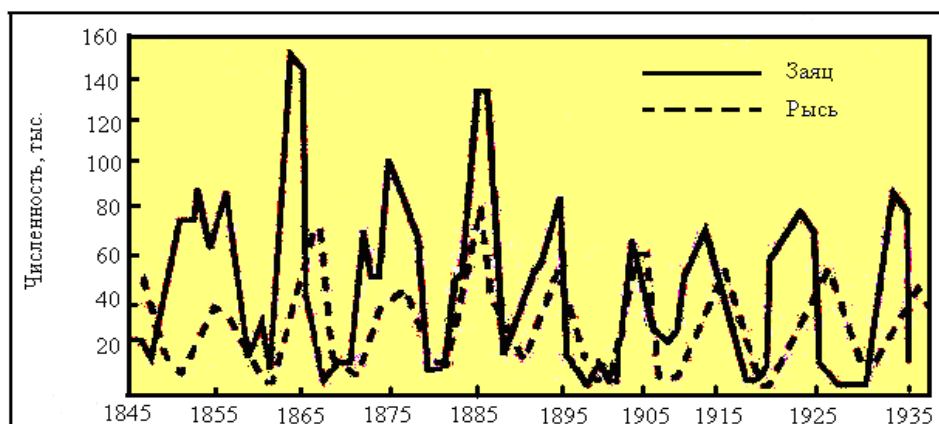
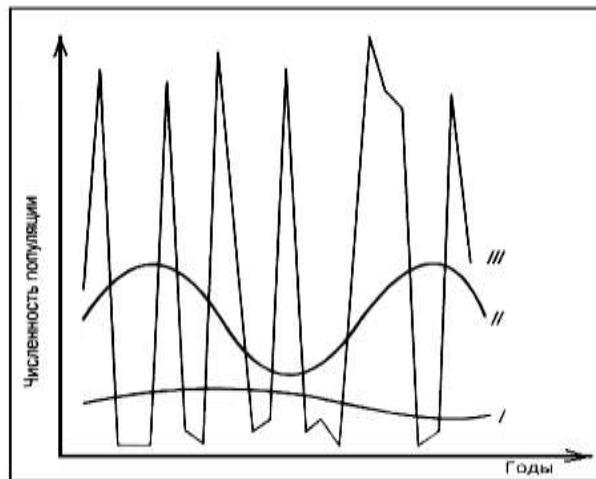


Рисунок 12 – Изменение численности рыси и зайца – классический пример циклических колебаний популяции

**Популяционные циклы и взрывы численности.** Накопленный в настоящее время материал по разным группам живых организмов показывает, что численность естественных популяций не остается постоянной даже при выходе на плато логистической кривой. Наряду с незакономерными и в большинстве случаев недолговременными изменениями численности, прямо связанными с положительным или отрицательным влиянием конкретных факторов, практически у всех исследованных видов обнаруживаются закономерные чередующиеся подъёмы и спады численности, имеющие волнообразный, **циклирующий** характер и нередко охватывающие большие пространства (рис. 12). Еще в начале 40-х годов нашего века С.А. Северцов, проанализировавший многолетний ход численности у большого числа видов млекопитающих и птиц, установил несколько типов её динамики. В наиболее обобщенном виде (Н.П. Наумов, 1953) схема, разработанная С.А. Северцовым, может быть сведена к трем фундаментальным типам динамики (**популяционным циклам**) (рис 13).

*Стабильный тип* характеризуется малой амплитудой и длительным периодом (циклом) колебаний численности, внешне она воспринимается как практически стабильная. Такой тип динамики свойствен крупным животным с большой продолжительностью жизни, поздним наступлением половозрелости и низкой плодовитостью. Это соответствует низкой норме естественной смертности, в числе в результате эффективных механизмов адаптации к действию неблагоприятных факторов. Примером могут служить копытные млекопитающие (период колебаний численности 10-20 лет), китообразные, гоминиды, крупные орлы, некоторые рептилии.

*Лабильный тип* динамики отличается закономерными колебаниями численности с периодами порядка 5-11 лет и более значительной амплитудой (численность меняется в десятки раз). Характерны сезонные изменения обилия, связанные с периодичностью размножения.



*I* – стабильный; *II* – лабильный; *III* – эфемерный

Рисунок 13 – Типы динамики населения по С.А. Северцову

Такой тип динамики характерен для животных разного, но, как правило, не крупного размера с более коротким сроком жизни (до 10-15 лет) и соответственно более ранним половым созреванием и более высокой плодовитостью, чем у представителей первого типа. К этому типу динамики из млекопитающих относятся крупные грызуны, зайцеобразные, некоторые хищные; таков же общий характер динамики населения у многих птиц, рыб, насекомых с длинным циклом развития.

*Эфемерный тип* динамики отличается резко неустойчивой численностью с глубокими депрессиями, сменяющимися вспышками «массового размножения», при которых численность возрастает подчас в сотни раз (**популяционные взрывы**). Перепады её от минимума до максимума осуществляются очень быстро (иногда в течение одного сезона); столь быстро происходит спад численности, который в таком случае называют **«крахом популяции»**. Общая длина цикла обычно составляет до 4-5 лет, в течение которых «пик» численности занимает чаще всего не более одного года; у некоторых животных (например, у мелких грызунов) на эти короткие циклы «накладываются» более продолжительные (10-11 лет), но часто такие «большие волны» более выражены охваченным вспышкой пространством, чем уровнем численности. Резко выражены сезонные колебания обилия особей. Этот тип динамики характерен для короткоживущих (не более 3 лет) видов с несовершенными механизмами индивидуальной адаптации и соответственно с высокой нормой гибели. Это некрупные животные, отличающиеся большой плодовитостью (мелкие грызуны).

Первый путь назван «*K*- стратегией»; представители этого типа – чаще всего крупные формы с большой продолжительностью жизни; численность их лимитируется преимущественно внешними факторами (коэффициент *K* в уравнении логистической модели роста означает именно численность, соответствующую «емкости угодий»). *K*- стратегия означает «отбор на качество» - повышение адаптивности и устойчивости, а *r* – стратегия – «отбор на количество» через компенсацию неизбежно больших потерь высоким репродуктивным потенциалом; это - поддержание устойчивости популяции через

быструю смену составляющих её особей. Этот тип стратегии более свойствен мелким животным с большой нормой гибели и высокой плодовитостью ( $r$  – коэффициент, отражающий скорость роста популяции). Виды с  $r$  – стратегией легко осваивают местообитания с нестабильными условиями и отличаются высоким уровнем энергозатрат на репродукцию. Выживание этих форм в условиях неблагоприятных абиотических воздействий и сильного пресса конкуренции определяется высоким репродуктивным потенциалом, позволяющим быстро восстановить любые потери в популяции.

**Зависящие и независящие от плотности популяции механизмы регуляции численности популяций.** В современной экологии факторы, ответственные за регулярные изменения численности животных, принято делить на две группы:

- факторы, не зависящие от плотности населения;
- факторы, зависящие от плотности населения.

Представление о принципиально разном воздействии этих факторов на динамику плодовитости и смертности сформировалось уже давно (А. Nicholson, 1933, А. Nicholson, V. Bailey, 1935), но не утратило значения и в наши дни. В общих чертах эти две группы совпадают с делением экологических факторов на **абиотические и биотические**.

**Факторы, не зависящие от плотности населения.** К этой группе - Ч. Элтон называл их «**факторами среды**» Ch.Elton, (1927), а Н.П. Наумов (1953) – «**экзогенными факторами**», относится комплекс абиотических факторов, которые в своем воздействии на животных реализуются через составляющие климата и погоды. **Биологическое** влияние этих факторов характеризуется тем, что они действуют на уровне организма и именно поэтому эффект их воздействия не связан с такими специфическими популяционными параметрами, как численность и плотность населения. Действие этих факторов односторонне: организмы могут к ним приспособляться, но не в состоянии оказать на них обратное влияние.

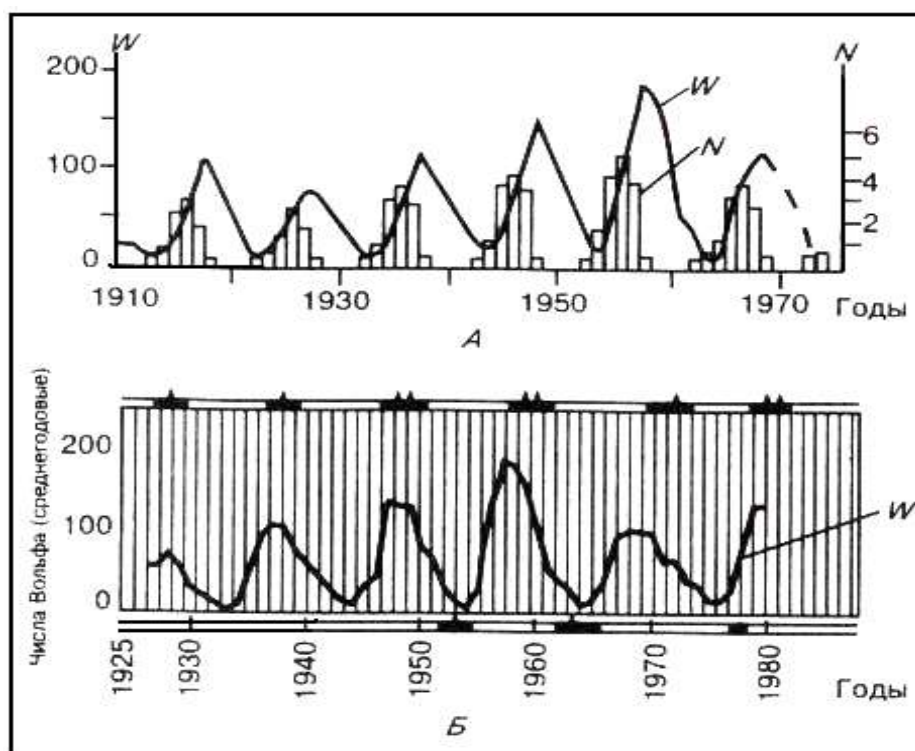
Эффект воздействия **климатических факторов** на уровень численности и направленность её изменения реализуется в первую очередь через изменения смертности, возрастающей по мере отклонения силы воздействующего фактора от оптимальной величины. При этом уровень смертности и выживания определяется только силой воздействующего фактора с учетом адаптивных возможностей организма и некоторых характеристик среды: наличие убежищ с более благоприятными условиями, смягчающее действие попутных факторов. Уровень численности (плотности населения) популяции не определяет общей направленности её изменений, а в ряде случаев и конечного результата. Так, если зимние условия отличаются необычно низкими температурами при небольшой толщине снежного покрова, уровень весенней численности мелких грызунов окажется крайне низким даже в том случае, если к началу зимы популяция достигла высокой численности и плотности населения. Напротив, если зимние условия благоприятны, относительная величина сезонного падения численности будет невелика независимо от плотности населения осенью. Аналогичная закономерность характерна для лесных куриных птиц, спасающихся от жестоких морозов в снежных лунках. При некоторых условиях факторы этой группы могут действовать и путем изменения плодовитости, главным образом косвенно, через

изменения кормовых условий. Например, комплекс **абиотических** факторов, благоприятный для вегетации растений, способствует лучшему размножению животных-фитофагов. Напротив, полный неурожай или недоступность корма увеличивают независимую от плотности гибель. Известно, в частности, явление массового падежа копытных при длительной гололедице.

Связь влияния **абиотических факторов** со структурой популяции может выражаться в избирательно повышенной смертности определенных демографических групп животных в популяциях (например, молодняка, мигрантов); на основе изменения демографической структуры популяции может, как вторичный эффект, меняться и уровень воспроизведения. Показано, например, что в популяциях белки *Sciurus vulgaris* преобладание молодых животных, отличающихся меньшей плодовитостью, снижает общую интенсивность размножения, а преобладание взрослых повышает её. Первая ситуация характерна для пиков численности, а вторая – для фазы её роста (Е.П. Сорокин, 1966; И.П. Карпущин, 1967,1990). Впрочем, эта сторона проблемы изучена недостаточно. Роль факторов, не зависящих от плотности населения, в формировании циклов динамики численности связана с циклическим характером многолетних изменений климата и типов погод. На этой основе возникла гипотеза «климатических циклов» численности (Ch. Elton, 1924, В. Уваров, 1931). В настоящее время эта гипотеза получила «второе рождение» в виде концепции связи динамики численности животных с одиннадцатилетними циклами солнечной радиации. В частности, в ряде случаев совпадение циклов численности млекопитающих (главным образом грызунов) и солнечной активности удается зарегистрировать объективно.

Так, обнаружена корреляция уровней солнечной активности и многолетних изменений численности калифорнийской полевки *Microtus californicus*, полагают, что это может быть результатом, как прямого действия космического фактора, так и скоррелированных с **солнечной** активностью вторичных факторов, в частности климата. Прямое влияние погоды в этих наблюдениях отмечено и в меньших масштабах. Материалов подобного рода накоплено много (рис. 14)





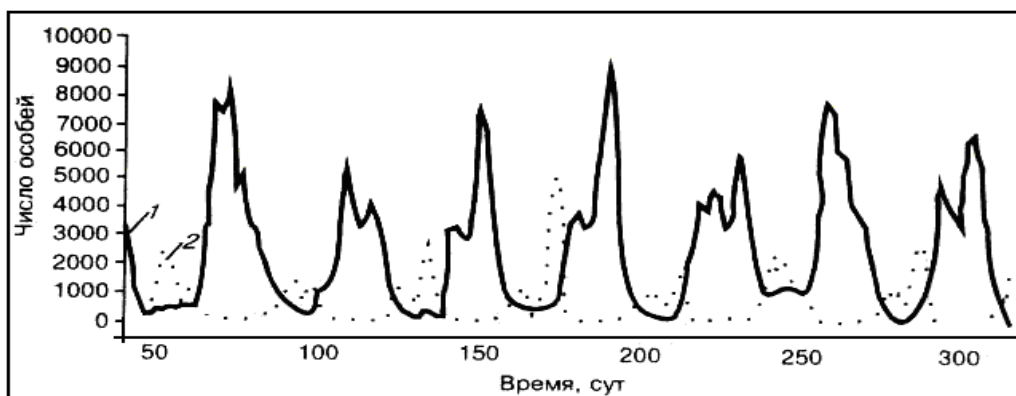
I, II – вспышки массового размножения болотного и озерного типов (W), А – колебания численности непарного шелкопряда, Б – динамика вспышек массового размножения водяной полевки по А.А. Максимову, 1984)

Рисунок 14 – Корреляции динамики численности (N) и солнечной активности

Большой обзор проблемы динамики численности мышевидных грызунов, выполнен А.А. Максимовым, 1984). Он провел многолетние наблюдения за численностью водяной полевки *Arvicola terrestris* в Западной Сибири и показал связь циклов численности этого вида с периодическими изменениями погодных условий, определяющих степень обводнения территории; сами такие циклы показали совпадение с многолетней динамикой солнечной активности. Обобщая эти исследования, автор подчеркивает комплексный характер влияния солнечной активности на формирование природных циклов, одним из элементов которых является и динамика численности. В частности, разные типы погод определяют степень обводнения территории и соответственно тип вспышек численности; эти разные типы по-разному связаны с фазами цикла солнечной активности (рисунок 14). В соответствии с концепцией А.А. Максимова «природный цикл – это понятие не климатологическое, а экологическое, так как оно объясняет и включает в себя не только внешний климатический фактор, изменяющий среду обитания организмов, но и последствия его влияния и реакцию популяций и биоценозов» (А.А. Максимов, 1984 с. 204). Важность этой концепции в том, что она подчеркивает многофакторность и опосредованный характер влияния климатических условий на циклическую динамику численности. Кроме того, действие климатических факторов (как модифицирующих факторов), не приводит к созданию устойчивого равновесия: эти факторы не способны реагировать на изменения плотности, то есть действовать по принципу обратных связей.

**Факторы, зависящие от плотности населения.** Эта группа факторов («факторы авторегуляции» или эндогенные факторы) включает влияние на уровень и динамику численности данного вида его пищи, хищников, возбудителей болезни. Характер влияния зависящих от плотности факторов принципиально отличается от факторов, рассмотренных выше: действуя на численность популяций других видов, они сами испытывают влияние с их стороны. Одна из важных для формирования циклов численности форм **биотических** взаимоотношений – *отношения потребителя и его пищи*. В наиболее простом варианте роль пищи как фактора индукции циклов сводится к тому, что высокая обеспеченность пищей вызывает рост рождаемости и уменьшение смертности в популяции потребителей. В результате их численность нарастает, что ведет к усиленному выеданию пищи и соответственно к снижению её численности (биомассы). Последнее же означает ухудшение условий жизни потребителя, падение рождаемости, увеличение смертности и снижение численности. В результате снижается пресс на популяцию кормовых организмов, повышается её численность (биомасса), что способствует росту численности потребителя, и цикл начинается снова. Классический пример такого рода взаимоотношений – так называемые «лемминговые циклы», сопровождающиеся катастрофическими нарушениями тундровой растительности, массовыми целенаправленными миграциями и гибелью животных. Период пика численности связан с увеличением агрессии, возникновением стресса в популяции.

**Выедание** растительности ведет не только к недостатку пищи, но и к изменению её качества (недостаток фосфора, кальция, белка), снижению защитных функций растительного покрова и соответствующему увеличению пресса хищников. Таким образом, и увеличение смертности имеет более сложный характер, чем простое голодание. Так, у грызунов ухудшение питания вызывает задержку полового созревания, изменения пространственной структуры популяций и поведения животных (Н. Andreassen, 1990). У клариевого сома *Clarias gariepinus* нехватка пищи сказывается на замедлении роста молоди и индуцирует родственный каннибализм (Т. Necht, S. Appelbaum, 1988). Периодичность таких изменений численности может быть обусловлена цикличностью динамики кормового вида, зависящей от третьих факторов (например, по модели климатического цикла). Но в принципе автоколебания заложены в самой системе взаимоотношений на базе «лаг – эффекта» - запаздывания ответа потребителя на изменения численности, связанные с выеданием пищи, и наоборот. Так, опыты с падальными мухами *Lucilla cyprina* показали, что такие колебания могут вызываться лимитом пищи либо для взрослых мух, либо для их личинок (рис.15). В наиболее четком виде трофически обусловленные **циклы** численности возникают в условиях взаимодействия пары видов – *взаимоотношения типа «хищник – жертва»*.



*Количество пищи для взрослых мух постоянно, питание личинок не ограничено. 1 – численность взрослых мух, 2 – количество яиц, откладываемых ежедневно.*

Рисунок 15 – Изменения численности лабораторной популяции падальных мух (по Н.П. Наумову, 1963)

Идеальным результатом такого взаимодействия оказывается формирование повторяющихся подъёмов и спадов численности обоих видов, причем в этой системе колебаний изменения численности хищника отстают по фазе от динамики популяции жертвы (рис 16). В первую очередь это относится к специализированным хищникам, которые не могут переключиться на другие виды пищи при снижении численности основного кормового вида (или переключаются в малой степени, с опозданием). Напротив, обилие альтернативных кормовых объектов для хищника стабилизирует численность жертв (В. Мас. Arthyr, 1955; О. Pearson, 1966). Видимо, именно поэтому резкие всплески численности не характерны для сложных (например, тропических) экосистем. В целом многие авторы склонны считать хищничество важным фактором в динамике численности жертв, однако его роль в основном сводится либо к купированию пика численности, либо к задержке фазы её роста. В аспекте многолетних циклов динамики численности роль структуры проявляется вполне отчетливо.

Во многих случаях колебания численности в первую очередь сказываются на пространственной структуре популяции: на базе регуляции: на базе регуляции через расселение первые признаки повышения плотности населения компенсируются расселением из популяционных «ядер» и созданием обширных поселений в области «периферии» популяции. Оживленные дискуссии о преобладающей роли тех или иных факторов в формировании закономерных циклов динамики численности нередко приводят к конструированию обобщающих схем, в которых популяция рассматривается как объект, пассивно реагирующий на внешние (абиотические или биотические) воздействия. Фактически же изменения численности, вызванные влиянием комплекса факторов, реализуются в виде изменения плотности населения – одного из важнейших параметров, определяющие условия функционирования популяции как системы.

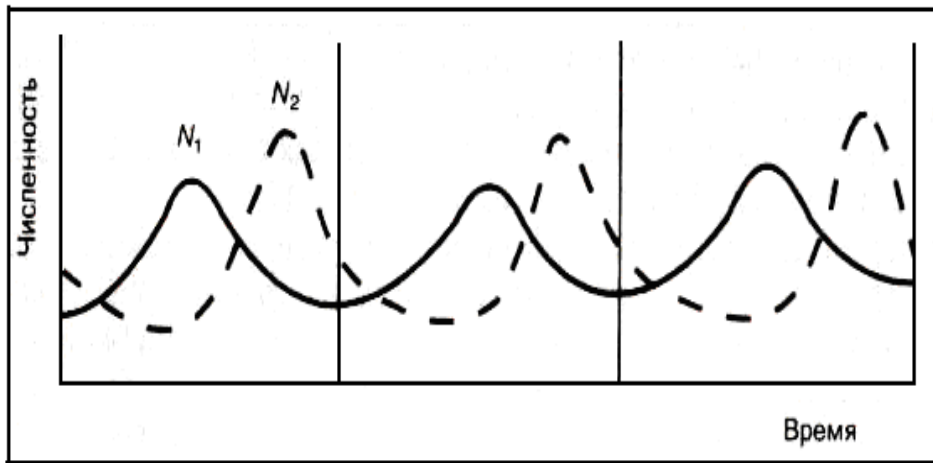


Рисунок 16 – Взаимосвязанные колебания численности в системе «хищник – жертва» по модели по модели Лотки-Вольтерра (по V. Volterra, 1931)

Активная регуляция плотности населения представляет собой важный механизм поддержания гомеостаза популяционных систем. Таким образом, все сложные влияния, определяющие динамику рождаемости и смертности, трансформируются через механизмы популяционной авторегуляции. Иными словами, популяция принимает активное участие в формировании интегрированного ответа на сумму воздействующих факторов в виде инициации специфических типов динамики численности. По существу, следует говорить не о динамике численности, а о популяционных циклах, отражающих интегрированный результат сложных внутривидовых взаимоотношений и взаимодействия популяций разных видов в составе природных экосистем.

Контрольные вопросы:

1. Чем раньше происходит размножение организмов, тем больше..... ?
2. При воздействии каких факторов замедляется или останавливается экспоненциальный рост популяций?
3. Тип динамики, при которых численность возрастает в сотни раз?
4. Комплекс факторов, благоприятный для вегетации растений, и способствующий лучшему размножению животных-фитофагов?
5. Суть гипотезы «климатических циклов» численности?
6. Последствия лемминговых циклов?
7. Причины возникновения «родственного каннибализма»?
8. Условия возникновения трофически обусловленных циклов численности?
9. Почему резкие всплески численности не характерны для сложных экосистем?
10. Факторы не влияющие на изменение плотности населения?

## **Устойчивость биологических систем на уровне сообществ организмов и экосистем**

**Видовая структура** биоценоза характеризуется видовым разнообразием и количественным соотношением видов, зависящих от ряда факторов. Главными лимитирующими факторами являются температура, влажность и недостаток пищевых ресурсов. Поэтому биоценозы (сообщества) экосистем высоких широт, пустынь и высокогорий наиболее бедны видами. Здесь могут выжить организмы, жизненные формы которых приспособлены к таким условиям. Богатые видами биоценозы – тропические леса, с разнообразным животным миром и где трудно найти даже два рядом стоящих дерева одного вида. Богатство видового состава биоценозов определяется либо относительным, либо абсолютным числом видов и зависит от возраста сообщества: молодые, только начинающие развиваться – бедны видами по сравнению со зрелыми или климаксными сообществами. **Видовое разнообразие** – это число видов в данном сообществе или регионе, т.е. имеет более конкретное содержание и является одной из важнейших как качественных, так и количественных характеристик устойчивости экосистемы. Видовое разнообразие в данном местообитании называют  $\alpha$  – разнообразием, а сумму всех видов, обитающих во всех местообитаниях в пределах данного региона, -  $\beta$  - разнообразием. Показателями для количественной оценки видового разнообразия, индексами разнообразия обычно служит соотношение между числом видов, значениями их численности, биомассы, продуктивности и т. п., или отношение числа видов к единице площади. Важным показателем является **количественное соотношение числа видов между собой**. Одно дело, среди ста особей содержится пять видов в соотношении 96:1:1:1:1, и другое, если они соотносятся как 20:20:20:20:20. Последнее соотношение явно предпочтительнее, так как первая группировка значительно однообразнее. Наиболее благоприятные условия для существования множества видов характерны для переходных зон между сообществами, которые называют **эктонами**, а тенденцию к увеличению здесь видового разнообразия называют краевым эффектом. **Эктон** богат видами, прежде всего потому, что они попадают сюда из всех приграничных сообществ, но, кроме того, он может содержать и свои характерные виды, которых нет в этих сообществах. Ярким примером этого является лесная «опушка», на которой пышнее и богаче растительность, гнездится значительно больше птиц, больше насекомых и т.п., чем в глубине леса.

Виды, которые преобладают по численности, называют **доминантными**, или просто – доминантами данного сообщества. Но и среди них есть и такие, без которых другие виды, существовать не могут. Их называют **эдификаторами** (лат. – «строители»). Они определяют микросреду (микроклимат) всего сообщества и их удаление грозит полным разрушением биоценоза. Как правило, эдификаторами выступают растения – ель, сосна, кедр, ковыль и лишь изредка – животные (сурки).

**«Второстепенные»** виды – малочисленные и даже редкие – тоже очень важны в сообществе. Их преобладание – это гарантия устойчивого развития сообществ. В наиболее богатых биоценозах практически все виды малочисленны, но чем бедней видовой состав, тем больше видов доминантов. При определенных условиях могут быть «вспышки» численности отдельных доминантов. Для оценки разнообразия

используют и другие показатели, которые значительно дополняют вышеуказанные. **Обилие вида** – число особей данного вида на единицу площади или объема занимаемого ими пространства. **Степень доминирования** – отношение (обычно в процентах) числа особей данного вида к общему числу всех особей рассматриваемой группировки. Однако оценка биоразнообразия биоценоза в целом по численности видов будет неправильной, если мы не учтем размеры организмов. Ведь в биоценоз входят и бактерии, и микроорганизмы. Поэтому необходимо организмы объединять в группировки, близкие по размерам. Здесь можно подходить и с точки зрения систематики (птицы, насекомые, сложноцветные и т.п.), экологоморфологический (микрофауна, мезофауна и микрофауна почв или илов и т.п.). Кроме того, следует иметь в виду, что внутри биоценоза существуют еще и особые структурные объединения – консорции.

**Консорция** – группа разнородных организмов, поселяющихся на теле или в теле особи какого-либо определенного вида – центрального члена консорции – способного создавать вокруг себя определенную среду. Другие члены консорции могут создавать более мелкие консорции и т.д., т.е. можно выделить консорции первого, второго, третьего и т.д. порядка. Отсюда ясно, что **биоценоз** – это система связанных между собой консорций. Чаще всего центральными членами консорций являются растения. Возникают консорции на основе тесных разноплановых взаимоотношений между видами (рис. 17). Виды в биоценозе образуют и определенную **пространственную структуру**, особенно в его растительной части – **фитоценозе**. Прежде всего, четко определяется вертикальное **ярусное строение** в лесах умеренного и тропического поясов. Например, в широколиственных лесах можно выделить пять – шесть ярусов: первый – деревья первой величины (дуб, липа, вяз); второй – деревья второй величины (рябина, яблоко, груша, черемуха и др.); третий – подлесок кустарниковый (крушина, жимолость, бересклет и др.); четвертый состоит из высоких трав, а пятый и шестой, соответственно, из более низких трав. Ярусность позволяет растениям более полно использовать световой поток – в верхних ярусах светолюбивые, в нижних – теневыносливые и, в самом низу, улавливают остаток света тенелюбивые растения. Ярусность выражена, и в травянистых сообществах, но не столь явно, как в лесах.

В **вертикальном** направлении, под воздействием растительности, изменяется среда, включая не только выравненность и повышение температуры, но и изменение газового состава за счет изменения направления потоков углекислого газа ночью и днем, выделения сернистых газов хемосинтезирующими бактериями и т.п. Помимо ярусности в пространственной структуре биоценоза наблюдается **мозаичность** – изменение растительности и животного мира по **горизонтали**. Площадная мозаичность зависит от разнообразия видов, количественного их взаимоотношения, от изменчивости ландшафтных и почвенных условий, и может возникнуть в результате вырубки лесов человеком. На вырубках формируется новое сообщество. Видовая структура биоценозов, пространственное распределение видов в пределах биотопа, определяется взаимоотношениями между видами, между популяциями.



1 – микориза на корнях липы; 2 – личинка хруща – потребителя корней; 3 – жук – короед; 4 – гусеница шелкопряда, питающаяся листвой дерева; 5 – жук – листоед; 6 – пчела – опылитель цветков; 7 – гнездо дрозда, свитое на ветви липы; 8 – олени – потребители веточного корма; 9 – лесная мышь – потребитель семян липы (по П. Дювинью и М. Тангу, 1968, с изменениями Г.А. Воронова, 1987).

Рисунок 17 – Схема конструкции дерева (липы)

Изменения микросреды способствуют образованию и определенной ярусности фауны – от насекомых, птиц и до млекопитающих (см. рис.18).

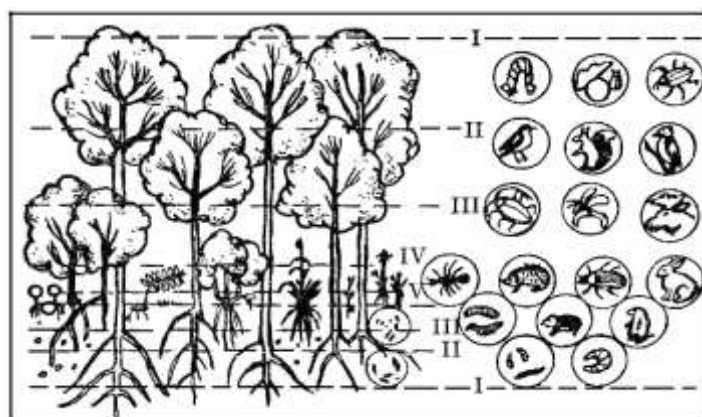


Рисунок 18 – Яруса лесного биогеоценоза (по И.Н. Пономаревой, 1978)

**Роль почвенно-климатических условий в формировании облика сообщества.** Почвенный слой Земли (**педосфера**) возник в процессе воздействия на земную кору биогенных (растительных и животных организмов, особенно микроорганизмов) и абиогенных (вода, воздух, тепло) климатических факторов. Важнейшая роль в почвообразовании принадлежит микроорганизмам, непрерывно разлагающим органические остатки. Наличие в почве воды, воздуха, органики и микроорганизмов, а также многих элементов земной коры (кремния, алюминия, железа) делает почвенный слой местом активизации разнообразных геохимических процессов. Разложение остатков растений и животных изменяет состав почвенной воды и воздуха. Образующиеся в результате разложения газы ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{NH}_3$ ), органические кислоты и другие соединения, растворяясь в воде,

образуют почвенные растворы с высокой химической активностью, которые разлагают минералы земной коры, стимулируют процессы выветривания.

Не случайно В.И. Вернадский (1863-1945) называл педосферу корой выветривания, хотя это и не совсем точно. В большинстве почв, имеющих важное значение для становления и развития сельского хозяйства, присутствует в почвенном растворе свободный кислород – очень энергичный окислитель. Плодородие зависит от количества гумуса в почве, а его накопление, как и мощность почвенных горизонтов, зависит от климатических условий и рельефа местности. Наиболее богаты гумусом степные почвы, где гумификация идет быстро, а минерализация идет медленно, наименее – лесные почвы: где минерализация по скорости опережает гумификацию.

Поскольку важнейшим почвообразующим фактором является климат, то в значительной мере, генетические типы почв совпадают с географической зональностью: *арктические и тундровые почвы, подзолистые почвы, черноземы, каштановые. Серо-бурые почвы и сероземы, красноземы и желтоземы.* Как было отмечено выше, время формирования почв зависит от интенсивности гумификации. Скорость накопления гумуса в почвах можно определить в единицах, измеряющих мощность (толщину) гумусового слоя по отношению к времени их формирования, например в мм/год. Исследователи отмечают, что в присутствии гумуса эффективность действия минеральных удобрений оказывается выше, а почвенная структура лучше по показателям водно-воздушного и теплового режимов, так как гумусированные почвы содержат больше углекислого газа.

Определенную роль в плодородии почвы, а значит, в интенсивности геохимических круговоротов, играет органика негумусовой природы – растительные остатки. В большинстве почв они составляют 5-15% общего количества органического вещества почвы. Почва – особый природный ресурс, использование которого не предполагает его изъятие из природной среды, хотя возможен его пространственный перенос, например при устройстве теплиц, цветочных клумб.

Замена естественного плодородия почв искусственны (посредством внесения удобрений, орошения, агротехнических приемов) в процессе развития цивилизаций происходит неизбежно в связи с наращиванием масштабов промышленного производства, урбанизацией, ограниченностью размеров пахотного клина и другими факторами. Происходящими в атмосфере процессами обуславливаются климатические явления. Регулируя тепло, влажность, свет, облачность туманы, атмосфера определяет агроклиматический потенциал территорий. Например, обеспеченность территории ресурсами тепла определяется обычно по сумме температур, превышающих 10°C, для вегетационного периода. Данный показатель используется также для агроклиматического районирования. Помимо тепловых ресурсов для продуктивности сельскохозяйственных культур большое значение имеет режим увлажнения территории. Известно, что за изменчивым ликом погоды скрывается некий строгий закон, удерживающий эту изменчивость в определенных рамках. Климат – есть многолетний режим погоды. Секрет климатической устойчивости состоит в стабильности факторов, определяющих тепловой баланс земли. Климат Земли, способен резко реагировать



на все факторы, затрагивающие условия поглощения Землей солнечной радиации. Серьезное влияние на экосистему, в частности на почвы, оказывает воздействие **кислотных** дождей, так как с повышением кислотности, биологическая активность микроорганизмов в них снижается. Наибольшей опасности подвергаются, в частности, подзолистые почвы в таёжно-лесной зоне. В этом случае страдают произрастающие на этих почвах травы, леса, технические культуры.

Нарушение нормального развития растений в условиях кислотных дождей имеет довольно широкий спектр причин. Известно, в частности, что **кислотные дожди** могут привести к сложным физико-химическим процессам в почве, в результате которых растениям становится недоступен кислород. Доказана высокая токсичность растворимой формы алюминия для корневой системы. Почва является граничным слоем между атмосферой и биосферной частью литосферы. Главное назначение этой экосистемы – обеспечение круговорота веществ в биосфере.

**Экосистема** испытывает те же динамические процессы, что и её популяции и сообщества: цикличность, смену популяций и биоценозов. Суточная, сезонная и многолетняя периодичность внешних условий и проявление внутренних (эндогенных) ритмов организмов, флуктуации популяций достаточно синхронно отражается в цикличности всего сообщества – биоценоза. **Биоценоз** – (греч. *bios* – жизнь, *koinos* – общий) совокупность растений, животных грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема. Суточные *циклы* наиболее резко выражены в условиях климата высокой континентальности, где значительная разница между дневными и ночными температурами, превращает фосфор из-за связывания его в труднорастворимую соль. С другой стороны, повышение **кислотности почв** приводит к возникновению в почвенных структурах растворимой формы алюминия. Например, в песчаных пустынях Средней Азии в жаркий полдень многие животные прячутся в норы или ведут ночной образ жизни летом, а некоторые – зимой переходят на дневной образ жизни (змеи, пауки). Однако суточные ритмы наблюдаются во всех географических зонах, и даже в тундре в полярный день растения закрывают и открывают свои цветки в соответствии с этими ритмами.

Сезонная *цикличность* выражается в том, что на определенный период из биоценоза «выпадают» группы животных и даже целые популяции, впадающие в спячку, в период диапауз или оцепенений, при исчезновении однолетних трав, опадении листьев. Это в слабой форме выражено даже во влажных тропических лесах.

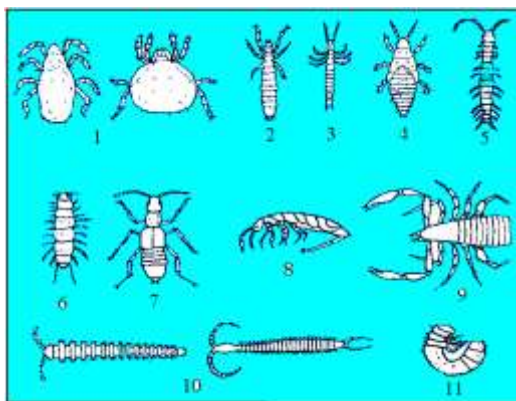
Многолетняя *цикличность* проявляется благодаря флуктуациям климата. Многолетняя периодичность в изменении численности биоценоза, вызванная резко неравномерным выпадением осадков по годам, с периодическим повторением засух, хорошо иллюстрируется с повторением массовых размножений животных, например саранчевых (налеты саранчи). Она может быть связана с особенностями развития растений – эдификаторов. Например, в буковых лесах сомкнутые кроны многолетних деревьев угнетают растительность нижних ярусов, но как только бук упадет, начинают бурно расти молодые деревья и крона восстанавливается. Так, происходит обновление букового леса, на которое в естественных условиях требуется цикл в 250 лет. Экосистеме свойственно

развитие - последовательная смена биоценозов, как замещение простого сообщества более сложным, с богатым биологическим разнообразием, усложнением пространственной и трофической структур, что делает экосистему более устойчивой. Ю. Одум (1986) под экологической сукцессией - не иначе как выше отмеченной последовательной сменой биоценозов, понимает весь процесс развития экосистемы.

Так, «**сукцессия**» – последовательная смена биоценозов, возникающая на одной и той же территории (биотопе) под влиянием природных факторов (в том числе и внутренних противоречий самих биоценозов) или воздействия человека. Представим себе территорию или участок суши, которые никогда не были заселены живыми существами. Первые поселившиеся на этой территории организмы называются **пионерами**. Лишайники-пионеры разрушают твердую поверхность, возникает некоторое количество почвы, на которой могут закрепиться и размножиться мхи, постепенно вытесняя лишайники. Мхи способны удерживать влагу. Возникают условия, благоприятные для мелких семенных травянистых растений конкуренцию с которыми мхи не выдерживают. Принесенные ветром семена деревьев и кустарников прорастают, лишая травы солнечного света. Корни и выделяемые ими вещества размельчают крупные частицы почвы, что способствует сохранению в ней минеральных веществ. Вода и ионы питательных веществ связываются с поверхностью частиц почвы, а у мелких частиц суммарная поверхность больше. Почва становится более плодородной, за счет поступающих в неё остатков отмерших растений, мелких животных, бактерий (рис 19). По мере накопления гумуса и пыли, с повышением влажности почвы развиваются более сложные, но не стабильные, неустойчивые сообщества. Одна стадия развития сообщества сменяет другую, пока не достигает состояния, близкого к равновесию с окружающей его средой. Состояние относительного равновесия наступает через десятки, а то и сотни лет. Каждая новая стадия развития сообщества благоприятна для новых видов и неблагоприятна для старожила. Изменения в сообществе в результате сукцессии носят закономерный характер и обусловлены взаимодействием организмов между собой и с окружающей абиотической средой. Эти изменения приводят к нестабильности сообществ. Нестабильные сообщества или как их иначе называют «**серийные-сериальные сообщества**», имеют тенденцию переходить в стабильные. Экологическая сукцессия происходит в определенный отрезок времени, в который изменяется видовая структура сообщества и абиотическая структура его существования вплоть до кульминации его развития – возникновения стабилизированной системы. Такую стабилизированную экосистему называют климаксом. **Климакс** – относительно устойчивое состояние растительного покрова в экосистеме, возникающее в процессе смены фитоценозов. Как правило, устойчивая конечная стадия – климаксовое (от греческого *klimax* – лестница) сообщество. Однако к этому состоянию система проходит через ряд стадий развития, первые из которых часто называют *стадией первых поселенцев*. Поэтому, в более узком смысле, сукцессия – это последовательность сообществ, сменяющих друг друга в данном районе. Стабильность сообщества может быть длительной лишь в том случае, если изменения среды, вызванные одними организмами, точно компенсируются деятельностью других, с противоположными

экологическими требованиями. Это условие нарушается при нарушении круговорота веществ и тогда часть популяций, которые не могут выдерживать конкуренции, вытесняются другими, для которых эти условия благоприятны, и гомеостаз восстанавливается. Для возникновения сукцессии необходимо свободное пространство. В зависимости от первоначального состояния субстрата, различают первичную и вторичную сукцессию.

*Первичная сукцессия* – позволяет проследить формирование сообществ с самого начала. Она может возникнуть на склоне после оползания или обвала, на образовавшейся отмели при отступлении моря и изменении русла рекой, на обнаженных эоловых песках пустыни, не говоря уже об антропогенных нарушениях; свежая лесосека, намывная полоса морского побережья, искусственные водохранилища. Первыми, как правило, на свободное пространство начинают внедряться растения посредством перенесенных ветром спор и семян, либо за счет вегетативных органов оставшихся по соседству растений. В качестве примера первичной сукцессии обычно приводят зарастание еловым лесом новых территорий.



1 – два панцирных клеща; 2 – протура; 3 – клещехвостка; 4 – трипс; 5 – сколопендрелла; 6 – раиругис; 7 – хищный жук; 8 – ногохвостка; 9 – лжескорпион; 10 – многочленики; 11 – личинка пластинчатого жука.

Рисунок 19 – Почвенные членистоногие участвующие в почвообразовании

Ельник – это последняя климаксная стадия развития экосистемы в климатических условиях Севера, то есть уже коренной биоценоз. Вначале здесь развиваются березняки, ольховники, осинники, под пологом которых растут ели. Постепенно они перерастают березу и вытесняют её, захватывая пространство (рис. 20). Семена обеих древесных пород легко переносятся ветром, но, если даже они прорастут одновременно, береза растет намного быстрее – к 6-10 годам ель едва достигает 50-60 см, а береза – 8-10 см. Под уже сомкнутыми кронами берез возникает уже свой микроклимат, обилие опада листьев способствует формированию особых почв, поселяются многие животные, появляется разнообразный травянистый покров, создаются консорции березы с окружающей средой.

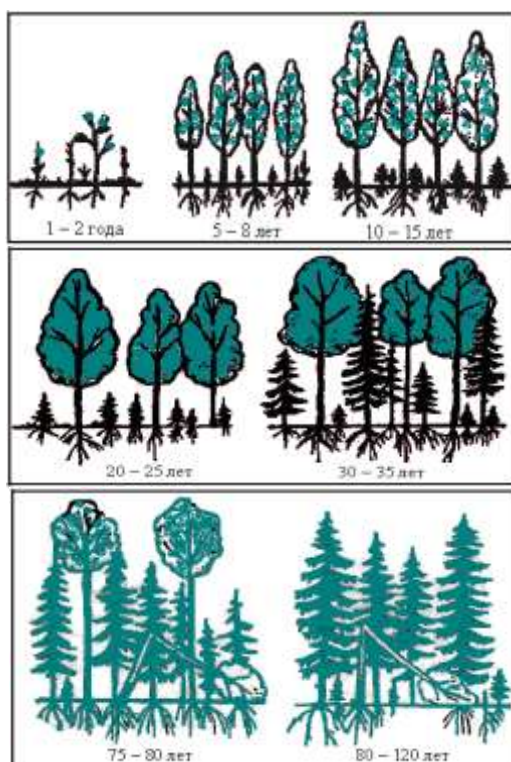
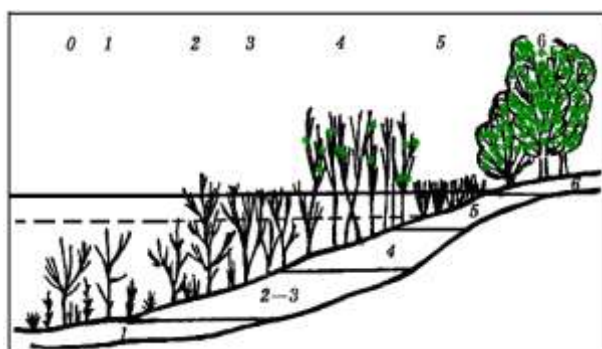


Рисунок 20 – Смена березняка ельником (по И.Н. Пономаревой, 1978)



Зоны: 0 – свободноплавающие растения; 1 – низкие (придонные) погруженные растения; 2 – высокие погруженные растения; 3 – растения с плавающими листьями; 4 – высокие надводные растения; 5 – низкие и средневысокие надводные растения; 6 – черноольховая топь. Отложения: 1 – сапроелит; 2-3 – сапроелитовый торф; 4 – тростниковый и камышовый торф; 5 – осоковый торф; 6 – лесной торф (Соловьев, 1983)

Рисунок 21 – Заращение эвтрофного водоема с непроточной или слабопроточной водой (пунктиром показан нижний уровень воды)

Контрольные вопросы:

1. Показатели для количественной оценки видового разнообразия?
2. Цикличность экосистем, и какими факторами она обусловлена?
3. Почему тропический лес гораздо богаче видами, чем леса иных природных зон?
4. Тенденция к увеличению видового разнообразия в экотоне?
5. Какое экологическое значение имеют продуцирование и разложение в природе?

6. Что такое биомасса и каковы экологические последствия её нестабильности?
7. Сукцессия и причины её возникновения?
8. В чем сущность первичной и вторичной сукцессии? Эвтрофикация?
9. Что понимается под сукцессионной серией и как возникает климаксное сообщество?
10. Совокупность растений, животных грибов и микроорганизмов, совместно населяющих участок суши или водоема?

### Глава 3 ЧЕЛОВЕК И БИОСФЕРА

#### Последствия воздействия на биоту, экотоп, случайного или преднамеренного внедрения чужеродных видов в сообщество

**Последствия некоторых форм антропогенного воздействия на биоту и экотоп.** Всю совокупность растительных организмов данной территории планеты любой детальности (региона, района) называют **флорой**, а совокупность животных организмов – **фауной**. В свою очередь флора и фауна составляют **биоту**. В результате деятельности человека, прежде всего изменяются первичная продуктивность и распределение потоков энергии в экосистеме. Первичная продуктивность – общее количество органических веществ, производимое сообществом фотосинтезирующих продуцентов (в основном зелеными растениями) на единицу площади за единицу времени. Чистая первичная продукция – органическое вещество – основа существования всего живого на Земле (рис 22).

#### ТИПЫ ЭКОСИСТЕМ.

ПЛОЩАДЬ, % ЧИСТАЯ ПРОДУКЦИЯ, %



Рисунок 22 – Первичная продукция различных экосистем

На схеме видно распределение первичной продукции в экосистемах разного типа. Человек всегда старается получить как можно больше продукции, он развивает и поддерживает экосистемы ранних стадий сукцессии, молодые экосистемы. Но человек хочет как бы забыть, что ему нужны и «несъедобные» продукты природы – сбалансированная по  $\text{CO}_2$  и  $\text{O}_2$  атмосфера, мягкий климат и зеленые массивы, чистая вода. Первичная продуктивность снижается и под действием загрязнителей – антропогенного воздействия. **Антропогенные** факторы – факторы порожденные человеком и воздействующие на окружающую среду (загрязнение, эрозия почв, уничтожение лесов). Например, загрязнение оксидами серы и азота (концентрация  $0,1886 \text{ мг/м}^3$  в течение 8 часов) снижает первичную продуктивность сахарной свеклы на 20-40%, зерновых – на 30%. Особенно опасно совместное действие загрязнителей атмосферы и почвы, что снижает первичную продуктивность лесов на десятки процентов. Вместе с этим, в результате опять-таки деятельности человека, стремительно исчезают лесные экосистемы – богатейшие хранители генофонда биосферы. Однако нас интересуют, прежде всего, последствия вырубki лесов (рис. 23).

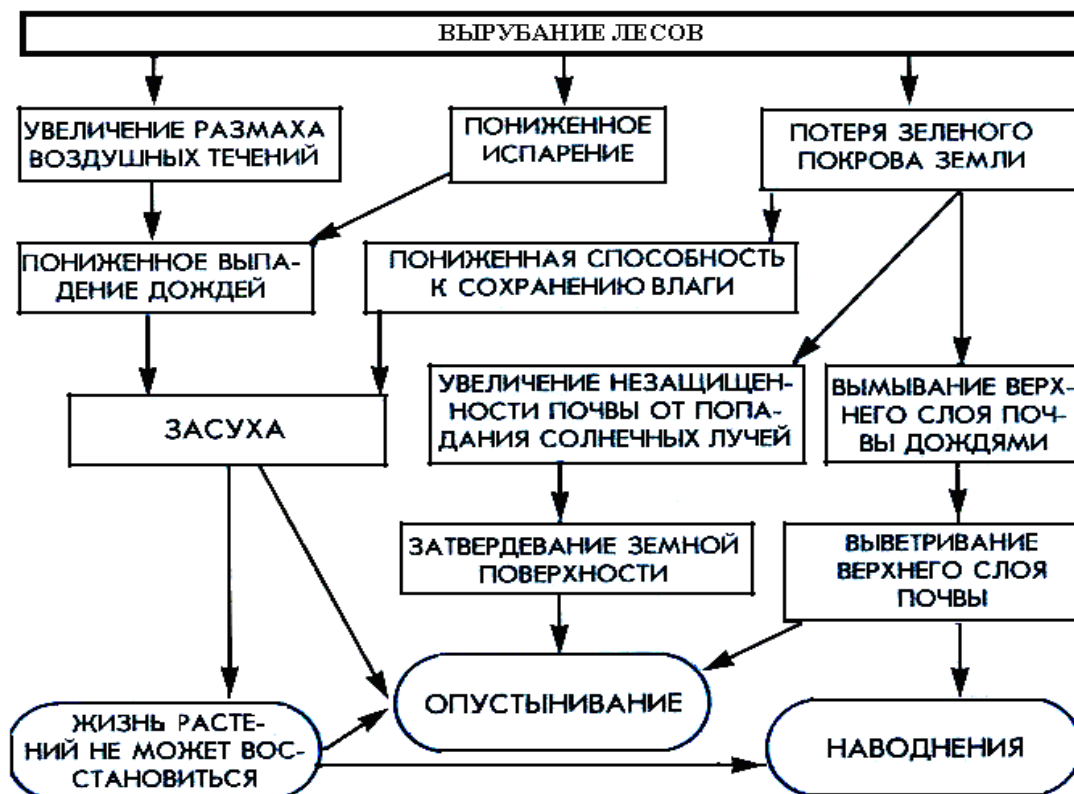
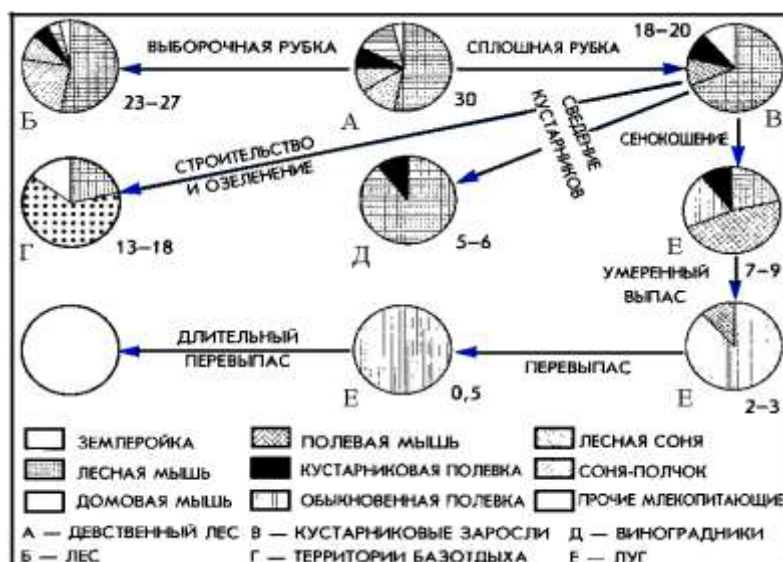


Рисунок 23 – Последствия и результаты вырубki лесов

Даже частичное вырубание деревьев изменяет среду жизни оставшихся растений, нарушает их жизнедеятельность и состояние. Сплошная рубка резко меняет условия среды на открытое местообитание. В растениях лесного подроста и в тенелюбивых растениях травянистого и кустарничкового ярусов разрушается хлорофилл, что выражается в побледнении листьев, резком высушивании – ксерофилизации, угнетении роста, ожогах, отмирании части надземных органов. На вырубках создаются условия для поселения светлюбивых растений,

устойчивых к нагреванию и недостатку влаги. Изменяется и состав животного населения (рисунок 24), под влиянием разных антропогенных факторов (рубка деревьев, строительство, перевыпас). Полнота сукцессий и видовое разнообразие возможны в случае надежной «работы» круговорота питательных веществ. Только в этом случае можно говорить о стабильности экосистемы, которая достигается в результате преобразования сообщества на основе длительной эволюции видов. Полным биологическим разнообразием обладает биосфера, которая и является стабильной глобальной экосистемой – экосферой. Лес может рассматриваться также как элемент и фактор географического ландшафта. В этом случае, естественно, что целенаправленно формируемая ландшафтная система не может функционировать в режиме самовоспроизводства и самоподдержки. Представленная самой себе, она будет эволюционировать к состоянию, определяемому совокупностью внешних природно-географических факторов – **эктопом**, что равносильно деградации культурного ландшафта. Таким образом, вырубка ускоряет процесс деградации естественного ландшафта. Восстановление же леса после вырубki уменьшает эрозию почв, вымывание из нее питательных веществ и изменяет режим водообмена. Однако на многих участках нарушения, связанные и широкомасштабной вырубкой, настолько велики, что затрудняют последующее лесовосстановление или делают его невозможным. Тяжелые машины, используемые для вывоза бревен, уплотняют почву. Вывоз большого объема растительной массы из влажных тропических лесов, где питательные вещества находятся в основном в самих растениях, а не в почве, приводит к обеднению экосистемы питательными веществами, для восстановления которых требуются сотни лет. Существование дятлов и других видов животных, обитающих на старых и мертвых деревьях, находится под угрозой почти во всей Европе, поскольку большая часть лесов в ней превращена в монокультурные массивы.



В цифрах – плотность населения этих млекопитающих (экз/га) в июне  
 Рисунок 24 – Изменение комплекса мелких млекопитающих дубово-грабового леса под влиянием разных антропогенных факторов.

В большой части лесных массивов (97%) Западной Германии осталось всего три вида деревьев. Монокультурные леса становятся очень восприимчивы к различного рода заболеваниям. Эпидемии и нашествия вредителей стали обычным явлением на плантациях хвойных деревьев в США, Центральной Европе и Китае и превратились в проблему на всех тропических плантациях. Эпидемии могут уничтожить всю экосистему, а не только обособленные группы деревьев. Лесные экосистемы разрушаются из-за расчленения их территории, что, несомненно приведет к состоянию деградации – **эктопу**. Таким образом, человек взяв на себя труд окультурить ландшафт, автоматически обрекает себя на постоянный уход за этим ландшафтом, чтобы поддерживать его параметры на требуемом уровне, причем этот процесс может длиться десятки лет. В процессе ухода за территориями лесных массивов надо иметь в виду, что каждая порода деревьев обладает определенным сроком жизни (долговечностью). Важно правильно подобрать ассортимент насаждений с тем, чтобы, в конечном счете, получить устойчивое сообщество растений, с целью создания наилучшей среды отдыха и обитания человека. Ярким примером этого является лесная «опушка», на которой пышнее и богаче растительность, гнездится значительно больше птиц, больше насекомых, чем в глубине леса.

Экосистема развивается в соответствии с принципом сукцессионных преобразований: поступательные изменения в сообществе приводят к смене одного сообщества другим с иным набором господствующих видов. Для них характерны возрастание видового разнообразия, биомассы, усложнение пространственной и трофической структуры, нарастание устойчивости. Для самого сообщества невозможно одновременное сочетание двух противоположных свойств: быть высокостабильным и давать большой запас чистой продукции.

**Последствия преднамеренного внедрения чужеродных видов в сообщество.** Одной из важной причин сокращения численности и исчезновения видов животных является **интродукция** внедрение (**акклиматизация**) чуждых (чужеродных) видов. В связи с быстрым ростом частоты и объема межконтинентальных и межрегиональных перевозок нарастает значение **преднамеренного** внедрения или **непреднамеренной интродукции**, как фактора деградации аборигенных сообществ. Вселенные виды изменяют порой всю систему связей в сложившихся биогеоценозах, и многие аборигенные виды оказываются при этом лишены своих экологических ниш. На деградацию животных сообществ могут оказывать влияние и вселенные виды растений, поскольку с каждым растением связан определенный круг животных видов. В литературе описаны многочисленные случаи вымирания аборигенных (коренных) видов из-за влияния на них завезенных видов животных или растений. Есть еще больше примеров, когда местные виды из-за вторжения «пришельцев» находятся на грани исчезновения. Широко известны примеры негативного влияния американской норки на европейскую в России, канадского бобра – на европейского, ондатры на выхухоль. Флора Карелии на 18% представлена сегодня чужеземными видами.

В Англии число вселенных видов растений превысило 700, а во флоре Мадагаскара их еще больше – за 900. Многие ученые считают, что лишь в обедненные антропогенные экосистемы возможно введение новых видов для



сбалансирования экологической системы. Так, например, по мнению А.Г. Банникова, вполне допустима интродукция растительноядных рыб – толстолобика, белого амура – в искусственные каналы, где они будут препятствовать их зарастанию. Нелишне отметить, что ряд акклиматизационных работ российских ученых получили высокую оценку на мировом уровне. Это, например, - беспрецедентная в истории акклиматизации трансокеаническая пересадка камчатского краба в Баренцево море, где в настоящее время сформировалась его самовоспроизводящая популяция. Так, же успешно прошла акклиматизация пиленгаса в Азовском море и горбуши на европейском Севере. Вселенцы начинают вести с аборигенами за пищу и пространство, вытесняют их путем прямого преследования, вносят изменения в биотоп (**биотоп** – места жизни биоценоза) своей деятельностью, иногда скрещиваются с местными видами. Конечным результатом являются перестройка аборигенных сообществ и вымирание видов, не сумевших «вписаться» в новое сообщество.

Изменение флоры часто приводит к общим ландшафтным изменениям и порождает эффект так называемого вторичного нарушения местообитания видов. Этим объясняются некоторые на первый взгляд странные зависимости: интродукция грызунов способна вызвать исчезновение некоторых видов насекомых. Так, на Гавайях вымирание нескольких видов бабочек связано с интродукцией зайца. Появление грызунов на небольших островах Новой Зеландии вызвало резкое уменьшение численности популяций 4 видов насекомых из отряда прямокрылых, являющихся одними из самых крупных насекомых на Земле.

С эффектом вторичного нарушения местообитания связывают сокращение популяции нелетающего совиного попугая какапо в Новой Зеландии. Эффект вызван интродукцией благородного оленя, уничтожившего подлесок – излюбленную среду обитания попугая. В ряде случаев вымиранию видов способствовала интродукция, осуществляемая с благими намерениями, но приведшая к непредвиденным последствиям. Так, широкое распространение тропической пресноводной рыбы гамбузии, предпринятое для уничтожения комаров (гамбузия питается их личинками) поспособствовало уничтожению нескольких видов аборигенных рыб в Австралии и одного вида стрекоз – на Гавайях. Попытка снизить численность гигантской африканской улитки на островах Тихого океана интродукцией хищного наземного моллюска обернулась резким падением численности эндемичных (эндемик – греч. endemos – местный, виды, роды, семейства ограниченные в своем распространении относительно небольшой географической областью) моллюсков. Акклиматизация ондатры в европейской части России, хотя и прошла благополучно, вызвало снижение популяции выхоули, а в Прибалтике отрицательно повлияло на популяцию раков.

**Вселенные** виды часто несут с собой инфекционную опасность. Возбудители болезней, перевозимые вместе с интродуцентом, способны поражать виды, не выработавшие виды в ходе эволюции защитных механизмов против данного вида микроорганизмов. Опасными являются и перевозимые с интродуцентами паразиты.

Хорошо известен пример неудачной акклиматизации каспийской севрюги в бассейне **Арала**, когда вместе с севрюгой в Аральское море был завезен **жаберный сосальщик**. Для севрюги он был неопасен, зато оказался причиной

массовой гибели эндемичного **Аральского шипа**. В настоящее время биологи рассматривают интродукцию как один из важнейших факторов деградации животного мира, занимающий по значимости третье место после таких причин, как разрушение местообитаний и чрезмерная добыча. Вселение новых видов в сложившиеся биоценозы требует особой осторожности. Успех может быть обеспечен лишь в весьма ограниченных случаях, например, если введение новых видов происходит в обедненные биогеоценозы с множеством пустующих экологических ниш. Из общего числа видов рыб, находящихся под угрозой вымирания, 28% обязаны именно действию фактора интродукции. Для птиц мы имеем такой же процент, для рептилий – 17 %, для млекопитающих – 6 %.

**Последствия случайного внедрения чужеродных видов в сообщество.** Каждый вид существует в определенных условиях природной среды, характеризующихся набором физико-химических, ландшафтно-географических, биологических параметров. Условия эти всегда пространственно ограничены и на практике воспринимаются просто как место, где обитает данный вид или популяция, то есть место обитания. Место вида в природе (экологическая ниша), преимущественно в биоценозе, определяет не только его положение в пространстве, но и функциональную его роль в сообществе, а также отношение к абиотическим условиям существования (Хрусталева, Матишов, 1996). Важно подчеркнуть, что эта ниша не просто физическое пространство, занимаемое организмом, но и его место в сообществе, определяемое его экологическими функциями. Ю. Одум (1975) образно представил экологическую нишу как занятие, «профессию» организма в той системе видов, к которой он принадлежит, а его местообитание – это «адрес» вида.

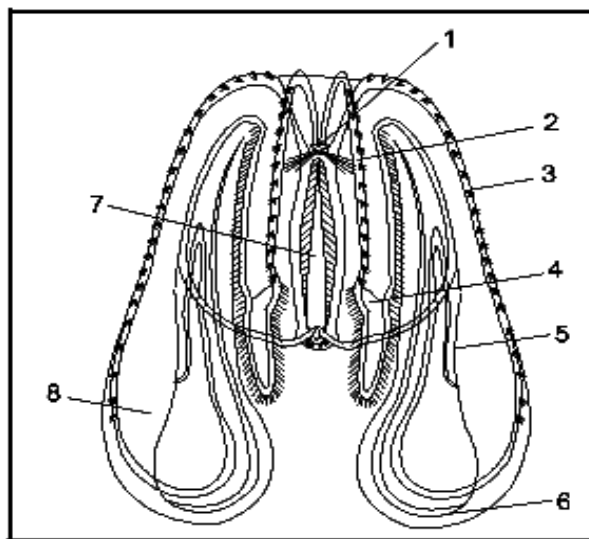
Последствия смены адресата «экологической ниши», или **случайного** в результате деятельности человека, **внедрения чужеродного вида в сообщество**, можно привести на примере популяции **вселенца** *Mnemiopsis leidyi* (A. AGASSIZ) (*STENOPHORA: LOBATA*) (рис. 25) в Каспийское море. Проникновение данного вида гребневика из Черного моря, в замкнутое Каспийское море, произошло в результате из-за сброса «балластных» вод с транспортных судов, обеспечивающих перевозку, как нефтепродуктов, так и других грузов.

Изоляция Каспийского моря, его обедненный, по сравнению с Черным и Средиземным морями, видовой состав, а так же отсутствие хищников и паразитов у мнемииопсиса на Каспии – предопределили благоприятные условия для образования и развития новой популяции *Mnemiopsis leidyi*. Благодаря этому гребневик создал в Каспии новую популяцию за 2-3 года, а не через 5-6 лет, как в других бассейнах. Проникновение данного вида гребневика в замкнутое море-озеро должно рассматриваться с позиции экологии как образование нового тупикового звена в трофической цепи экосистемы Каспия, а также как появление нового массового вида, угрожающего существованию местным видам.

Угроза исходит как из прямого их выедания, так и в результате пищевой конкуренции, что значительно подрвет запасы биоресурсов моря. Тип *Stenophora*, представлен единственным одноименным классом, объединяющим около 90 видов.

Мнемииопсис относится к подклассу щупальцевые (*Tentaculata*), так как на ранних стадиях имеет щупальца (Догель, 1975). Сам род мнемииопсиса включает в

себя 2 или 3 плохо определяемых вида. По предложению Г. Харбисона (США) эти виды являются формами одного и того же вида. Профессор С-Петербургского Государственного университета (ЛГУ) Л.Н. Серавин, определил гребневика обнаруженного в Черном и Каспийском морях, как один полиморфный вид *Mnemiopsis leidyi* (A. AGASSIZ). Исходная популяция мнемииопсиса обитает в лагунах, эстуариях и водах шельфа над глубинами до 200 м, (Майер, 1912; Нельсон, 1925; Серавин, 1994).



1 – аборальный орган; 2 – субтентакулярный; 3 – субсагиттальный ряд гребных пластинок; 4 – аурукилус; 5 - субсагиттальный канал в боковой доле; 6 – транслобальный канал; 7 – тентакулярный канал; 8 – оральная лопасть

Рисунок 25 – Гребневик *Mnemiopsis leidyi*

Ареал обитания гребневиков рода *Mnemiopsis* простирается от 40° южной широты (A. AGASSIZ, 1965) до 40° северной широты (Мианзан и Сабатини, 1985; Нельсон и Воловик, 1993) вдоль атлантического побережья американских континентов. Гребневики **гермафродиты**, с простым жизненным циклом без метаморфоза. Они необычайно плодовиты, взрослые особи могут выметать ежедневно до 1000 яиц. Особенностью данного типа является то, что может размножаться и личинка, недавно вышедшая из яйца, которая продуцирует жизнеспособные яйца. Поврежденный гребневик при благоприятных условиях среды быстро восстанавливает утраченные части тела, при разрывах на несколько кусочков образуются (по количеству расчлененных кусков) новые самостоятельные организмы.

Рассматриваемый вид является активным хищником. Во время процесса питания мнемииопсис захватывает малоподвижную добычу с помощью лопастей, покрытых клейкой слизью, четырьмя короткими околоротовыми отростками – аурикулами. В отличие от медуз – микрофагов, *Mnemiopsis* является макрофагом, способен поедать относительно крупную добычу - длиной до 1 см, и более (Main, 1928). В его желудке попадались не только мелкие копеподы (веслоногие рачки), личинки донных животных, но и икра, личинки рыб длиной до 1 см.

Таксономическое описание вида. *Mnemiopsis leidyi* – лопастной гребневик, для него характерно наличие двух больших подвижных лопастей, называемых оральными лопастями. Под оральными лопастями расположены 4 меньшие лопасти – аурикулы. На ротовом конце тела на обеих уплощенных сторонах тела имеется щупальцевый аппарат. Центральная часть щупальцевого аппарата расположена выше губы щелевидного рта. Обе губы сократимы. В средней части они обычно имеют хорошо выраженный выступ, в который заходит дистальный конец глоточного канала. Параллельно внешнему краю губы проходит лабиальный канал, который образуется за счет раздвоения дистального конца глоточного канала (Fewkes, 1882). Две его ветви, идя вдоль губы в противоположных направлениях, достигают своего края сферосомы, где поворачивают аборально и следуют до уровня статоцита. За пределами ротовых губ эти каналы называются металабиальными. Всего их у *мнемиопсиса* четыре (Серавин, 1994). Центральная часть щупальцевого аппарата расположена несколько выше ротовой губы. Основу его составляет тентакулярный базис, состоящий из двух долей и прикрытый сверху тонким прозрачным капюшоном (А. Agassiz, 1865; Fewkes, 1881). На тентакулярном базисе несколько выше отхождения пучков нитевидных щупалец начинаются две взаимно связанные тентакулярные бороздки (Agassiz, 1865; Заика, Сергеева, 1990). Эти бороздки по всей своей длине покрыты сверху тонкой крышей (Серавин, 1994). Плоскость, проходящая через его центральную часть и аборальный орган или статоцист называется тентакулярной или щупальцевой плоскостью. Меридиональные каналы по обе стороны этой плоскости называются субтентакулярными, под каналами находятся ряды гребных пластинок. Можно привести печальные выводы: в районах максимальных концентраций *мнемиопсиса* личинки моллюсков в составе зоопланктонов отсутствовали, именно поэтому с началом массового развития гребневика (2001 год), стала прослеживаться тенденция уменьшения биомассы бентосных организмов, имеющих личиночную планктонную стадию. Из состава бентоса юго-восточного Каспия исчез **моллюск** *Mytilaster lineatus*, хотя в предыдущие годы его биомасса достигала 52 г/м<sup>2</sup>. Таким образом, влияние вселенца затронуло различные уровни организации живого – популяционный, уровень сообщества, экосистемный. Это нашло свое отражение на процессах формирования уникального комплекса биоресурсов Каспийского моря.

В этой связи, можно констатировать, что с развитием транспорта резко увеличивается переселение животных за пределы их естественного ареала. Процесс этот случаен: растения и животные «путешествуют» вместе с грузами, прикрепляясь к днищам кораблей, проникая в железнодорожные вагоны, трюмы судов, салоны самолетов. Даже в глухих, незаселенных местах очень быстро появляются несвойственные местным сообществам виды, если здесь обосновывается геолого-разведывательная экспедиция, появляются первые отряды строителей, всеми видами транспорта, включая вертолеты, вместе с грузами сюда «доставляются» крысы, домовые мыши, амбарные вредители, семена сорняков. В основном подобным путем транспортируются семена растений и беспозвоночные животные (прикрепленные к днищам судов гидробионты, попадающие с грузом членистоногие). В меньших количествах, но достаточно регулярно завозятся позвоночные, главным образом амфибии и рептилии, а также млекопитающие (не

только крысы) и реже птицы. Развитие средств транспорта, – пишет Ч. Элтон, – в течение последних лет непрерывно поддерживало и усиливало эту «бомбардировку» всех стран чужеземными видами, перевезенными случайно или намеренно по морю, воздуху или по суше из мест, которые ранее были разобщены.

Этот всемирный процесс, усиливающийся с каждым годом, ведет к постоянной ломке того распределения видов, которое существовало всего сто лет назад (Ч. Элтон, 1960).

Контрольные вопросы:

1. Как влияет загрязнение окружающей среды на первичную продуктивность экосистем?
2. В чем опасность разрушения природных экосистем в целом?
3. Охарактеризуйте функции леса в биосфере?
4. Почему гибель лесов является одной из наиболее серьезных экологических проблем?
5. К каким экологическим последствиям приводит антропогенное воздействие на биотические сообщества?
6. Какова главнейшая экологическая функция животного мира?
7. Назовите основные причины вымирания животных, сокращения их числа и утраты ими биологического разнообразия в настоящее время?
8. Последствия преднамеренного внедрения чужеродных видов в сообщество?
9. Последствия случайного внедрения вселенца Каспия?

### **Биосфера – глобальная экосистема Земли**

Период между 6,5-5 млн лет назад представляет собой один из важных переломных моментов в истории природы, для которого в целом характерно похолодание. Так, температура в Южном океане снизилась с 20 до 6°C. в этот период произошли перемены в распределении суши и океанов: раскололся древний материк Гондвана, Австралия отделилась от Антарктиды, вокруг Антарктиды возникло антарктическое полярное течение, охватывающее её кольцом. Второе резкое похолодание наступило около 3 млн лет назад. Северный полярный бассейн покрылся морскими льдами, а айсберги распространились до Северной Атлантики. Температуры января были на 15-20°C, а июля – на 3-5°C ниже современных. Сокращается площадь лесов. В Средиземноморье распространились биомы степи.

Главный источник энергии для ландшафтной оболочки, как и для биосферы, – солнечная радиация – «движитель» биогеохимических циклов биофильных элементов. И главный компонент фотосинтеза – источника первичной продукции. Но энергия Солнца, обеспечивая эту продуктивность, составляет лишь 2-3% от всей его энергии, достигшей поверхности Земли. Все это свидетельствует, о том, что живая природа существует в едином энергетическом поле всего ландшафта.

Продуктивность различных типов экосистем далеко неодинакова и занимают они разные по величине территории на планете. По Ю. Одуму (1986), **биом** – «крупная региональная и субконтинентальная экосистема, характеризующаяся каким-либо основным типом растительности или другой характерной особенностью ландшафта».

Опираясь на эти представления, Ю. Одум предложил следующую классификацию природных экосистем биосферы (на рисунке 26 – мировое распределение **био́мов**):

### **I. Наземные биомы.**

Тундра: арктическая и альпийская.

Бореальные хвойные леса.

Листопадный лес.

Степь умеренной зоны.

Тропические степи и саванны.

Чапараль – районы с дождливой зимой и засушливым летом.

Пустыня: травянистая и кустарниковая.

Полувечнозеленый тропический лес: выраженный влажный и сухой сезоны.

Вечнозеленый тропический дождевой лес.

### **II. Типы пресноводных экосистем.**

Лентические (стоячие воды): озера, пруды, водоемы.

Заболоченные угодья: болота и болотистые леса.

### **III. Типы морских экосистем.**

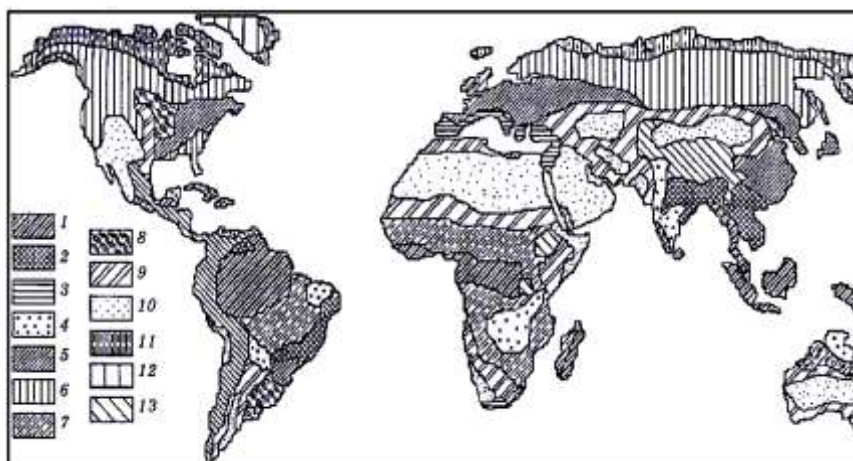
Открытый океан (пелагическая).

Воды континентального шельфа (прибрежные воды).

Районы апвеллинга (плодородны районы с продуктивным рыболовством).

Эстуарии (прибрежные бухты, проливы, устья рек, соленые марши).

Границы распределения био́мов определяются ландшафтными компонентами материков, в названии, как правило, доминирующая растительность (лесной, кустарниковый). В водных экосистемах растительные организмы не доминируют, поэтому, за основу взяты физические признаки среды обитания («стоячая» вода, открытый океан). Как явствует из вышесказанного, биом – это экосистема, которая совпадает своими границами с ландшафтами регионального уровня (рис. 27). Он состоит из тех же компонентов, что и ландшафт, но главный его компонент – биота, и основное внимание здесь уделяется процессам, создающим органическое вещество, и биохимическому круговороту веществ. Известно, что стабильная экосистема характеризуется состоянием взаимосвязей между живыми организмами и окружающей физической средой. Всеобщий гомеостаз такой системы позволяет ей противостоять внешнему воздействию в довольно широком диапазоне толерантности **«толерантность»** (лат) – *tolerantia* – терпение, способность организма переносить неблагоприятное влияние того или иного фактора среды), по отношению, например, к климатическим факторам, тогда говорят об экосистеме *климатического климакса*.



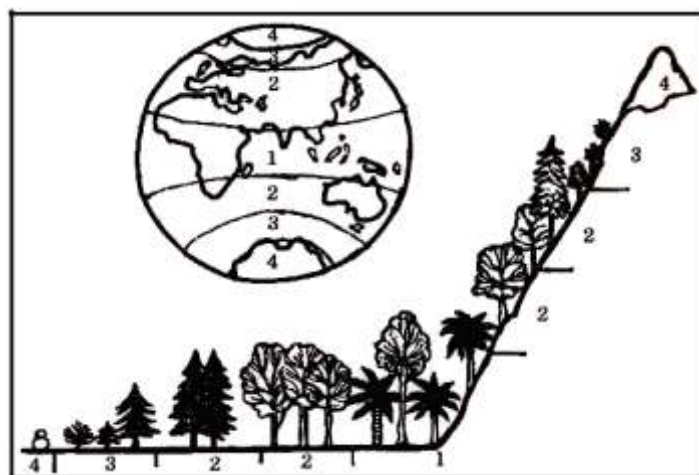
**Низкоширотные леса:** 1 – тропический дождевой лес; 2 – осветленный тропический лес (полулистопадный); 4 – кустарники и колючие леса. **Среднеширотные леса:** 3 – средиземноморский кустарниковый лес; 5 – широколиственный и смешанный широколиственно-хвойные леса; 6 – хвойные леса. **Злаковые сообщества:** 7 – саванна; 8 – прерия; 9 – степь (тропические и средние широты). **Пустыни:** 10 – кустарниковая и полная; 11 – тундра; 12 – ледяной покров; 13 – недифференцированные высокогорья.

Рисунок 26 – Мировое распределение основных видов биомов для растительного покрова (Ю. Одум, 1986)

**Климатический климакс** – результат сукцессионной серии экосистемы в данных климатических условиях. Но, как известно, для Земли характерна климатическая зональность, а отсюда и зональность наземных экосистем, климаксная стадия которых будет определяться конкретными климатическими факторами соответствующей зоны. Известно, что кроме горизонтальной зональности климата в масштабе всего земного шара наблюдается ещё и вертикальная, или высотная, зональность в горных системах.

**Тундры** характеризуются суровыми условиями для произрастания: вегетационный период всего 2-2,5 месяца, осадков мало – 200-300 мм, сильные ветры и даже летом, ночью температура падает ниже 0°C, плюс к этому – вечная мерзлота на глубине в несколько десятков сантиметров летом, а зимой – оттаивающий летом слой промерзает полностью. Кустарники многолетние зимнезеленые для более полного использования светлой части года, подушкообразной и стелющейся форм (касσιοпея, брусника, вероника) и таких же форм карликовые растения с опадающими листьями (черника, карликовая береза). Продуктивность наземных экосистем тундры значительно ниже ряда других систем, но вместе с океаном они способны прокормить перелетных птиц, насекомых, северных оленей, овцебыков, медведей, волков, песцов).

**Бореальные хвойные леса** распространены в северной части умеренной климатической зоны. Это хвойные леса северной части умеренного пояса полушария с суровыми зимними температурами – тайга. Таежные сообщества представлены темнохвойными породами деревьев – ель, пихта, сибирская кедровая сосна (сибирский кедр) и светлохвойными – лиственницей и сосной (преимущественно на песчаных и супесчаных почвах).



1 – тропическая зона – зона тропических лесов; 2 – умеренная зона – зона лиственных и хвойных лесов; 3 – альпийская зона – зона травянистой растительности, мхов и лишайников; 4 – полярная зона – зона снегов и льдов

Рисунок 27 – Схема, показывающая соответствие между последовательными вертикальными и горизонтальными растительными зонами

Из крупных животных в тайге – медведь, волк; из травоядных – лось. Большое значение в хвойных лесах имеет семенной фонд и хвоя: семенами питаются птицы, белки, бурундуки и другие мелкие грызуны, а хвоей – насекомые. Хвойные леса – самые крупные в мире поставщики лесоматериалов. Они весьма продуктивны несмотря на низкую температуру в течение полугода, так как сплошной зеленый покров, содержащий хлорофилл, сохраняется круглый год.

**Листопадные леса умеренной зоны** (широколиственные леса), расположенные южнее тайги, в отличие от неё, не имеют сплошного распространения. Произрастают они в условиях более мягкого климата, с осадками от 700 до 1500 мм/г, с умеренными температурами и четко выраженными сезонами. В основном в листопадных лесах среди древесной флоры доминируют бук и дуб.

Благодаря опадению листьев формируется мощная лесная подстилка, позволяющая перезимовать многим беспозвоночным животным. Среди насекомых много вредителей, которые наносят большой вред лесам. Крупные животные в листопадных лесах, в принципе те же, что и в тайге: лоси, медведи, рыси, лисицы, разнообразна и богата орнитофауна. Листопадные леса – это те районы суши, где человеческая цивилизация получила наибольшее развитие. Поэтому трудно сейчас найти широколиственные нетронутые леса. Большая их часть заменена культурными сообществами. **Степи умеренной зоны** – открытые пространства между лесами и пустынями с количеством осадков от 250 до 750 мм/г. они занимают обширные пространства в Евразии, в Северной Америке (прерии), на юге Южной Америки (пампасы), в Австралии, Новой Зеландии (туссоки). Среди животных в степях распространен парный и реже колониальный образ жизни. Здесь много парных животных (суслики, сурки, полевки). Животные, которые живут не в парах, образуют *стада*. Главную роль в биоценозе степей играют копытные – сайгаки, ранее дикая лошадь – тарпан. При умеренном выпасе животные копытами разбивают скопления мертвой листвы на поверхности почвы,



что способствует дальнейшему росту трав. При перевыпасе происходит деградация степной растительности и возникает, в конечном итоге, так называемый «толок», когда практически исчезают все многолетние травы, а следом за «толоком» – **опустынивание** степей – растительность сменяется плохо съедобными полынями и другими еще более ксерофильными формами. Злаки, по сравнению с деревьями, живут недолго и в почву попадает большое количество органики в виде гумуса, так как гумуфикация идет быстро в сухом климате, а минерализация очень медленно. Так возникают самые плодородные почвы – черноземы. На них растет наиболее высокая чистая первичная продукция, или урожай, культурных злаков – пшеницы, кукурузы.

**Пустыня травянистая и кустарниковая** наибольшие площади занимает в Азии, Африке, Австралии, Северной и Южной Америке, встречается она и в Европе (чаще полупустыня). Главный критерий пустыни – выпадение осадков менее 250-250 мм/г, а испарение с открытой поверхности более 1000 мм/г. **Почва** пустынь – сероземы светло-бурые. Пустыни обычно подразделяются по породам, на которых она сформировалась: *глинистые, солончаковые, песчаные, каменистые*.

Растения в пустынях представлены весьма ксерофильными травами и полукустарниками, суккулентами, а также множеством эфемеров, которые используют только влажные периоды. Растительность разрежена, из-за чего травоядные животные существуют небольшими группами, парами и в одиночку. Стада образуют лишь животные, способные быстро находить новые участки с кормами (антилопы, некоторые птицы). Животные пустыни по разному адаптированы к нехватке воды: обладают особыми покровами, выделяют сухие экскременты, и могут образовывать и сохранять метаболическую воду. Верблюды приспособлены к повышенной температуре тела, к высокой степени дегидратации тканей, смертельной для других животных. Земледелие в пустынях невозможно без орошения. При орошении, с её избытком солнечного света, пустыня может стать весьма продуктивной.

**Чапараль** – это территории с мягким, умеренным климатом. Количество осадков здесь 500-700 мм, но они выпадают в период теплой зимы. Обильные зимние дожди сменяются засушливым летом. Сообщества чапарала состоят из деревьев (лавр, вечнозеленые дубы) и кустарники с желтыми толстыми вечнозелеными листьями. Они широко распространены в Средиземноморье, вдоль южного берега Австралии, в Калифорнии и Мексике. В Австралии в лесах доминируют эвкалиптовые деревья и кустарники. Деревья широко интродуцируются в других местах этих биомов – в Калифорнии (США), в Колхидской низменности (Грузия).

**Тропические степи и саванны** – это обычно древесно-кустарниковый тип растительности теплых областей в центральной и Восточной Африке, в Южной Америке и Австралии, с осадками от 900 до 1500 мм/г. Температура здесь достаточно высока круглый год и сезонность определяется только распределением осадков – сезоны влажные (дождливые) и сухие (засушливые). Это создает своеобразные условия для существования фауны и флоры. Саванна, особенно африканская, не имеет себе равных по разнообразию и численности популяций копытных – антилопы, зебры, жирафы, на которых охотятся львы, гепарды, гиены.

Разнообразны птицы, среди которых есть крупные хищники и падальщики (грифы), а также самая крупная из птиц – африканский страус. Здесь множество рептилий – змей и ящериц, активных в засушливый период, а также насекомые, обилие которых приходится на дождливый сезон. Среди насекомых много кровососущих – знаменитая муха цеце. В Южной Америке обитают насекомые, переносящие возбудителей тяжелых болезней, поражающих нервную систему человека и животных, и других опасных «тропических» болезней.

**Вечнозеленые тропические дождевые леса** расположены вдоль экватора, в зоне, где 2000-2500 мм/г осадков при достаточно равномерном распределении их по месяцам. Дождевые леса расположены в трех основных областях:

- 1) Крупнейший массив в бассейне Амазонки и Ориноко в Южной Америке;
- 2) В бассейнах рек Конго, Нигера и Замбези в Африке и острове Мадагаскар;
- 3) Индо-Малайской области и в районе островов Борнео-Новая Гвинея.

Годовой ход температур в этих областях достаточно ровный и в ряде случаев снижает сезонные ритмы вообще или сглаживает их. В дождевых тропических лесах деревья образуют три яруса:

- 1) редкие высокие деревья образуют *верхний ярус* над общим уровнем полога;
- 2) *полог*, образующий сплошной вечно-зеленый покров на высоте 25-35 м;
- 3) *нижний ярус*, который четко проявляется как густой лес лишь в местах просвета в пологе.

Травянистая растительность и кустарники почти отсутствуют, но зато большое количество лиан и эпифитов. Видовое разнообразие растений очень велико – на нескольких гектарах можно встретить столько видов, сколько нет во флоре всей Европы (Ю. Одум, 1986). Трав – не более 20 видов, зато деревьев порядка 170 видов. Влажные тропические леса – это достаточно древние климаксные экосистемы, в которых круговорот питательных веществ доведен до совершенства – они мало теряются и немедленно вступают в биологический круговорот, осуществляемый мутуалистическими организмами и неглубокими, большей частью воздушными, с мощной микоризой, корнями деревьев.

Большая часть животных, в том числе и млекопитающие, существуют в верхних ярусах растительности. Разнообразие видов животных можно проиллюстрировать такими цифрами: на 15 км, дождевого леса в Панаме насчитывается 20 000 видов насекомых, а на такой же территории на Западе Европы их всего несколько сотен.

Крупные животные тропических лесов – обезьяны, муравьед, ягуары, ленивец, пума, человекообразные обезьяны, буйвол, индийский слон, павлин, попугаи, кондор, королевский гриф. Для тропического леса характерна высокая скорость эволюции и видообразования.

Учение В.И. Вернадского о **биосфере** – это целостное фундаментальное учение, органично связанное с важнейшими проблемами сохранения и развития жизни на Земле, знаменующее собой принципиально новый подход к изучению планеты как развивающейся саморегулирующейся системы в прошлом, настоящем и будущем.

По представлениям В.И. Вернадского, биосфера включает *живое вещество* (все живые организмы), *биогенное* (уголь, известняки, нефть, торф), *косное* (в его образовании живое не участвует, например, магматические горные породы),

*биокосное* (создается с помощью живых организмов), также *радиоактивное* вещество, вещество *космического* происхождения (метеориты) и *рассеянные атомы*. Все эти семь различных типов веществ геологически связаны между собой.

Сущность учения В.И. Вернадского заключена в *признании исключительной роли «живого вещества», преобразующего облик планеты*. Суммарный результат его деятельности за геологический период времени огромен. По словам В.И. Вернадского, «на земной поверхности нет химической силы более постоянно действующей, а потому более могущественной по своим конечным последствиям, чем живые организмы, взятые в целом». Именно живые организмы улавливают и преобразуют лучистую энергию Солнца и создают бесконечное разнообразие нашего мира. Вторым главнейшим аспектом учения В.И. Вернадского является разработанное им представление об *организованности биосферы*, которая проявляется в согласованном взаимодействии **живого и неживого**, взаимной приспособляемости организма и среды.

«Организм, – писал В.И. Вернадский, – имеет дело со средой, к которой он не только приспособлен, но которая приспособлена и к нему». Важнейшей частью учения о биосфере В.И. Вернадского являются представления о её ***возникновении и развитии***. Современная биосфера возникла не сразу, а в результате длительной эволюции, в процессе постоянного взаимодействия абиотических и биотических факторов.

Первые формы жизни, по-видимому, были представлены анаэробными ***бактериями***. Однако созидательная и преобразующая роль живого вещества стала осуществляться лишь с появлением в биосфере фотосинтезирующих автотрофов – цианобактерий и синезеленых водорослей (прокариотов), а затем и настоящих водорослей и наземных растений (эукариотов), что имело решающее значение для формирования современной биосферы. Деятельность этих организмов привела к накоплению в биосфере свободного кислорода, что рассматривается как один из важнейших этапов эволюции.

Параллельно развивались и гетеротрофы, и прежде всего – животные. Главными датами их развития, являются, выход на сушу и заселение материков (к началу третичного периода) и, наконец, появление человека. В сжатом виде идеи В.И. Вернадского об эволюции биосферы сформулированы следующим образом:

- 1) Вначале сформировалась литосфера – предвестник окружающей среды, а затем после появления жизни на суше – биосфера.
- 2) В течение всей геологической истории Земли никогда не наблюдались азойные геологические эпохи (лишенные жизни). Следовательно, **современное живое существо генетически связано с живым веществом** прошлых геологических эпох.
- 3) Живые организмы – главный фактор миграции химических элементов в земной коре, «по крайней мере, 90% по весу массы её вещества в своих существенных чертах обусловлено жизнью» (В.И. Вернадский, 1934)
- 4) Грандиозный геологический эффект деятельности организмов обусловлен тем, что их количество бесконечно велико и действуют они практически в течение бесконечно большого промежутка времени.

5) Основным движущим фактором развития процессов в биосфере является **биохимическая** энергия живого вещества. Венцом творчества В.И. Вернадского стало учение о **ноосфере**.

В относительно короткие промежутки развития экосистем (сукцессий), так и в долговременной эволюции таких экосистем, как биосфера, на протекающие в них процессы оказывают влияние:

- 1) **аллогенные** (внешние) факторы – геологические и климатические;
- 2) **автогенные** (внутренние) процессы, обусловленные только живым компонентом.

Благодаря действию и взаимодействию этих факторов сформировалось **биологическое разнообразие** на внутривидовом, межвидовом и на биосферном уровнях. Основа устойчивости биосферы (экосферы) – разнообразие составляющих её экосистем. Данные космохимии метеоритов и астероидов, свидетельствуют о том, что образование органических соединений в Солнечной системе на ранних стадиях её развития было типичным и массовым явлением (Войткевич, Вронский, 1996).

Простейшие анаэробы, из которых состояли первые на Земле экосистемы, образовались из этих органических веществ и, возможно, других, синтезируемых под действием мощного ультрафиолетового излучения. Тогда ещё не было кислорода в атмосфере и, следовательно, озонового слоя, который сейчас является преградой для этого излучения.

Первыми **автотрофами** стали **прокариоты** – синезеленые водоросли и, возможно, цианобактерии. Затем 1,5 – 2 млрд лет тому назад появились первые одноклеточные эукариоты и, в результате изначального господства г – отбора, произошел мощный популяционный взрыв автотрофных водорослей, что привело к избытку в воде кислорода и к его выделению в атмосферу. Произошел переход восстановительной атмосферы в кислородную, что способствовало развитию эукариотических организмов и появлению многоклеточных около 1,4 млрд лет назад. В начале Кембрийского периода, примерно 600 млн лет назад, содержание кислорода в атмосфере достигло 0,6%, а затем новый эволюционный взрыв – появились новые формы жизни – губки, кораллы, черви, моллюски. Несмотря на обилие автотрофов, в конце палеозоя, примерно 300 млн лет назад, произошло падение содержания кислорода в атмосфере до 5% от современного уровня, и повышение содержания углекислого газа. Это привело к изменению климата, снижению интенсивности процессов размножения и, как следствие, к бурного накоплению массы отмерших органических веществ, что создало запасы ископаемого топлива (уголь, нефть). Содержание кислорода стало снова повышаться и с середины мелового периода, примерно 100 млн лет назад, отношение  $\frac{O_2}{CO_2}$ , близко к современному, хотя и испытывало колебания в

определенных пределах. Такое состояние легко изменить. Создав избыток  $CO_2$ , можно сделать это неустойчивое равновесие еще более нестабильным. Из истории развития атмосферы ясно, что человек абсолютно зависим от других организмов, населяющих среду, в которой он обитает. От их жизнедеятельности и, от их **разнообразия** зависит стабильность атмосферы и, следовательно, биосферы. Ю. Одум (1975) считает, что «с экологической точки зрения эволюция биосферы, по-

видимому, можно сравнить с гетеротрофной сукцессией, за которой последовал автотрофный режим». Но до сих пор, несмотря на 4 млрд лет эволюции, таксономический состав систем ещё не стабилизировался, и продолжает совершенствоваться. На этом уровне ведущая роль принадлежит *сопряженной эволюции* или *коэволюции* – отличающейся тем, что при ней обмен генетической информацией минимален. На уровне сообществ можно рассматривать селективные воздействия между группами организмов, находящихся в экологическом взаимодействии:

- растения и растительноядные животные;
- крупные организмы и мелкие симбиоты;
- паразит-хозяин;
- жертва-хищник.

Особенно интересна сопряженность эволюции растений и растений фитофагов. Она приводит к тому, что растения синтезируют побочные вещества, совершенно не нужные для их роста и развития, но необходимые для защиты от насекомых фитофагов. Эта способность растений, видимо, развивает у них устойчивость к инсектицидам.

**Групповой отбор** – это естественный отбор в группах организмов, но не обязательно связанных тесными мутуалистическими связями. Это весьма сложное и во многом спорное явление. Но в первом приближении он представляет собой подобие отбора генотипов в популяции, но вымирают не отдельные генотипы, а целые популяции и, с другой стороны, получают развитие новые популяции, для которых эти условия более благоприятны. Сопряженная эволюция и групповой отбор повышают биоразнообразие экосистем, устанавливая определенные взаимоотношения между ними как между наземными, так и водными, и даже между обоими типами. Все это в целом ведет к повышению устойчивости биосферы как глобальной экосистемы. Исследованиями В.В. Горшкова, В.Г. Горшкова и В.И. Данилов-Данильяна (1999), установлено, что в настоящее время в экологии известны две основные концепции взаимодействия биоты и окружающей среды.

Согласно первой концепции – традиционной – окружающая среда пригодна для жизни в силу уникальных условий на поверхности Земли, а естественная биота приспосабливается к любой окружающей среде к любой окружающей среде благодаря главному свойству жизни – способности к эволюции и непрерывной адаптации к меняющимся условиям среды.

Согласно традиционной концепции – изменение окружающей среды под воздействием человека – это определенный этап естественного эволюционного процесса – превращения биосферы в новую глобальную биосистему, а природное биоразнообразие – генетический ресурс человека, который следует сохранять лишь в заповедниках, зоопарках и генных банках.

По мнению В.В. Горшкова (1999), в концепции игнорируются экологические ограничения на численность популяций биологических видов (в том числе человека), а также причины образования естественных сообществ, устойчивость сообществ и их среды обитания.

Во *второй концепции* основная роль отводится биотической регуляции окружающей среды, биота Земли рассматривается как единственный механизм

поддержания пригодных для жизни условий окружающей среды в локальных и глобальных масштабах. В случае прекращения регулирующего воздействия биоты физически неустойчивая окружающая среда быстро перейдет (примерно за 10 тысяч лет) в устойчивое состояние, в такое, как на Марсе или Венере, где жизнь невозможна.

Существование **биотической регуляции окружающей среды** доказывается рядом факторов, важнейшими из которых являются следующие (В.В. Горшков, 1999):

1) Концентрации биогенных элементов (С, N, P, O<sub>2</sub>) в океане сформированы и поддерживаются биотой, о чем свидетельствует отношение C/N/P/O<sub>2</sub>, совпадающая с таковым при **синтезе органического вещества**.

3) Круговорот воды на суше также определяется биотой, так как 2/3 осадков связано с испарением воды на суше, в котором доминирующая роль принадлежит биоте.

4) Незатронутая деятельностью человека биота океана поглощает избыток диоксида углерода, выбрасываемого в атмосферу человеком, то есть действует в соответствии с отрицательными обратными связями, в то время как измененная человеком биота суши утратила эту способность.

Таким образом, **биотическая регуляция окружающей среды** – это механизм управления окружающей средой, основанный на отобранных в процессе эволюции видах, содержащих необходимую для управления средой генетическую информацию.

Главной экологической задачей человечества должно считаться сохранение естественной биоты. Человек, став мощным геологическим фактором, оказывает глобальное воздействие на биосферу. Биосфера, со своей стороны, через свои экологические законы, которые человек вынужден соблюдать, чтобы выжить, в том числе и закон о **биотической регуляции окружающей среды**, воздействует на человека. Создаются условия, очень напоминающие сопряженную эволюцию или коэволюцию человек – биосфера, продуктом которой может стать так называемая «ноосфера», то есть **сфера человеческого разума**.

Контрольные вопросы:

1. Что такое биомы и как они взаимосвязаны с ландшафтами?
2. Какие основные признаки лежат в основе выделения наземных биомов?
3. Почему пресноводные экосистемы имеют непреходящее значение для человека?
4. Какие явления, наблюдаемые вами в природе, подтверждают особые свойства живого вещества?
5. Подберите факты, которые подтверждают особенные свойства живого вещества по сравнению с косным веществом?
6. Каковы важнейшие аспекты учения В.И. Вернадского о биосфере?
7. Как формировалась кислородная атмосфера Земли?
8. Как отражается на развитии жизни на Земле нарушение равновесия O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub>?
9. Какие свойства живых существ делают возможной их эволюцию?
10. Почему глобальная экосистема может существовать, только в присутствии многоклеточных животных?

## Роль живого вещества планеты в глобальном круговороте воды и аккумуляции энергии солнца

Экосистема основана на единстве живого и неживого вещества. Суть этого единства проявляется в следующем. Из элементов неживой природы, главным образом молекул  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , под воздействием энергии солнца синтезируются органические вещества, составляющие все живое на планете. Главное назначение этой экосистемы – обеспечение круговорота веществ в биосфере. Основных круговоротов в природе два: большой (геологический) и малый (биогеохимический).

**Большой круговорот веществ в природе (геологический)** обусловлен взаимодействием солнечной энергии с глубинной энергией Земли и осуществляет перераспределение вещества между биосферой и более глубокими горизонтами Земли. Осадочные горные породы, образованные за счет выветривания магматических пород, в подвижных зонах земной коры вновь погружаются в зону высоких температур и давлений. Там они переплавляются и образуют магму – источник новых магматических пород. После поднятия этих пород на земную поверхность и действия процессов выветривания вновь происходит трансформация их в новые осадочные породы (рис. 28). Символом круговорота веществ является спираль, а не круг. Это означает, что новый цикл круговорота не повторяет в точности старый, а вносит что-то новое, что со временем приводит к весьма значительным изменениям. Большой круговорот – это и **круговорот воды** между сушей и океаном через атмосферу. Влага, испарившаяся с поверхности Мирового океана (на что затрачивается почти половина поступающей к поверхности Земли солнечной энергии), переносится на сушу, где выпадает в виде осадков, которые вновь возвращаются в океан в виде поверхностного и подземного стока.

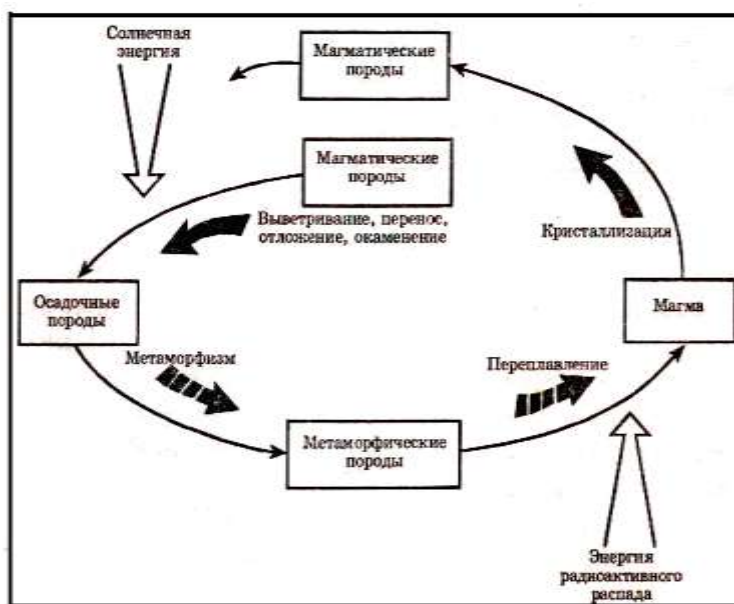


Рисунок 28 – Большой круговорот веществ

Круговорот воды происходит и по более простой схеме: испарение влаги с поверхности океана – конденсация водяного пара – выпадение осадков на эту же водную поверхность. Установлено, что в круговороте воды на Земле ежегодно участвует более 500 тысяч км<sup>3</sup> воды. Круговорот воды в целом играет огромную роль в формировании природных условий на планете. С учетом транспирации воды растениями и поглощения её в биогеохимическом цикле, весь запас воды распадается и восстанавливается за 2 млн лет (рис 29). Вода (оксид водорода) H<sub>2</sub>O – простейшее устойчивое соединение водорода с кислородом. Молекулярная масса воды 18,0160, на водород приходится 11,19% по массе, а на кислород – 88,81%. Истинный состав воды как сложного вещества установил французский физик Лавуазье в 1783 г. В природе существует три изотопа водорода – легкий водород H<sup>1</sup>, дейтерий D(H<sup>2</sup>) и тритий (H<sup>3</sup>) и три изотопа кислорода – O<sup>16</sup>, O<sup>17</sup> и O<sup>18</sup>. Искусственно получены в ускорителях сверхтяжелые изотопы водорода H<sup>4</sup> и H<sup>5</sup> и шесть изотопов кислорода: три легких – O<sup>13</sup>, O<sup>14</sup>, O<sup>15</sup>; два тяжелых – O<sup>19</sup>, O<sup>20</sup> и один сверхтяжелый – O<sup>24</sup>. Теоретически пять разновидностей молекул воды, из которых устойчивыми являются девять, включающих стабильные изотопы. В природной воде на долю H<sub>2</sub>O<sup>16</sup> приходится 99,75% по массе, на долю H<sub>2</sub>O<sup>18</sup> – 0,2%, на H<sub>2</sub>O<sup>17</sup> – 0,04% и на H<sup>1</sup>H<sup>2</sup>O<sup>16</sup> – примерно 0,093%; остальные пять разновидностей присутствуют в ничтожных количествах. При нагревании воды происходит разрыв водородных связей и уменьшается степень ассоциации молекул воды. В интервале температур от 0° до 4°С наблюдается увеличение плотности, вследствие повышения плотности в упаковке молекул, и плотность преобладает над тепловым расширением и при температуре 3,98°С вода имеет максимальную плотность. При дальнейшем нагревании от 4 до 100°С наблюдается нормальное снижение плотности воды. Эта аномалия обуславливает возможность жизни в водоемах, замерзающих в зимнее время.

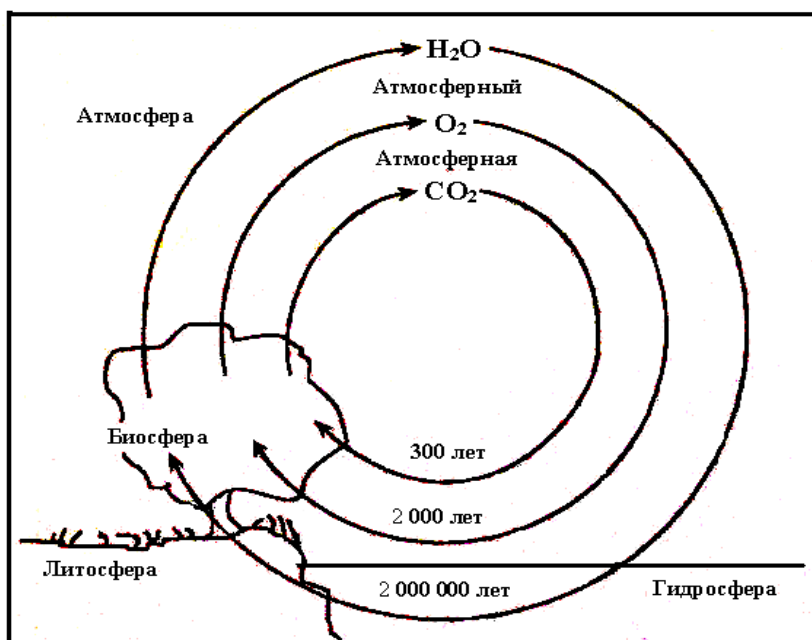


Рисунок 29 – Темпы циркуляции веществ (Клаунд и Джибор, 1972)



Поскольку лед легче воды (его плотность меньше), то 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, включая ихтиофауну, сохранить жизнь.

Водная среда является особым местообитанием, так как жизнь в ней зависит от физических свойств воды, в первую очередь от её плотности, от количества кислорода и углекислого газа, растворенных в ней, от прозрачности воды, что определяет количество света на данной глубине. Кроме того, для обитателей воды важны скорость её течения, соленость, показатель pH. Так как плотность воды изменяется с температурой, достигая при -4°C максимума, то лед образуется не на дне водоема, а на их поверхности, как было отмечено выше.

В озерах и прудах совершается сезонная циркуляция воды. Кроме того, вода обладает высокой удельной теплоемкостью, а потому является важным терморегулятором. Многие обитатели водоема парят в толще воды, образуя фито- и зоопланктон. Для планктонных организмов проблема состоит в том, чтобы иметь как можно меньший удельный вес. Это достигается разными путями: увеличением жировых пузырьков в цитоплазме (диатомовые водоросли), высоким содержанием воды в тканях (до 95%) у медуз, воздушными вакуолями в цитоплазме (радиолярии). Размеры планктонных организмов невелики, что соответствует правилу: чем мельче организмы и больше отношение поверхности тела к его весу, тем выше способность к парению в воде. Скорость течения воды повлияла на обитателей водоемов и способствовала появлению особенных приспособлений. Текущие воды выравнивают температуру по всей толще воды и способствуют её обогащению кислородом. Поэтому главным фактором здесь становится само течение воды. Форель, подкаменщик, голян – обитатели текучих вод. Их тело в поперечном разрезе почти округлое, а не сжатое с боков, как у рыб спокойных вод (плотва, окунь, карп).

Из насекомых в текучих водах живут только те, у кого есть жабры. Им не нужно подниматься на поверхность за кислородом. Личинки поденок родов *Rhithrogena* и *Ecdyurus* имеют тело, сжатое в спинно-брюшном направлении, поэтому они могут жить под камнями или на камнях. Интересно, что животные текучих вод держатся головой навстречу течению и пытаются его преодолеть. Содержание кислорода в условиях водоема оказывается лимитирующим фактором (таблица 1).

Степень насыщения воды кислородом обратно пропорциональна её температуре. Кислород составляет в атмосфере 21% (по объёму) и около 35% от всех газов, растворенных в воде. Следовательно, водная среда сравнительно бедна кислородом и в ней редко достигается насыщенность. Распределение кислорода в озере зависит от температуры, перемещения слоев воды, а также от характера живущих организмов. Личинки некоторых видов *Chiromonus* (двухкрылые), *Pisidium* (пластинчатожаберные моллюски) и *Tubifex* (олигохеты) живут в глубинных зонах озер, где часто очень мало кислорода. Эти виды способны выживать, переходя к **анаэробноз**у – замедленной жизни, так как их кровь содержит d-гемоглобин, который близок к кислороду. Для обитателей водной

среды, как и для обитателей почвы, важнейшим показателем является кислотно-щелочная реакция – рН (табл. 2).

Таблица 1 – Потребность в кислороде у различных пресноводных рыб

Потребность в кислороде (см <sup>3</sup> /л)	Виды рыб
7-11	Рыбы холодных и быстрых вод: Форель ( <i>Salmo trutta</i> ), голец ( <i>Cottus golia</i> )
5-7	Хариус ( <i>Thymallus thymallus</i> ), пескарь обыкновенный ( <i>Golius golius</i> ), голавль ( <i>Lucioperca cephalus</i> ), налим ( <i>Lota lota</i> )
4	Плотва ( <i>Rutilus rutilus</i> ), ёрш ( <i>Acerina cerina</i> )
0,5	Линь ( <i>Tinca tinca</i> )

Известно, влияние измененной кислотно-щелочной среды при выпадении кислых осадков на живые существа. Но и в природе каждое живое существо приспособлено к особым показателям рН (таблица 3).

Таким образом, кислотность воды влияет на продуктивность водоёма, и если рН ниже 5, то продуктивность пресных вод резко снижается. Вместе с этим, различные биогенные элементы непрерывно циркулируют: растворяясь в континентальных поверхностных водах. Выносятся в моря или попадают в атмосферу, а между этими средами происходит постоянный газообмен. **Малый круговорот веществ в биосфере (биогеохимический)**, в отличие от большого, совершается лишь в пределах биосферы. Под термином **биогеохимический круговорот** – подразумевают обмен химических элементов между живыми организмами и неорганической средой, различные стадии которого происходят внутри экосистемы.

Таблица 2 – Значения рН, свойственные некоторым природным веществам

Раствор	рН
Желудочный сок	1,73
Винная кислота	2,2
Муравьиная кислота	2,3
Питьевой уксус	3,1
Моча	5,3-6,0
Чистая вода	7,0
Кровь	7,32-7,35
Морская вода	8,3
Бура	9,2
Известковая вода (насыщенная)	12,3

Таблица 3 – Значения рН некоторых природных организмов

Организмы	рН
Полушник ( <i>Jsoetes</i> )	-
Ежеголовник ( <i>Sparganium</i> )	< 7,5
Рдестовые ( <i>Potamogeton</i> ) Элодея ( <i>Elodeecanadensis</i> )	7,7-8,8
Рогоз узколистный ( <i>Tipha angutifolia</i> )	8,4-9,0
Сфагновые мхи	Кислые почвы торфяников
Рыбы	5-9 Выше 10 - гибельна

Сущность его в образовании живого вещества из неорганических соединений в процессе фотосинтеза и в превращении органического вещества при разложении вновь в неорганические соединения. Этот круговорот для жизни биосферы – главный, и он сам является порождением жизни. Изменяясь, рождаясь и умирая, живое существо поддерживает жизнь на нашей планете, обеспечивая **биогеохимический круговорот веществ**.

Главным источником энергии круговорота является **солнечная радиация**, которая порождает **фотосинтез**. **Солнечная радиация** – электромагнитное и корпускулярное излучение Солнца. Электромагнитное – охватывает диапазон длин волн от гамма-излучения до радиоволн, энергетический максимум приходится на видимую часть спектра (4600А). корпускулярная составляющая солнечной радиации состоит из протонов и электронов, вне земной атмосферы. Солнечная постоянная –  $1,95 \text{ кал}/(\text{см}^2 \cdot \text{мин}) = 136 \text{ мВт}/\text{см}^2$ . Энергия Солнца, довольно неравномерно распределяется по поверхности земного шара. Например, на экваторе количество тепла, приходящееся на единицу площади, в три раза больше, чем на архипелаге Шпицберген ( $80^\circ$  с.ш), кроме того, оно теряется путем отражения, поглощается почвой, расходуется на транспирацию воды, а как мы уже отмечали, на фотосинтез тратится не более 5% от всей энергии, но чаще всего 2-3%, (рис. 30, 31). Большинство живых организмов могут существовать только в интервале температур между  $0^\circ$  и  $50^\circ\text{C}$ , так как именно при этих температурах происходит нормальный обмен веществ. Однако самая низкая температура, при которой обнаружены живые вещества, составляет  $-200^\circ\text{C}$ , а самая высокая  $+100^\circ\text{C}$ . бактерии горячих источников выдерживают температуру до  $88^\circ\text{C}$ , цианобактерии (синезеленые водоросли) – около  $80^\circ\text{C}$ . самые устойчивые рыбы и насекомые выдерживают температуру  $50^\circ\text{C}$  (таблица 4). Температура сказывается на количестве употребляемой животными пищи. Личинка колорадского жука потребляет ежедневно  $638 \text{ мм}^2$  листьев картофеля при  $16^\circ\text{C}$ . при температуре –  $10 - 13^\circ\text{C}$  взрослое животное перестает питаться. Наибольшее количество пищи потребляется при температуре  $+25^\circ\text{C}$ . температура влияет на плодовитость – при  $25^\circ\text{C}$  жук наиболее плодовит. Примерами эвритермных видов являются бабочка *Vanessa cardui*, муха *Lucidia sercata*. Червь *Planaria gonosephala* выносит температуры от  $+0,5^\circ\text{C}$  до  $+24^\circ\text{C}$ , устрицы (морские двустворчатые моллюски *Ostereibaе*) от  $-2^\circ\text{C}$  до  $+20^\circ\text{C}$ . В.Э. Шелфорд (1929) обнаружил, что яйца, личинки и куколки Яблоновой плодожорки в условиях, когда температура колеблется, развиваются на 7 или 8% быстрее, чем при постоянной температуре, равной

средней температуре в опыте. Другие опыты подтверждают, что переменные температуры ускоряют развитие организма. Известны колебания дневной и ночной температур, что особенно необходимо при выращивании растений (таблица 5). В ряде экосистем перенос вещества и энергии осуществляется преимущественно посредством **трофических** цепей. Такой круговорот обычно называют **биологическим**, который предполагает замкнутый цикл веществ, многократно используемый трофической цепью.

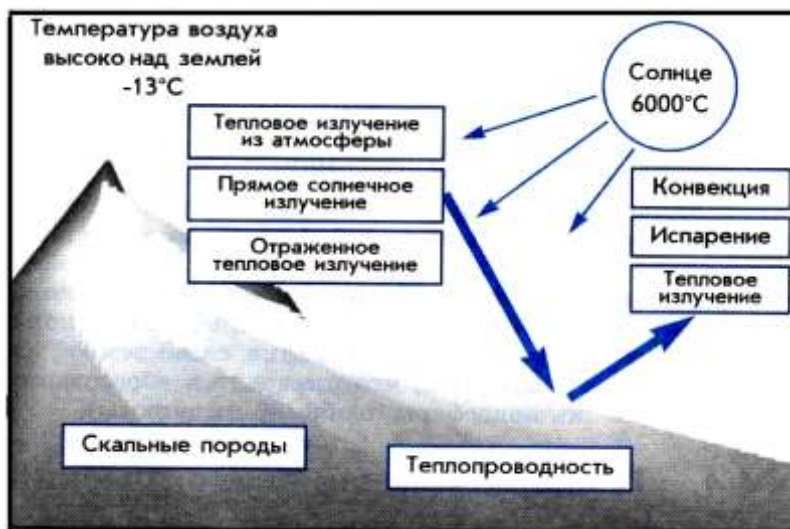


Рисунок 30 – Различные пути получения животным тепловой энергии из среды и её потерь в умеренно теплых условиях

Безусловно, он может иметь место в водных экосистемах, особенно в планктоне с его интенсивным метаболизмом, но не в наземных экосистемах, за исключением дождевых тропических лесов, где может быть обеспечена передача питательных веществ «от растения к растению», корни которых на поверхности почвы. Однако в масштабах всей биосферы такой круговорот невозможен.

Здесь действует биогеохимический круговорот, представляющий собой обмен макро- и микроэлементов и простых неорганических веществ ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) с веществом атмосферы, гидросферы и литосферы. Круговорот отдельных веществ В.И. Вернадский назвал **биогеохимическими циклами**. Суть цикла в следующем: химические элементы, поглощенные организмом, впоследствии его покидают, уходят в абиотическую среду, затем, через какое-то время, снова попадают в живой организм. Такие элементы называют **биофильными**.

Этими циклами и круговоротом в целом обеспечиваются важнейшие **функции живого вещества** в биосфере. В.И. Вернадский выделяет пять таких функций:

- первая функция – **газовая** – основные газы атмосферы Земли, азот и кислород, биогенного происхождения, как и все подземные газы – продукт разложения отмершей органики;
- вторая функция – **концентрационная** – организмы накапливают в своих телах многие химические элементы, среди которых на первом месте – углерод, среди металлов – кальций, концентраторами кремния являются диатомовые водоросли, йода – водоросли (ламинария), фосфора – скелеты позвоночных животных.

- третья функция – **окислительно-восстановительная** – организмы, обитающие в водоемах, регулируют кислородный режим и создают условия для растворения или же осаждения ряда металлов (V, Mn, Fe) и неметаллов (S) с переменной валентностью;

- четвертая функция – **биохимическая** – размножение, рост и перемещение в пространстве («расползание») живого вещества;

- пятая функция – **биогеохимическая деятельность человека** – охватывает все разрастающееся количество веществ земной коры, в том числе таких концентраторов углерода, как уголь, нефть и газ, для хозяйственных и бытовых нужд человека.

В биогеохимических круговоротах следует различать две части - среза:

1) **резервный фонд** – огромная масса движущихся веществ, не связанных с организмами;

2) **обменный фонд** – значительно меньший, но весьма активный, обусловленный прямым обменом биогенным веществом между организмами.

Если же рассматривать биосферу в целом, то в ней можно выделить:

- круговорот **газообразных веществ** с резервным фондом в атмосфере и гидросфере (океан);

- осадочный цикл с резервным фондом в земной коре (в геологическом круговороте).

В этой связи, следует отметить, лишь один-единственный на Земле процесс, который не тратит, а наоборот связывает солнечную энергию и даже накапливает её – это создание органического вещества в результате фотосинтеза.

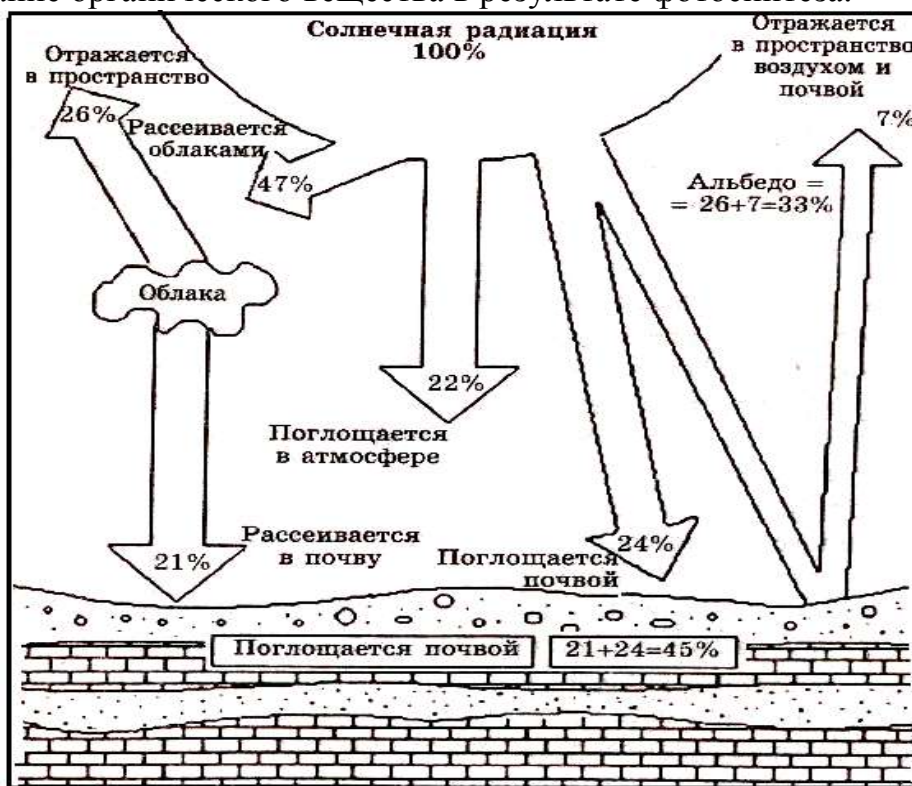


Рисунок 31 – Поступление и распределение солнечной энергии

Таблица 4 – виды, обладающие различной устойчивостью к температуре

Стенотермные теплолюбивые	Стенотермные холодновыносливые
Рачок <i>Thermosbaena mirabilis</i> живет при температуре + 45 - + 48°C, и погибает, если температура падает ниже + 30°C	Ногохвостки, долгоножки активны при температуре ниже 0°C и вплоть до - 10°C
Насекомые-эктопаразиты млекопитающих и птиц зависят от температуры тела животных	Двукрылые активны при температуре между + 5°C и + 10°C в солнечные часы дня. Эти виды очень чувствительны к повышению температуры.
	Животные-обитатели больших глубин способны переносить температуры близкие к + 0°C

Таблица 5 – Оптимальные температуры для выращивания растений

Растение	Температура, °C	
	дневная	ночная
Фиалка африканская	23	18
Петуния	28	16
Цинния	27	18
Левкой	16	13
Маргаритка	16	9
Астра	24	16
Томаты	24	18
Эшшольция	18	10

**В связывании и запасании солнечной энергии и заключается основная планетарная функция живого вещества на Земле.** Наиболее жизненно важными можно считать вещества, из которых в основном состоят белковые молекулы. К ним относятся углерод, азот, кислород, фосфор, сера.

**Биогеохимические циклы углерода, азота и кислорода** (рис. 30) наиболее совершенны. Благодаря большим атмосферным резервам, они способны к быстрой саморегуляции. В **круговороте углерода**, а точнее – наиболее подвижной его формы – CO<sub>2</sub>, четко прослеживается трофическая цепь: **процуденты**, улавливающие углерод из атмосферы при фотосинтезе, **консументы** – поглощающие углерод вместе с телами процудентов и консументов низших порядков, **рецидентов** – возвращающих углерод вновь в круговорот. Скорость оборота CO<sub>2</sub> составляет порядка 300 лет (полная его замена в атмосфере) (рис. 32). В мировом океане трофическая цепь: **процуденты** (фитопланктон), **консументы** (зоопланктон, рыбы) – **рециденты** (микроорганизмы) – осложняется тем, что некоторая часть углерода мертвого организма, опускаясь на дно, «уходит» в осадочные породы и участвует уже не в биологическом, а в геологическом круговороте вещества.

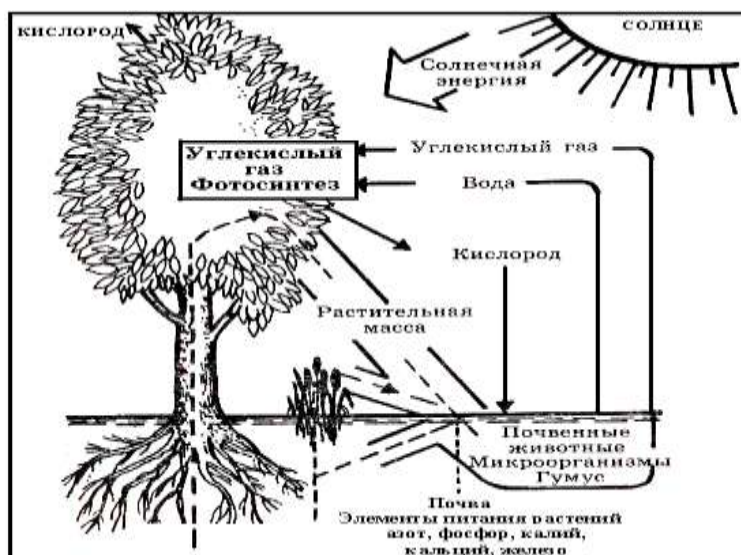


Рисунок 32 – Схема биогеохимического круговорота веществ на суше (по Р. Кашанову, 1984)

Главным резервуаром биологически связанного углерода являются леса, они содержат до 500 млрд тонн, этого элемента, что составляет 2/3 его запаса в атмосфере. Вмешательство человека в круговорот этого элемента приводит к возрастанию содержания углерода  $\text{CO}_2$  в атмосфере. Скорость **круговорота кислорода** – 2 тысячи лет, именно за это время весь кислород атмосферы проходит через живое вещество. Основной поставщик кислорода на Земле – зеленые растения. Ежегодно они производят на суше  $53 \times 10^9$  тонн кислорода, а в океанах –  $414 \times 10^9$  тонн. Главный потребитель кислорода – животные, почвенные организмы и растения. Использующие его в процессе дыхания. Процесс круговорота кислорода в биосфере весьма сложен, так как он содержится в очень многих химических соединениях. Подсчитано, что на промышленные и бытовые нужды ежегодно расходуется 23% кислорода, который освобождается в процессе фотосинтеза. Предполагается, что весь продуктивный кислород будет сгорать в топках, а следовательно необходимо значительное увеличение фотосинтеза и другие радикальные меры.

Биогеохимический **круговорот азота** не менее сложен, чем углерода и кислорода, и охватывает все области биосферы. Поглощение его растениями ограничено, так как они усваивают азот только в форме соединения его с водородом и кислородом. И это при том, что запасы азота в атмосфере неисчерпаемы (78% от её объема). Рецуденты (деструкторы), а конкретно почвенные бактерии, постепенно разлагают белковые вещества отмерших организмов и превращают их в аммонийные соединения, нитраты и нитриты. Часть нитратов попадает в процессе круговорота в подземные воды и загрязняет их. Опасность заключается также и в том, что азот в виде нитратов и нитритов усваивается растениями и может передаваться по пищевым (трофическим) цепям. Азот возвращается в атмосферу вновь с выделенным при гниении газами. Роль бактерий в цикле азота такова, что если будет уничтожено только двенадцать их видов, участвующих в круговороте азота, жизнь на Земле прекратится.

**Биогеохимические циклы фосфора и серы**, важнейших биогенных элементов, значительно менее совершенны, так как основная их масса содержится в резервном фонде земной коры, в «недоступном» фонде. Круговорот серы и фосфора – типичный **осадочный биогеохимический цикл**. Такие циклы легко нарушаются от различного воздействия, и часть обмениваемого материала выходит из круговорота. Возвратиться опять в круговорот она может лишь в результате геологических процессов или путем извлечения живым веществом биофильных компонентов. **Фосфор** содержится в горных породах, образовавшихся в прошлые геологические эпохи. В биогеохимический круговорот (рис. 33) он может попасть в случае подъема этих пород из глубины земной коры на поверхность суши, в зону выветривания. Эрозионными процессами он выносится в море в виде широко известного минерала – апатита. Так, общий круговорот фосфора можно разделить на две части – водную и наземную. В водных экосистемах он усваивается фитопланктоном и передается по трофической цепи вплоть до консументов третьего порядка – морских птиц. Их экскременты (гуано) снова попадают в море и в круговорот, но часть скелетов рыб достигает больших глубин и заключенный в них фосфор снова попадает в осадочные породы. В наземных экосистемах фосфор извлекают растения из почв и далее он распространяется по трофической цепи. Теряется фосфор из почв в результате их водной эрозии. Повышенное содержание фосфора на водных путях его переноса вызывает бурное увеличение биомассы водных растений, «цветение» водоемов и их эвтрофикацию. Большая же часть фосфора уносится в море и там теряется безвозвратно. Последнее обстоятельство может привести к истощению запасов фосфосодержащих руд (фосфоритов, апатитов). Следовательно, надо стремиться избежать этих потерь и не ожидать того времени, когда Земля вернет на сушу «потерянные отложения».

**Сера** имеет основной резервный фонд в отложениях и почве, но в отличие от фосфора имеет резервный фонд и в атмосфере (рис. 34). В горных породах сера встречается в виде сульфидов ( $\text{FeS}_2$ ), в растворах – в форме иона ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), в газообразной фазе в виде сероводорода ( $\text{H}_2\text{S}$ ) или сернистого газа ( $\text{SO}_2$ ). В некоторых организмах сера накапливается в чистом виде ( $\text{S}_2$ ) и при их отмирании на дне морей образуются залежи самородной серы.



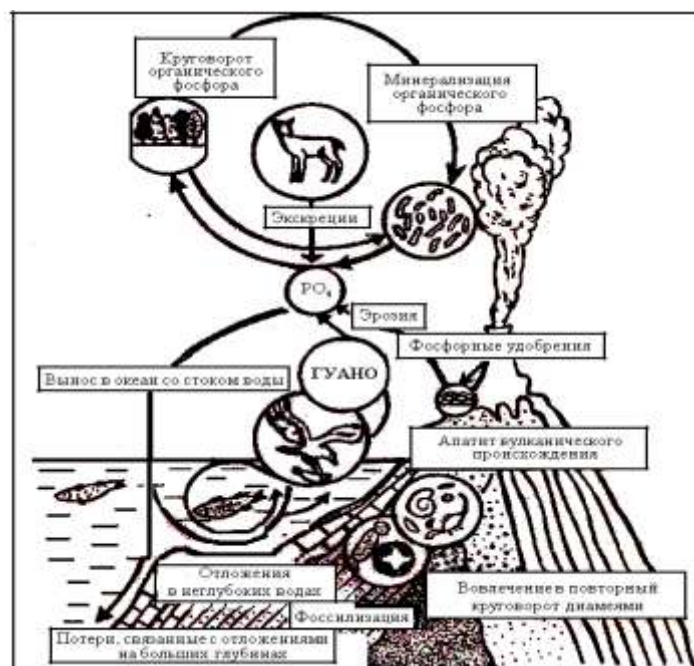


Рисунок 33 – Круговорот фосфора в биосфере (по П. Дювиньо, М. Тангу, 1973)

В морской среде сульфат-ион занимает второе место по содержанию после хлора и является основной доступной формой серы, которая восстанавливается автотрофами и включается в состав аминокислот. Круговорот серы, хотя её требуется организмам в небольших количествах, **является ключевым** в общем процессе продукции и разложения (Ю. Одум, 1986). Например, при образовании сульфидов железа, фосфор переходит в растворимую форму, доступную для организмов.

«Кольцо» в центре схемы (рис. 34) иллюстрирует процесс *окисления* (O) и *восстановления* (R), благодаря которым происходит обмен серы между фондом доступного сульфата ( $SO_4$ ) и фондом сульфидов железа, находящихся глубоко в почве и в осадках. В наземных экосистемах сера возвращается в почву при отмирании растений, захватывается микроорганизмами, которые восстанавливают её до  $H_2S$ .

Другие организмы и воздействие самого кислорода приводит к окислению этих продуктов. Образовавшиеся сульфаты растворяются и поглощаются растениями из поровых растворов почвы – так продолжается круговорот. Однако круговорот серы, так же как и азот, может быть нарушен вмешательством человека.

Винной тому, прежде всего сжигание ископаемого топлива, а особенно угля. Сернистый газ ( $SO_2 \uparrow$ ) нарушает процессы фотосинтеза и приводит к гибели растительности. Биогеохимические циклы легко нарушаются человеком. Так, добывая минеральные удобрения, он загрязняет воду и воздушную среду. В воду попадает фосфор, вызывая эвтрофикацию, в виде азотистых высокотоксичных соединений. Иными словами, круговорот становится не циклическим, а **ациклическим**.

Охрана природных ресурсов должна быть, в частности, направлена на то, чтобы ациклические биогеохимические процессы превратить в циклические. Таким образом, всеобщий гомеостаз биосферы зависит от стабильности биогеохимического круговорота веществ в природе.

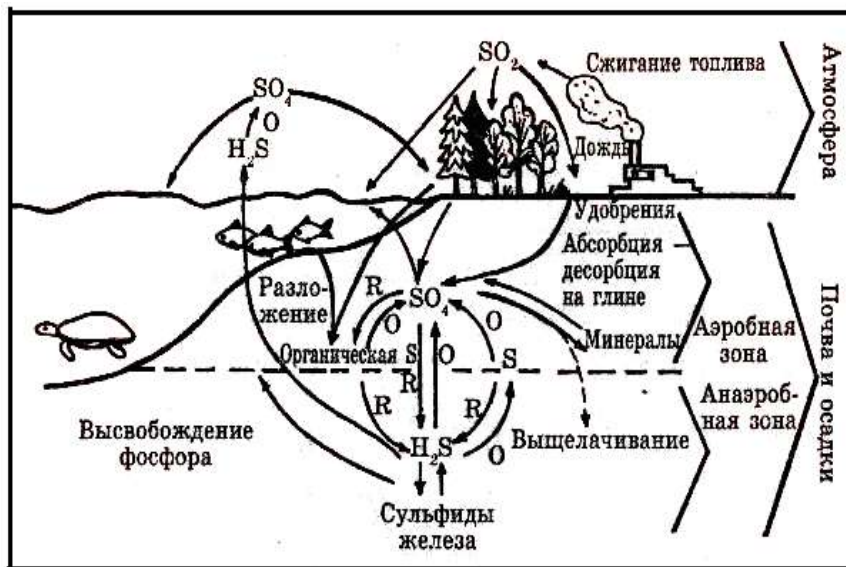


Рисунок 34 – Круговорот серы (по Ю. Одуму, 1975).

Но являясь планетарной экосистемой, она состоит из экосистем всех уровней, поэтому первоочередное значение для её гомеостаза имеют целостность и устойчивость экосистем.

Контрольные вопросы:

1. Как происходит большой круговорот веществ и воды в природе?
2. Как и какие важнейшие функции живого вещества обеспечиваются посредством малого круговорота веществ в природе?
3. Из каких частей состоит биогеохимический круговорот веществ?
4. В чем особенности биогеохимических циклов основных биогенных элементов?
5. Какие потоки энергии получает живой организм?
6. Какие приспособления выработались у планктонных организмов к парению в воде?
7. Составьте схему, которая демонстрирует различные приспособления обитателей водной среды к таким её особенностям, как насыщение кислородом, показатель pH, скорость течения?
8. Почему живые существа не испытывают губительного действия ультрафиолетовых излучений?
9. Почему в глубоководных зонах океана и в глубине тропического леса поток излучения может на протяжении суток оставаться практически постоянным, а в пустыне и высокогорной тундре дневной поток энергии во много раз больше ночного?
10. От чего зависит всеобщий гомеостаз биосферы?

## Гидросфера, деятельность человека, и геоэкологические особенности бессточных бассейнов

**Поверхностная гидросфера** – водная оболочка поверхностной части Земли. В её состав входят воды океанов, морей, озер, рек, водохранилищ, болот, ледников, снежных покровов. Все эти воды постоянно или временно располагаются на земной поверхности и носят название **поверхностных**. Поверхностная гидросфера не образует сплошного слоя и прерывисто покрывает земную поверхность на 70,8%. **Подземная гидросфера** – включает все воды, находящиеся в верхней части земной коры. Их называют подземными. Сверху подземная гидросфера ограничена поверхностью земли, нижнюю её границу проследить невозможно, так как гидросфера очень глубоко проникает в толщу земной коры. По отношению к объёму к объёму земного шара общий объём гидросферы не превышает 0,13%. Основную часть гидросферы (96,53%) составляет Мировой океан (таблица 6). На долю подземных вод приходится 23,4 млн. км<sup>2</sup>, или 1,69% от общего объёма гидросферы, остальное – воды рек, озер и ледников.

Таблица 6 – Распределение вод на Земле

Части гидросферы	Площадь распространения, тысяч км <sup>2</sup>	Объём воды, тысяч км <sup>3</sup>	Доля от общих мировых запасов воды, %
Мировой океан	361 300	1 138 500	96,53
Ледники и снега (полярные и горные области)	16 227	26 064	1,74
Подземные воды	134 800	23 400	1,69
Подземные льды в зоне вечной мерзлоты	21 000	300	0,023
Озера	2 058	176	0,014
Почвенная влага	82 000	16,5	0,001
Пары атмосферы	510 000	12,9	0,001
Болота	2 682	11,4	0,0007
Речные воды	148 000	2,1	0,0002

Более 98% всех водных ресурсов Земли составляют соленые воды океанов, морей, озер, водоемов. По степени солёности естественные водоёмы условно подразделяются на **пресные** с солёностью менее 0,5 ‰, **солонатоводные** – их солёность колеблется в пределах 0,5-16, и **солёные** – больше 16 ‰. Солёность океанических водоёмов составляет 32-38 ‰ (в среднем 35 ‰), но самое высокое содержание солей характеризует не морские, а некоторые внутренние водоёмы, типа солёных озёр, где концентрация электролитов доходит до 370 ‰. В этой связи, по характеру водно-солевого обмена **гидробионты** довольно четко делятся на **пресноводных** и **морских**, хотя некоторые **эвригалинные** (от греч. eurus – широкий, halinos – солёный), формы могут обитать и в тех, и в других условиях. Общий же объём пресных вод на земле равен 28,25 млн. км<sup>3</sup>, или около 2% объёма гидросферы. Основная часть пресных вод сосредоточена в ледниках, воды которых пока используются очень мало. На долю остальной части пресных вод, пригодных для водоснабжения, приходится 4,2 млн. км<sup>3</sup> воды, или всего лишь

0,3% объёма гидросферы. Гидросфера играет огромную роль в формировании природной среды нашей планеты. Весьма активно она влияет и на атмосферные процессы (нагревание и охлаждение воздушных масс, насыщение их влагой). Существование биосферы и человека всегда было основано на использовании воды. Человечество постоянно стремилось к увеличению водопотребления, оказывая на гидросферу огромное многообразное давление. На нынешнем этапе развития техносферы. Когда в мире ещё в большей степени возрастает воздействие человека на биосферу, а природные системы в значительной степени утратили свои защитные свойства, очевидно, необходимы новые подходы, «осознание реальностей и тенденций, появившихся в мире в отношении природы в целом и её составляющих» (Лосев, 1989). В полной мере это относится к осознанию такого страшного зла, каким является в наше время загрязнение и истощение поверхностных и подземных вод.

Под загрязнением водоемов понимают снижение их биосферных функций и экологического значения в результате поступления в них вредных веществ (Криксунов, 1995). Загрязнение вод проявляется в изменении физических и органолептических свойств (нарушение прозрачности, окраски, запахов, вкуса), увеличении содержания сульфатов, хлоридов, нитратов, токсичных тяжелых металлов, сокращении растворенного в воде кислорода, воздуха, появлении радиоактивных элементов, болезнетворных бактерий и других загрязнителей. Россия обладает одним из самых высоких водных потенциалов в мире – на каждого жителя России приходится свыше 30 000 м<sup>3</sup>/год воды. Однако в настоящее время из-за загрязнения или засорения около 70% рек и озер России утратили свои качества как источника питьевого водоснабжения, в результате около половины населения потребляют загрязненную недоброкачественную воду. Одной из острейших проблем современности стало загрязнение пресных вод.

Нарушено исторически сложившееся равновесие в водной среде Байкала – уникальнейшем озере нашей планеты, которое, по подсчетам ученых могло бы обеспечить чистой водой все человечество в течение почти полустолетия. Только за последние 20 лет загрязнено более 100 км<sup>3</sup> байкальской воды. На акваторию озера ежегодно поступает более 8500 тонн нефтепродуктов, 750 тонн нитратов, 13 тысяч тонн хлоридов и других загрязнителей. Ученые полагают, что только размеры озера и огромный объём водной массы, а также способность биоты участвовать в процессах самоочищения спасают экосистему Байкала. Многие из веществ, входящих в состав сточных вод промышленных предприятий, токсичны для человека и многих других живых организмов. В частности, весьма губительны для большинства гидробионтов отходы целлюлозно-бумажной промышленности. В водоемах, принимающих сточные воды таких предприятий, погибает почти все население беспозвоночных животных и рыб. Положение усугубляется тем, что окисление древесной массы связывает большое количество кислорода, приводя к общему дефициту его в водоёме. В таких водоёмах быстро формируются сообщества на базе цианобактерий и некоторых других прокариот, устойчивых к фенолам и иным токсикантам. Это подчеркивает высокую приспособляемость на уровне экосистем, но человек воспринимает такие водоёмы как мертвые. Среди промышленных выбросов особую опасность для живого населения водоёмов представляют нефтепродукты, кислоты, ПАВ (поверхностно-активные вещества),

соли и различного рода токсиканты. Не говоря уже о гибели гидробионтов от токсичных выбросов, сток промышленных вод меняет степень солености водоёма, величину рН, кислородный режим и многие другие параметры водной среды. Все это, как правило, ведет к обеднению видового состава водных биоценозов, снижению их продуктивности и устойчивости. Во многих водоемах загрязнение приводит к замене основных промысловых рыб на менее ценные. Так, в большинстве озер и рек Европы сиговые, лососевые и осетровые рыбы оказываются в особо неблагоприятных условиях и постепенно замещаются более короткоциклическими карповыми и окуневыми (плотва, лещ, окунь, ёрш). Дополнительным источником загрязнения водоёмов стали «кислые дожди», особенно характерные для Восточной Европы. Так, летом 1982 года в Беларуси атмосферные осадки имели рН 5,5, а в Прибалтике – 4,7. На примере горных озер Швеции установлено, что при снижении рН воды от 5,5 до 5,0 из состава ихтиофауны исчезают хариус, арктический голец, налим. В озерах, где рН воды ниже 4,7-4,5, рыб практически нет. В озерах, где рН воды ниже 4,7-4,5 рыб практически нет.

Бытовые стоки, богатые органикой, ведут к повышению эвтрофикации водоёмов, неблагоприятно сказывающейся на их кислородном режиме и продуктивности. На базе обилия органических веществ идет усиленное развитие фитопланктона («цветение воды»), многих других гидробионтов, прибрежных зарослей высшей растительности. Но зато возникает дефицит кислорода, расширяется глубинная зона с анаэробным обменом, накоплением сероводорода, аммиака. Это ведет к гибели ценных видов рыб и ухудшению питьевых качеств воды; многие эвтрофированные водоемы теряют хозяйственное значение. Засорение пресных водоемов особенно опасно на фоне общей нехватки пресной воды. Принято считать, что уровень культуры выражается количеством потребляемой человеком воды. Так, для изготовления 1 тонны бумаги требуется 36 тонн воды, для такого же количества азотной кислоты – 300 т, синтетического волокна – 3600 т. Для производства 1 тн, зерна расходуется 500 тн воды, а крупный металлургический комбинат потребляет воды примерно столько же, как город с миллионным населением. По современным данным ежегодный расход воды на земном шаре составляет порядка  $150 \text{ км}^3$ , а возможный водозабор из рек и подземных источников – порядка  $600 \text{ км}^3$ . Однако засорение источников пресной воды, резко снижает этот потенциальный водозабор. Считается, что в реки и другие водоёмы ежегодно сбрасывается около  $450 \text{ км}^3$  сточных вод, притом лишь половина этого количества подвергается искусственной очистке, да и то не всегда в достаточной степени. Уже сейчас почти половина человечества испытывает «водное голодание», причем это относится и к высокоразвитым странам, в США, например, недостаток воды, испытывает примерно 1/7 населения. Засорение пресных вод имеет и более отдаленные последствия, в результате нарушения водных экосистем снижается уровень биологической самоочистки, и часть загрязнений попадает в морские водоёмы. Многие акватории служат местами бесконтрольного сброса различных, (в том числе и радиоактивных) отходов. По наблюдениям известного путешественника Тура Хейердала, сильно засорены отбросами с различных судов, даже центральные части Атлантического океана.

**Главные загрязнители вод.** Установлено, что более 400 видов веществ могут вызвать загрязнение вод. В случае превышения допустимой нормы хотя бы по одному из трех показателей вредности: санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому, вода считается загрязненной. Различают химические, биологические и физические загрязнители (П. Бертокс, 1980). Среди **химических загрязнителей** к наиболее распространенным относят нефть и нефтепродукты, СПАВ (синтетические поверхностно-активные вещества), пестициды, тяжелые металлы, диоксины (табл. 7).

Таблица 7 – Главные загрязнители воды

Химические загрязнители	Биологические загрязнители	Физические загрязнители
Кислоты Щелочи  Соли Нефть и нефтепродукты Пестициды Диоксины Тяжелые металлы Фенолы Аммонийный и нитритный азот СПАВ	Вирусы Бактерии  Другие болезнетворные организмы Водоросли Лигнины Дрожжевые и плесневые грибки	Радиоактивные элементы Взвешенные твердые частицы Тепло Органолептические (цвет, запах) Шлам Песок Ил Глина

Очень опасно загрязняют воду биологические загрязнители, например вирусы и другие болезнетворные микроорганизмы, и физические – радиоактивные вещества, тепло, шлам.

**Основные виды загрязнения вод.** Наиболее часто встречается химическое и бактериальное загрязнение. Значительно реже наблюдается радиоактивное, механическое и тепловое загрязнение.

**Химическое загрязнение** – наиболее распространенное, стойкое и далеко распространяющееся. Оно может быть **органическим** (фенолы, нафтоновые кислоты, пестициды) и **неорганическим** (соли, кислоты, щелочи), **токсичным** (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия) и **нетоксичным**. При осаждении на дно водоёмов или при фильтрации в пласте вредные вещества сорбируются частицами пород, окисляются и восстанавливаются, выпадают в осадок, но, как правило, полного самоочищения не происходит. Очаг химического загрязнения подземных вод в сильно проницаемых грунтах может распространяться до 10 км и более.

**Бактериальное загрязнение** выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов (до 700 видов), простейших, грибов. Этот вид загрязнений носит временный характер. Весьма опасно содержание в воде, даже при очень малых концентрациях, радиоактивных веществ, вызывающих **радиоактивное**

**загрязнение.** Наиболее вредны «долгоживущие» радиоактивные элементы, обладающие повышенной способностью к передвижению в воде (стронций-90, уран, радий-226, цезий). Радиоактивные элементы попадают в поверхностные водоёмы при сбросе в них радиоактивных отходов, захоронении отходов на дне, и естественных впадинах (хвостохранилище Кошкар-Ата в Мангистауской области). В подземные воды уран, стронций и другие элементы попадают как в результате выпадения их на поверхность земли в виде радиоактивных продуктов и отходов и последующего просачивания в глубь земли вместе с атмосферными водами, так и в результате взаимодействия подземных вод с радиоактивными горными породами.

**Механическое загрязнение** характеризуется попаданием в воду различных механических примесей (песок, шлам, ил). Механические примеси могут значительно ухудшать органолептические показатели вод. Применительно к поверхностным водам выделяют еще их загрязнение (а точнее, засорение) твердыми отходами (мусором), остатками лесосплава, промышленными и бытовыми отходами, которые ухудшают качество вод, отрицательно влияют на условия обитания рыб, состояние экосистем.

**Тепловое загрязнение** связано с повышением температуры вод в результате их смешивания с более нагретыми поверхностными или технологическими водами. Так, например, известно, что на площадке Кольской атомной станции, расположенной за Полярным кругом, через 7 лет после начала эксплуатации температура подземных вод повысилась с 6 до 19°C вблизи главного корпуса. При повышении температуры происходит изменение газового и химического состава в водах, что ведет к размножению анаэробных бактерий, росту гидробионтов и выделению ядовитых газов – сероводорода, метана. Одновременно происходит «цветение» воды, а также ускоренное развитие микрофлоры и микрофауны, что способствует развитию других видов загрязнения. По существующим санитарным нормам температура водоёма не должна повышаться более чем на 3°C летом и 5°C зимой, а тепловая нагрузка на водоём не должна превышать 12-17 кДж/м<sup>3</sup>.

**Основные источники загрязнения поверхностных и подземных вод.** Процессы загрязнения поверхностных вод обусловлены различными факторами. К основным из них относятся: 1) сброс в водоёмы неочищенных сточных вод; 2) смыв ядохимикатов ливневыми осадками; 3) газодымовые выбросы; 4) утечки нефти и нефтепродуктов. Наибольший вред водоёмам и водотокам причиняет выпуск в них неочищенных сточных вод – промышленных, коммунально-бытовых, коллекторно-дренажных.

Печальным примером такого вреда наносимого окружающей природной среде и населению пригородных территорий города Актау, Мангистауской области, является наличие накопителя токсичных отходов в естественной впадине Кошкар-Ата (рис. 33). Хвостохранилище Кошкар-Ата образовано сбросами отходов производства Прикаспийского горно-металлургического комбината (ПГМК), перерабатывающего комплексные уранофосфорные руды месторождения, располагающегося вблизи населенных пунктов, а также сбросных вод сернокислотного завода (СКЗ) и неочищенных хозяйственно-бытовых сточных вод верхних микрорайонов города Актау.

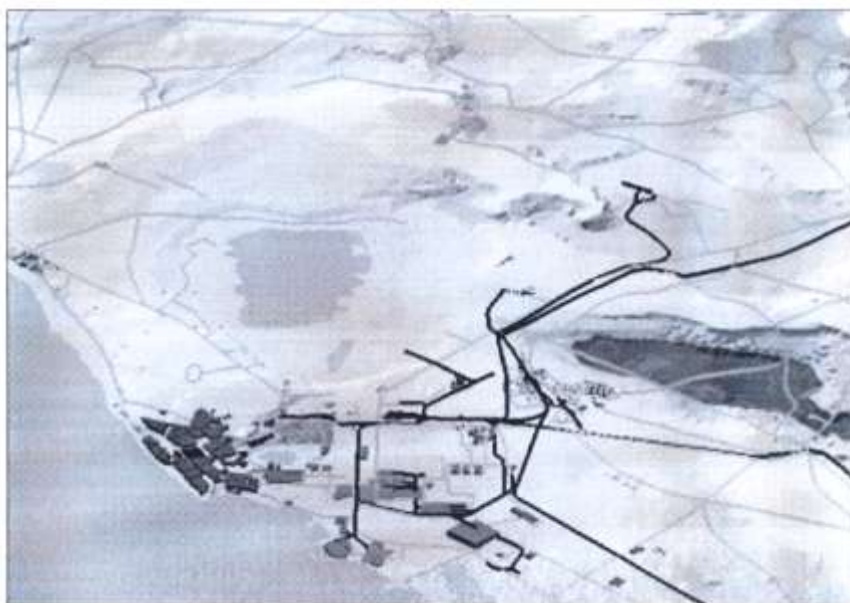


Рисунок 33 – На схеме ясно видна непосредственная близость хвостохранилаца к границе города Актау, и Каспийского моря

Переработка уранофосфорных руд осуществлялась на химико-гидрометаллургическом заводе (ХГМЗ). Отходы переработки в виде пульпы сбрасывались в естественную бессточную впадину Кошкар-Ата.

В период эксплуатации хвостохранилища объем сбросов пульпы и сточных вод превышал объем испарения. В связи с этим, водная площадь хвостохранилища постоянно росла и в 1992 году, достигла максимальной величины 77,18 км<sup>2</sup>. В последующие годы объем испарения превышал объем поступающих в хвостохранилище сбросов и водная площадь к 2005 году, уменьшилась до 33,76 км<sup>2</sup>. При этом, обнажилась значительная часть высохших пульпоотходов, образовав «пылящие пляжи», представляющие потенциальную опасность для здоровья населения близлежащих населенных пунктов и города Актау, при разное ветром токсической пыли с высохшей поверхности хвостохранилища.

Площадь загрязненных пляжей, являющихся источником токсичной пыли, превышает 20 км<sup>2</sup>, располагаясь, в основном, в южной части хвостохранилища. Отходы хвостохранилища характеризуются повышенным уровнем радиоактивности, вызванной, в основном, присутствием радиоактивного изотопа радия (Ra-226). При распаде этого изотопа образуется радон (Rn-222), который выделяется в атмосферу, образуя при распаде несколько дочерних короткоживущих продуктов. Вдыхание радона может способствовать возникновению онкологических заболеваний. Интенсивность выделения радона зависит от многих факторов, таких как концентрация Ra-226, влажности отходов и воздуха и др. кроме этого не исключается вероятность загрязнения Каспийского моря, через подземные воды.

В 2009 году, выполнены мероприятия по реабилитации двух радиационно опасных участков хвостохранилища, расположенных в южной части впадины Кошкар-Ата, что обеспечило ликвидацию сложившейся аварийной ситуации – изоляцию радиоактивных отходов несанкционированно вскрытых на хвостохранилище, уменьшило площадь радиационного загрязнения



хвостохранилища. В настоящее время объектом исследований является изучение возможности сокращения потерь воды из оставшегося отстойного пруда хвостохранилища. Актуальность исследований состоит в разработке технологии по сокращению испарения с поверхности отстойного пруда, что позволит уменьшить объёмы сухих пляжей, которые способствуют ухудшению экологической обстановки в регионе.

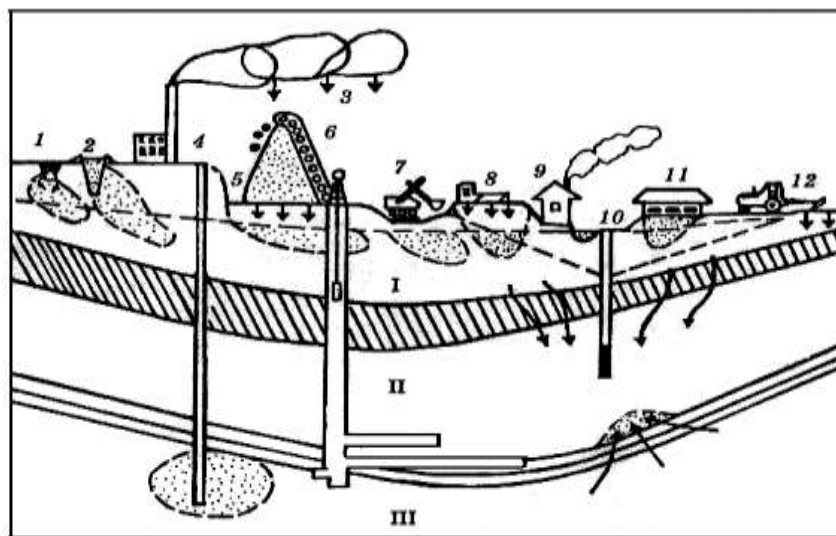
Поставленная задача является сложной, так как поверхность отстойного пруда составляет десятки квадратных километров, что осложняет выбор способа практической реализации разработки. В процессе проведения литературного и патентного поиска не выявлено эффективных способов сокращения потерь воды с большой поверхности токсичных водоемов. Аналогов, поставленной перед нами проблеме, когда речь идет о необходимости противоиспарительной изоляции или покрытия поверхности, исчисляемой десятками квадратных километров, в проработанной нами литературе не имеется. Это лишний раз свидетельствует о том, что проблема, поставленная в данной работе, является грандиозной, требующей разработки и реализации весьма сложных и оригинальных нетрадиционных научно-технических решений.

Вместе с этим известно, что огромное количество опасных загрязняющих веществ, как пестициды, аммонийный и нитратный азот, фосфор, калий смываются с сельскохозяйственных территорий, включая площади, занимаемые животноводческими комплексами. По большей части они попадают в водоёмы и водотоки без какой-либо очистки, а поэтому имеют высокую концентрацию органического вещества, биогенных элементов и других загрязнителей.

Значительную опасность представляют газо-дымовые соединения (аэрозоли, пыль), оседающие из атмосферы на поверхность водосборных бассейнов и непосредственно на водные поверхности. Плотность выпадения, например, аммонийного азота на европейской территории России оценивается в среднем  $0,3 \text{ т/км}^2$ , а серы от  $0,25$  до  $2,0 \text{ т/км}^2$ . Кроме поверхностных вод постоянно загрязняются и подземные воды, в первую очередь в районах крупных промышленных центров.

Источники загрязнения подземных вод весьма разнообразны (рис. 34). Загрязняющие вещества могут проникать к подземным водам различными путями: при просачивании промышленных и хозяйственно-бытовых стоков из хранилищ, прудов-накопителей, отстойников, по затрубному пространству неисправных скважин, через поглощающие скважины, карстовые воронки. К естественным источникам загрязнения относят сильно минерализованные (соленые и рассолы) подземные воды или морские воды, которые могут внедряться в пресные незагрязненные воды, при эксплуатации водозаборных сооружений и откачке воды из скважин. Важно подчеркнуть, что загрязнения подземных вод не ограничиваются площадью промпредприятий, хранилищ отходов, а распространяются вниз по течению потока на расстоянии до 20-30 км и более от источника загрязнения. Это создает реальную угрозу для питьевого водоснабжения. Следует также иметь в виду, что загрязнение подземных вод негативно сказывается и на экологическом состоянии поверхностных вод, атмосферы, почв, других компонентов природной среды. Например, загрязняющие вещества, находящиеся в подземных водах, могут выноситься фильтрационным

потоком в поверхностные водоёмы и загрязнять их. Как подчеркивают многие ученые, круговорот загрязняющих веществ в системе поверхностных и подземных вод предопределяет единство природоохранных и водоохранных мер и их нельзя разрывать. В противном случае меры по охране подземных вод вне связи с мерами по защите других компонентов природной среды будут неэффективными. Загрязнение водных экосистем представляет огромную опасность для всех живых организмов и, в частности, для человека.



I – грунтовые воды; II – напорные пресные воды;  
III – напорные соленые воды;

1 – трубопроводы, 2 – хвостохранилище, 3 – дымовые и газовые выбросы,  
4 – подземные захоронения промстоков, 5 – шахтные воды, 6 – терриконы,  
7 – карьерные воды, заправочные станции, 8 – бытовое загрязнение,  
9 – объекты животноводства, 10 – водозабор, подтягивающий соленые воды, 11 – объекты животноводства, 12  
– внесение удобрений и пестицидов.

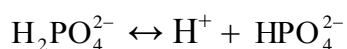
Рисунок 34 – Схема источников загрязнения подземных вод  
(по В.А. Шемелиной, 1989)

**Пресноводные экосистемы.** Установлено, что под влиянием загрязняющих веществ в пресноводных экосистемах отмечается падение их устойчивости вследствие нарушения пищевой пирамиды и ломки сигнальных связей в биоценозе, микробиологического загрязнения, эвтрофирования и других неблагоприятных процессов. Они снижают темпы роста гидробионтов, их плодовитость, а в ряде случаев приводит к их гибели. Наиболее изучен процесс эвтрофирования водоёмов. Этот естественный процесс, характерный для всего геологического прошлого планеты, обычно протекает очень медленно, однако в последние десятилетия, в связи с возросшим антропогенным воздействием, скорость его развития резко увеличилась. Ускоренная, или так называемая антропогенная эвтрофикация связана с поступлением в водоёмы значительного количества биогенных веществ – азота, фосфора и других элементов в виде удобрений, моющих веществ, отходов животноводства, атмосферных аэрозолей. Антропогенное эвтрофирование весьма отрицательно влияет на пресноводные

экосистемы, приводя к перестройке структуры трофических связей гидробионтов, резкому возратанию биомассы фитопланктона благодаря массовому размножению синезеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды, ухудшающих её качество и условия жизни гидробионтов, за счет выделения токсинов. Возрастание массы фитопланктона сопровождается уменьшением разнообразия видов, что приводит к невозполнимой утрате генофонда, уменьшению способности экосистем к гомеостазу и саморегуляции (Яблоков, 1983).

Минеральные удобрения (иногда их называют туками) попадают в водные объекты в результате поверхностного смыва с сельскохозяйственных угодий, и создают питательную среду для водной растительности. В частности, азотные удобрения обогащают воду нитрат-ионами  $\text{NO}_3^-$ , представляющими собой именно ту форму, в которой азот усваивается растениями при образовании аминокислот и протеинов. Наиболее распространенным видом азотных удобрений являются селитры (нитраты аммония, щелочно-земельных металлов), а также соли аммония. Соли аммония, а также аммиак, приводят к появлению в воде аммониевой формы азота в виде катионов  $\text{NH}_4^+$ , которые с помощью автотрофных бактерий проходят двухступенчатую нитрификацию. На первой ступени под воздействием нитрозных бактерий аммониевая форма азота в результате окисления порождает нитрит-ионы  $\text{NO}_2^-$ , избыточное содержание которых токсично для водных организмов.

На второй ступени нитрификации происходит превращение нитрит-ионов  $\text{NO}_2^-$  в нитрат-ионы  $\text{NO}_3^-$ . В этом процессе участвуют уже другие бактерии – нитратные. Применение в сельском хозяйстве фосфорных удобрений также является причиной эвтрофикации водоёмов. Формой, в которой фосфор выступает как питательный элемент для водной растительности, является фосфат-ион  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Он попадает в воду в частности, при использовании суперфосфата  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , а также преципитата  $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . фосфат-ионы  $\text{HPO}_4^{2-}$  присутствуют в воде совместно с ионами  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  в условиях диссоциации:



Причем равновесие зависит от величины pH. Для большинства водных объектов преобладает форма  $\text{HPO}_4^{2-}$  (около 90%) с примесью  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  (примерно 10%). Известно, что фосфор играет важную роль в процессах энергопроизводства, обеспечивая энергетические нужды всех биохимических процессов в живом организме. В отсутствие фосфора был бы невозможен синтез протеина, хотя сам протеин не содержит фосфора.

Чем больше вводится фосфора в водоём, тем меньше его удаляется в осадок и тем более, он становится доступен растениям. В недалеком будущем многие водоёмы рискуют оказаться загрязненными избыточным количеством фосфатов, что может привести к массовой эвтрофикации водоёмов. Кроме этого, установлено, что характерные для *эвтрофированных* водоёмов *синезеленые водоросли* способны потреблять атмосферный азот, притом в количестве, которое позволяет поддерживать эвтрофный режим в водоёме даже в отсутствие

антропогенных источников биогенов. Биогены (особенно нитраты) опасны также для подземных вод.

Так, на территории Индии обнаружены громадные ареалы (северо-западная часть Индии, и её центральная часть к востоку от Бомбея) с содержанием в подземных водах более 250 мг/л нитратов. Процессы антропогенной эвтрофикации охватывают многие крупные озера мира – Великие Американские озера, Балатон, Ладожское, Женевское, Каспий, а также водохранилища и речные экосистемы, в первую очередь малые реки. Помимо избытка биогенных веществ на пресноводные экосистемы губительное воздействие оказывают и другие загрязняющие вещества: тяжелые металлы (свинец, кадмий, никель), фенолы, СПАВ. Так, например, водные организмы Байкала, приспособившиеся в процессе длительной эволюции к естественному набору химических соединений притоков озера, оказались неспособными к переработке чуждых природным водам химических соединений (нефтепродуктов, тяжелых металлов, солей. В результате отмечено обеднение гидробионтов, уменьшение биомассы зоопланктона, гибель значительной части популяции байкальской нерпы.

**Морские экосистемы.** Скорости поступления загрязняющих веществ в Мировой океан в последнее время резко возросли. Ежегодно в океан сбрасывается до 300 млрд м<sup>3</sup> сточных вод, 90% которых не подвергается предварительной очистке. Морские экосистемы подвергаются все большему антропогенному воздействию посредством химических токсикантов, которые аккумулируясь гидробионтами по трофической цепи, приводят к гибели консументов даже высоких порядков, в том числе и наземных животных – морских птиц например. Среди химических токсикантов наибольшую опасность для морской биоты и человека представляют нефтяные углеводороды (особенно бенз(а)пирен), пестициды и тяжелые металлы (ртуть, свинец, кадмий). Особенно широко распространено и весьма опасно загрязнение морских вод нефтепродуктами.

Широкие масштабы транспортировки их в танкерах повышенного тоннажа почти всегда сопровождается потерями нефтепродуктов ежегодно. Добыча сырой нефти в промышленных масштабах практически началась в 1880 году и за 127 последующих лет достигла объёма, превышающего  $3,2 \cdot 10^{12}$  л в год. В 80% всех проб воды, взятых для химического анализа, присутствуют нефтепродукты в большей или меньшей концентрации. Вместе с нефтью на поверхность земли откачивается огромное количество пластовой (минерализованной) воды с содержанием нефти около 3 г/л. В сточных водах нефтеперерабатывающих предприятий нефти еще больше – до 10 г/л. Неудивительно, что в наши дни загрязнение вод нефтепродуктами приняло глобальный характер.

**Как сообщало,** ИА REGNUM, 11 ноября 2007 года, в районе Керченского залива в результате штормового ветра (до 32 м/с) и волнения моря (6-7 баллов, высота волны 5 м) затонуло четыре судна (сухогрузы "Вольногорск", "Нахичевань", "Ковель", "Хачь Измаил" (Грузия); сорвало с якорей и село на мель шесть судов (сухогрузы "Вера Волошина" (Украина), "Зия Кос" (Турция), "Капитан Измаил" (Турция); баржи "Дика", "Диметра", плавкран "Севастополец"); получили повреждения два танкера ("Волгонефть-139", "Волгонефть-123").

К сбору нефтеотходов на побережье Керченского пролива в районе кораблекрушения планируется привлечь студентов. Об этом корреспонденту ИА

REGNUM 13 ноября сообщили в пресс-службе Южного регионального центра МЧС РФ. "Всего в работах по очистке побережья собираются задействовать около 1 тыс. студентов, они приступят к работам 15 ноября", - отметил представитель пресс-службы.

Подразделения МЧС Вологодской области и Карелии приступили к ликвидации разлива мазута на Онежском озере, который произошел в результате аварии на барже БНТ-02, следовавшей из Ярославля в Санкт-Петербург. Как сообщили корреспонденту ИА REGNUM в Главном управлении МЧС РФ по Республике Карелия вчера, 7 ноября, авария произошла 3 ноября в 15 часов 55 минут у поселка Голяши Вышегорского района Вологодской области. Во время шторма баржа села на мель в 125 метрах от берега, после чего из-за небольшого крена в озеро вылилось около 10 тонн мазута.

Подсчитано, что в наши дни в воды Мирового океана попадает до 10 млн. тонн нефти и нефтепродуктов ежегодно. При попадании в воду нефтепродукты, растекаясь по поверхности, образуют мультимолекулярный слой, покрывающий значительные площади. Например, 15 тонн мазута в течение 6-7 суток, растекаясь, покрывают площадь около 20 км<sup>2</sup>. Более легкие фракции нефти загрязняют ещё большую площадь: 1 тонна такой нефти способна образовать пятно размером до 12 км<sup>2</sup> и диаметром около 4 км. Покрывающие поверхность воды нефтяные пленки (НП) нарушают обмен газами, теплом, влагой между гидросферой и атмосферой. НП также стимулирует протекание разнообразных химических реакций с участием веществ, растворимых в нефти.

Известно, что в нефтяных пленках происходит концентрация тяжелых металлов и пестицидов. Например, пестицид дильдрин (из группы инсектицидов) способен наращивать свою концентрацию в пленке в 10 000 раз. К токсичным фракциям относятся, например, низкокипящие насыщенные углеводороды и такие ароматические соединения, как бензол и ксилол (полициклические соединения). Сама нефть, являющаяся смесью из нескольких сотен химических веществ, весьма токсична. Рыба погибает уже при концентрации нефти в воде 0,5 мг/л, а при концентрации 1,2 мг/л, гибнет даже бентос и планктон. НП оказывается губительной для мальков, только что вышедших из икринок. Малькам нужен глоток воздуха, чтобы заполнить плавательный пузырь.

Достигая поверхности, покрытой НП, мальки делают глоток – и погибают. Для полного окисления нефти в аэробных условиях нужно 100-150 дней, в анаэробных условиях – еще больше. Разлагаясь нефть изымает из воды огромное количество кислорода: для полного окисления 1 литра нефти потребуется кислород, содержащийся в 400 тысячах литров воды.

Это в условиях летних температур, когда в 1 л воды, содержится 7-8 мг кислорода. В условиях зимы, когда водоёмы покрыты льдом, содержание кислорода понижается до 4 мг/л. Так, что в эту пору на окисление 1 л, нефти потребуется кислород содержащийся в 1 млн. литров воды. Известны случаи пестицидного отравления морских рыб. Пестициды (лат. *pestis* – зараза, *secidi* – убивать), – это широкая группа химических веществ, предназначенных для борьбы с различными живыми организмами, наносящими ущерб сельскому хозяйству: насекомыми (инсектициды), сорняками (гербициды), грибковыми организмами (фунгициды), крысами, мышами, сусликами (родентициды, представляющие

собой специфические фунгициды), болезнетворными бактериями (бактерициды). К наиболее стойким пестицидам относятся хлорпроизводные углеводов.

**Пестициды**, попадая в воду, легко разносятся течениями. Результаты этого сказываются в уменьшении масштабов рыбного промысла. Так, в 40-х годах нашего столетия уловы сардины у калифорнийского побережья Тихого океана составляли 800 тысяч тонн, но уже к началу 60-х годов промысел почти закончился: рыба погибла от ДДТ, применявшегося в сельском хозяйстве. Борьба с различными формами загрязнения биосферы – проблема, лишь условно относимая к экологическим. Разработка различного рода очистных сооружений – задача чисто техническая и во многом решенная, хотя и не всегда эти сооружения используются в должной мере. Поэтому важен и юридический аспект проблемы – соблюдение законодательства, ограничивающего выброс промышленных отходов в окружающую среду.

По Ю.А. Израэлю (1985), экологические последствия загрязнения морских экосистем выражаются в следующих процессах и явлениях (рис 35):

- нарушения устойчивости экосистем;
- прогрессирующей эвтрофикации;
- появлении «красных приливов»;
- накоплении химических токсикантов в биоте;
- возникновении мутагенеза и канцерогенеза в морской среде;
- микробиологическом загрязнении прибрежных районов моря.

До определенного предела морские экосистемы могут противостоять вредным воздействиям химических токсикантов, используя накопительную, окислительную и минерализующую функции гидробионтов. Так, например, двустворчатые моллюски способны аккумулировать один из самых токсичных пестицидов – ДДТ и при благоприятных условиях выводить его из организма. ДДТ, может сохраняться в окружающей среде свыше 10 лет, и, как известно, запрещен в России, США и некоторых других странах, тем не менее, он поступает в Мировой океан в значительном количестве. Так, эффект накопления пестицида в звеньях трофической цепи можно продемонстрировать на ДДТ. При содержании в воде этого пестицида  $5 \cdot 10^{-5}$  млн<sup>-1</sup>, концентрация его в рыбах достигает 2,0 млн<sup>-1</sup>, а в птицах, питающихся рыбой, – 27,0 млн<sup>-1</sup>, то есть в конечном счете возрастает более чем в 500 000 раз. Ученые доказали и существование в водах мирового океана интенсивных процессов биотрансформации опасного загрязнителя – бенз(а)пирена, благодаря наличию в открытых и полужакрытых акваториях гетеротрофной микрофлоры. Установлено также, что микроорганизмы водоёмов и донных отложений обладают достаточно развитым механизмом устойчивости к тяжёлым металлам, в частности они способны продуцировать сероводород, внеклеточные экзополимеры, которые, взаимодействуя с тяжёлыми металлами, переводят их в менее токсичные формы.

Металлы, попадают в водную среду в незначительных количествах, но их опасность в концентрации в поверхностной пленке, осадке и биоте. Так, планктон способен концентрировать свинец в 12 000 раз, кобальт – в 16 000 раз, медь – в 90 000 раз больше по сравнению с фоновым содержанием. Местом концентрации металлов нередко становятся моллюски. Исследования новозеландских моллюсков, в частности, показали, что содержание меди в морских гребешках в

3000 раз (а в устрицах – в 14 000 раз) выше, чем в окружающей морской среде. Аналогичные цифры для кадмия оказались еще более впечатляющими: в 2 млн раз выше в гребешках и в 300 000 раз – в устрицах.

В донных осадках, концентрация металлов, также на несколько порядков выше, чем в воде. Установлено, что при концентрации ртути в воде 0,1-3,6 мкг/л, в осадке её может быть 80-800 мкг/л, и коэффициент обогащения колеблется от нескольких десятков до нескольких сотен или тысяч. Для поверхностной пленки (100-150 мкм) коэффициенты обогащения меньше: для частиц никеля – 50, меди – 36, железа – 29 (сравнение идет с концентрацией металлов на глубине 20 см). для свинца этот коэффициент – всего 5,8. Токсические характеристики металлов во многом зависят от типа химического комплекса, в который они входят. Например, токсичность меди зависит от таких образований, как  $\text{CuCO}_3$ ,  $\text{Cu}(\text{CO}_3)_2^{2-}$ ,  $\text{CuOH}^+$  и  $\text{Cu}_2(\text{OH})_2^{2+}$ . Если в воде присутствуют одновременно несколько металлов, то совместная их токсичность либо суммируется (аддитивность), либо усиливается (синергетизм), либо ослабляется (антагонизм). Известно, в частности, что смесь меди и цинка обладает синергетическими характеристиками: её токсичность возрастает в 5 раз по сравнению с суммарным (аддитивным) действием этих компонентов. Синергетически действует цинк также в присутствии никеля. Смесь же цинка с кадмием действует аддитивно.

В обедненной кислородом воде цинк, свинец, медь и одноатомные фенолы, проявляют повышенную токсичность по отношению к рыбам. Рыбные популяции настолько чувствительны к присутствию металлов, что стремятся покинуть районы загрязнения при концентрации металлов много меньшей, чем это требуется для выявления фактов отравления. Что касается человека, то известно, что неорганические соединения свинца, попавшие с водой в его организм, вызывают хроническое заболевание мозга и умственную отсталость (особенно у детей в период формирования интеллектуального потенциала).

Другим хорошо известным токсикантом в водных экосистемах является ртуть. Хрестоматийным примером массового отравления ртутью стал город Минамата (Япония, 1953): жители этого города и близлежащих рыбацких деревушек употребляли в пищу моллюсков, содержащих ртуть. В 1969 году в японском городе Ниигата снова была вспышка «болезни Минамата». В воде ртуть, быстро взаимодействует с органическими веществами, переходя в высокотоксичные формы (метилртуть и деметилртуть). Метилртуть достаточно хорошо растворима и быстро внедряется в живые организмы, мигрируя по пищевым цепям. Из морских рыб самое высокое содержание ртути было обнаружено у популяций **тунца** и **акулы**, принадлежавших к верхним звеньям пищевой цепочки. По этой причине в Северной Америке и Австралии был даже сокращен промысел этих рыб. Считается, что предельный уровень безопасности по ртути в рыбе составляет величину  $0,5 \cdot 10^{-4} \%$ . Между тем, содержание ртути в рыбе в прибрежной зоне промышленных районов, как показали исследования, в среднем составляет  $0,5 \cdot 10^{-4} \%$ .

**Придонные виды рыб** обычно содержат ртути больше, чем свободно мигрирующие. Исследование, проведенное в устье Темзы, показало, что это различие может быть в 2 раза. Например, содержание ртути в свободно

мигрирующей треске было  $0,36 \times 10^{-4} \%$ , а в камбале (придонный вид рыб) оно составило величину  $0,74 \times 10^{-4} \%$ .

Еще один металл – кадмий – представляет опасность для окружающей среды, который в совокупности со свинцом и ртутью, образует тройку ведущих токсикантов по масштабности и опасности. Кадмий предпочитает накапливаться в печени у рыб, а, попадая в организм человека, локализуется преимущественно в почках. Здесь «застревает» более 30% кадмия, еще 14% накапливается в печени и 2% - в легких. С кадмием связано специфическое заболевание костной ткани (остеомалация), которое получило в Японии название «итай-итай». Этот недуг выражается в чрезмерной хрупкости и ломкости костей. Например, перелом ребра может случиться уже при глубоком вдохе. Причиной «итай-итай» явилось загрязнение воды на рисовых полях кадмием, который входил в состав фунгицидов. Кадмий способен повышать кровяное давление и обладает канцерогенными свойствами.

Безопасный уровень для кадмия в питьевой воде (предельно-допустимая концентрация) (ПДК) составляет 0,01 мг/л (или  $1 \times 10^{-6} \%$ ). Кадмий поступает в водоёмы со стоками гальванических цехов, с удобрениями (в которых его содержание превышает обычно  $8 \times 10^{-4} \%$ ), с осадками из атмосферы, куда он попадает при сжигании пластмассового мусора.

Все более острый характер приобретают проблемы эвтрофирования и микробиологического загрязнения прибрежных зон океана. В этой связи необходимо определение допустимого антропогенного давления на морские экосистемы, изучение их ассимиляционной ёмкости как интегральной характеристики способности биогеоценоза к динамическому накоплению и удалению загрязняющих веществ. Для здоровья человека неблагоприятные последствия при использовании загрязненной воды, а также при контакте с ней (купание, стирка, рыбная ловля) проявляются либо непосредственно при питье, либо в результате биологического накопления по длинным пищевым цепям типа: вода-планктон-рыбы-человек или вода-почва-растения-животные-человек. При непосредственном контакте человека с бактериально загрязненной водой, а также при проживании или нахождении близ водоёма, различные паразиты могут проникнуть в кожу и вызвать тяжёлые заболевания, особенно характерные для тропиков и субтропиков. В современных условиях увеличивается опасность и таких эпидемических заболеваний как холера, брюшной тиф, дизентерия. Установлено также, что с загрязнением воды могут быть связаны вспышки инфекционного гепатита, некоторые гельминтозы (аскаридоз, описторхоз, эхинококкоз). В южных странах с загрязненной водой связано широко распространенное заболевание, как шистосоматоз. По примерным оценкам, шистосоматозом в мире страдает свыше 200 млн человек. Заболевания в связи с употреблением загрязненной питьевой воды широко распространены в развивающихся и слаборазвитых странах.



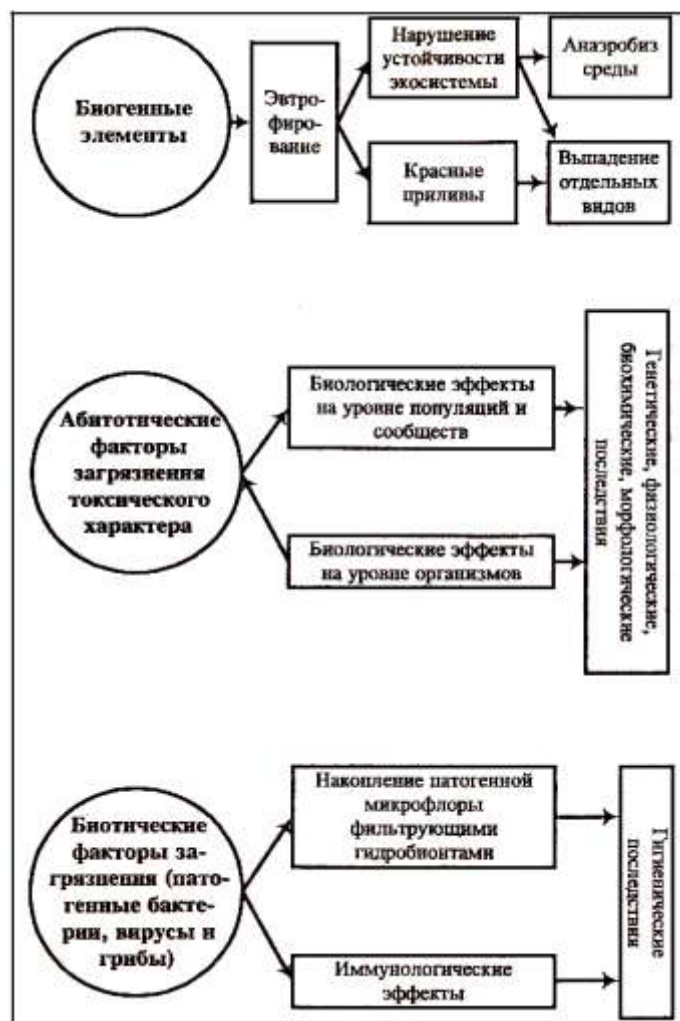


Рисунок 35 – Экологические последствия загрязнения Мирового океана

Например, в Африке, Азии и Латинской Америке ежегодно поражаются амебиазом (амёбная дизентерия) сотни миллионов человек, различными формами тифа – не менее 1 млн. человек, полиомиелитом – около 100 млн. человек. Но особенно частыми являются случаи диареи (3-5 млрд. человек в год). Причем в 5-10 млн. случаев наступает смертельный исход. Одна из наиболее крупных эпидемий инфекционного гепатита произошла в Дели (Индия) в 1955-1956 годах, когда было зарегистрировано 97 тысяч случаев заболевания. В 1961-1973 годах более чем в 40 странах мира, в том числе европейских, наблюдалась эпидемия холеры.

Возникнув в одном из районов Юго-Восточной Азии (острова Сулавеси, Калимантан, Филиппины), холерный вибрион типа «Эль-Тор» в течение последующих пяти лет поразил Индию и страны Среднего Востока. В 1970 году болезнь достигла Северной Африки и, перебравшись через Средиземное море, захватила в свою орбиту некоторые районы Южной Европы (Испания, юг Италии). Случаи заболевания холерой были зарегистрированы также в Закавказье, на юге Украины, на Кубани и в низовьях Волги. Многие возбудители заболеваний, том числе холерный вибрион, используют воду как непосредственную среду обитания. Однако в ряде случаев в водоёмах обитают животные – носители патогенных микроорганизмов, выступающие в роли их промежуточного хозяина.

Хорошо известным примером такого рода заболеваний является малярия. Промежуточным хозяином, в этом случае выступают комары из рода Анофелос (Anopheles). В случае шистосоматоза (иногда употребляется термин «шистосомоз») роль промежуточного хозяина выполняют моллюски (водные улитки). Внутри моллюсков происходит развитие личинок гельминтов (шистосом) с последующим продуцированием и периодическим выбрасыванием в водную среду – цекарий (продукты деления личинок).

Цекарии способны проникнуть сквозь кожу человека при работе на рисовых полях, купании, стирке. Пройдя ряд стадий в организме человека цекарии превращаются в гельминтов, которые поселяются в венозной системе тазовых органов, а особенно органов выделения. Яйца гельминтов, обладающие жесткой оболочкой, способны повреждать стенки кишечника, мочевых путей и мочевого пузыря.

Болезнь может поразить также селезенку и печень. Опасность инфекционных заболеваний водного происхождения измеряют обычно количеством бактерий (точнее их колоний) в 1 л воды. Объектом наблюдения являются, как правило, бактерии группы кишечной палочки, отличающейся устойчивостью против обеззараживающих агентов (например хлора). Количество кишечных палочек в 1 л воды, именуется коли-индексом. Иногда используется показатель, обратный коли индексу, так называемый коли-литр: наименьший объем воды в миллилитрах, в котором обнаруживается одна кишечная палочка. В чистых водоёмах коли-литр обычно не падает ниже единицы.

Основная причина, по которой (поверхностно-активные вещества) ПАВ получили широкое распространение в производственно-хозяйственной деятельности, состоит в том, что они обладают свойством уменьшать поверхностное натяжение жидкостей, в которых они растворяются. При этом образуются эмульсии или суспензии, в которых в качестве дисперсной фазы оказываются различные вещества, для удаления которых собственно и применяются ПАВ. При взаимодействии ПАВ с водой образуются щелочные растворы (при этом снижается жесткость воды), в которых моющие свойства ПАВ проявляются особенно эффективно. ПАВ включаются в состав синтетических моющих средств, широко применяемых в легкой промышленности (текстильной, меховой, кожевенной), и используются при получении полимеров, в составе буровых растворов, для заводнения нефтяных пластов, в борьбе с отложениями парафина, при флотационном обогащении руд. Наиболее известны следующие классы ПАВ: анионоактивные, катионоактивные, и неионогенные.

**Анионоактивные ПАВ** включаются в состав большинства бытовых моющих стиральных порошков. Этот класс ПАВ стал использоваться раньше других, и до сих пор удерживает лидерство по широте применения, и наиболее известное вещество в нем – линейный алкилсульфонат, вошедший в употребление с 60 годов.

**Катионоактивные ПАВ** распространены гораздо меньше, они дороже анионоактивных. Их особенность заключается в том, что они обладают антибактериальными свойствами. Некоторые из веществ этого класса используются в текстильной промышленности, для придания мягкости тканям. Группа неионогенных веществ по объёму производства составляет около 10% от

всех остальных ПАВ (производство катионоактивных ПАВ составляет лишь доли процента).

Если первые две группы ПАВ (анионоактивные и катионоактивные) включают в свой состав натрий, серу, фосфор, азот, галогены или кислотную группу, то неионогенные вещества не содержат ничего, кроме углерода, водорода и кислорода. Это практически чистые углеводороды, которые используются главным образом для промышленных целей. Присутствие в воде ПАВ ухудшает её органолептические характеристики. Появляются различные привкусы и запахи.

Наличие ПАВ в водоёмах приводит к появлению стойких скоплений пены, ухудшению работы биохимических механизмов самоочищения водной среды. Более того, загрязненная ПАВ вода труднее поддаётся очистке. При прохождении через очистные сооружения такая вода быстро приводит к уменьшению эффективности фильтровальных установок и тем самым к снижению качества очистки.

Негативное влияние ПАВ на состояние водной системы существенно возрастает с увеличением солёности. Например, при содержании ПАВ 10 мг/л, доведение солёности до 26‰ уже становится смертельным для рыб из-за резкого падения (под влиянием ПАВ) поверхностного натяжения воды.

**Истощение подземных вод** следует понимать как недопустимое сокращение их запасов в пределах определенной территории (для подземных вод). Их истощению способствует прежде всего малая скорость водообмена. Как известно, полное возобновление (смена) массы подземных вод происходит в течение 1400 лет. Для сравнения напомним, что полный водообмен в **руслах рек происходит всего за 16 дней.**

**Таким образом, подземные воды представляют собой практически невозобновимый ресурс.** Их изъятие из недр, если не проводить меры по искусственной компенсации, сопровождается неуклонным снижением уровня и постепенным осушением водоносного горизонта.

Изъятие подземных вод в больших объёмах неизбежно при добыче полезных ископаемых. Так, например, из 77 шахт Кузбасса ежедневно откачивается 737 тысяч м<sup>3</sup> воды. Потери подземных вод имеют также место при карьерных разработках и на рудниках. В том же Кузбассе объём водоотлива из 24 карьеров и 9 рудников составляет 260 тысяч м<sup>3</sup>/сутки, и около 36 тысяч м<sup>3</sup>/сутки соответственно. При этом развиваются обширные воронки депрессии, снижающие производительность водозабора в местах, соседствующих с районами добычи полезных ископаемых.

Откачка подземных вод в промышленных и урбанизированных районах, прилегающих к морским побережьям, приводит к явлениям интрузии (внедрения) морских вод в высвобождающиеся подземные горизонты. При этом происходит осолонение подземных вод. Явления интрузии морских вод наблюдались в США, Японии, Канаде, Италии, Нидерландах. Скорость продвижения фронта интрузии по пласту, колеблется от нескольких десятков до сотен метров в год. В районе Большого Майами (юго-восток Флориды), где пласт подземных вод располагался в разномерных песках, скорость интрузии в засушливые 40-е годы достигала 270 м/год. Практически во всех крупных промышленных городах с мира, в том числе в Москве, Санкт-Петербурге, Киеве, Харькове, Донецке, где подземные

воды длительное время эксплуатировались мощными водозаборами, возникли значительные депрессионные воронки (понижения) радиусами до 20 км и более. Так, например, усиление водоотбора подземных вод в Москве привело к формированию огромной районной депрессии с глубиной до 70-80 м, а в отдельных районах города – до 110 м и более. Все это, в конечном счете, приводит к значительному истощению подземных вод.

Интенсивная эксплуатация подземных вод в районах водозаборов и мощный водоотлив из шахт, карьеров приводят к изменению взаимосвязи поверхностных и подземных вод, к значительному ущербу речному стоку, к прекращению деятельности тысяч родников, многих десятков ручьев и небольших рек. Кроме этого наблюдаются и другие негативные изменения: осушаются заболоченные территории с большим видовым разнообразием растительности, иссушаются леса, гибнет влаголюбивая растительность – гидрофиты. В Айдосском водозаборе в Центральном Казахстане произошло понижение подземных вод, которое вызвало высыхание и отмирание растительности, а также резкое сокращение транспирационного расхода (Хордикайнен, 1989). Довольно быстро отмерли гидрофиты (ива, тростник, рогоз, чиевик), частично погибли даже растения с глубоко проникающей корневой системой (полынь, шиповник, жимолость татарская); выросли тугайные заросли. Искусственное понижение уровня подземных вод, вызванное интенсивной откачкой, отразилось и на экологическом состоянии прилегающих к водозабору участках долины рек. Этот же антропогенный фактор приводит к ускорению времени смены сукцессионного ряда, а также к выпадению отдельных его стадий.

Длительная интенсификация подземных водозаборов в определенных геолого-гидрогеологических условиях может вызвать медленное оседание и деформации земной поверхности. Последнее негативно сказывается на состоянии экосистем, особенно прибрежных районов, где затапливаются пониженные участки и нарушается нормальное функционирование естественных сообществ организмов и всей среды обитания человека. Истощению подземных вод способствует также длительный неконтролируемый самоизлив артезианских вод из скважин. К другим весьма значительным видам воздействия человека на гидросферу, кроме истощения подземных и поверхностных вод, следует отнести создание крупных водохранилищ, коренным образом преобразующих природную среду на прилегающих территориях. Создание крупных водохранилищ, особенно равнинного типа, для аккумуляции и регулирования поверхностного стока приводит к разнонаправленным последствиям в окружающей природной среде. Экологические последствия создания водохранилищ:

### **НЕГАТИВНЫЕ**

- затопление значительных площадей плодородных земель;
- изменение режима подземных вод (засоление, заболачивание);
- переработка берегов водохранилищ (активизация оползней, карста);
- активизация сейсмической деятельности;
- подтопление прилегающей территории.

### **ПОЗИТИВНЫЕ**

- увеличение устойчивого речного стока;
- снижение разрушительных последствий паводков;

- аккумуляция стока воды для целей мелиорации
- понижение процессов зарастания озер, лиманов и заливов в устьях рек.

**Общая тенденция истощения запасов пресных вод.** Хотя воды земной суши относятся в целом к возобновимым ресурсам, обнаруживается общая тенденция подъема уровня Мирового океана за счет пресных вод суши. Сам факт повышения уровня воды в океане наблюдается 80-100 лет.

Так, например, за период 1900-1964 годов в Индийском океане был зарегистрирован подъем уровня на 4 см, а в Северном Ледовитом океане – на 17 см. В остальных океанах подъем составил от 6 до 12 см. исходя из этих данных была вычислена средняя скорость повышения уровня Мирового океана – около 1,5 мм/год, что соответствует приросту объема на 650 км<sup>3</sup>/год. Величина эта немаленькая, если учесть, что объем воды в руслах всех рек Европы и Азии составляет 645 км<sup>3</sup>. известный ученый-географ А.М. Алпатьев, объясняет регулярное повышение уровня океана постепенным иссушением континентов, обусловленным антропогенными факторами. Среди этих факторов главным является откачка подземных вод.

Если принять, что на долю подземных вод приходится 20% от общего потребления водных ресурсов, то на 1970 год, потребляемый объем подземных вод мог бы составить величину около 520 км<sup>3</sup>. Вся эта вода, в конечном счете, переходит с суши в океан. К этому количеству необходимо добавить объем 80-100 км<sup>3</sup>/год, который по наблюдениям соответствует падению уровня бессточных вод. Это второй фактор, который характеризует общую картину иссушения континентов. Остающиеся 30-50 км<sup>3</sup>/год (до величины 650 км<sup>3</sup>/год) можно было бы объяснить процессом уменьшения запасов воды в подземных льдах в районах вечной мерзлоты.

Таким образом, из-за нарушения водообмена между сушей и океаном по причинам антропогенного характера мы ежегодно теряем около 650 км<sup>3</sup> пресной воды. Эти расчеты относятся к 1970 году. В связи с увеличением, на сегодняшний день водопотребления в 2,5 раз, полученная цифра потерь пресной воды уже не отражает современной картины.

Так, в настоящее время поступление пресной воды в океан оценивается величиной 1600 км<sup>3</sup>/год. Но при этом не учитываются безвозвратные потери воды вследствие дополнительного испарения на суше. Между тем потери за период 1970-2008 год предположительно возрастут в 3 раза. Для того, чтобы знать, насколько в будущем может быть нарушен равновесный водообмен, между сушей и океаном, и как далеко пойдет процесс иссушения континентов, нужно учесть целый ряд вещей.

Прежде всего, нужно знать последствия безвозвратных потерь воды на дополнительное испарение, для различных звеньев влагооборота. Одним из таких последствий будет уменьшение стока в океан, что приведет к торможению подъема его уровня.

С другой стороны, дополнительное испарение (особенно в связи с ожидаемым потеплением климата) вызовет дополнительные осадки, которые, напротив, будут способствовать увеличению стока. Существует и еще один важный момент, усложняющий прогноз – изменение водообмена между океаном и атмосферой, обусловленное загрязнением поверхности океана (прежде всего нефтяной

пленкой) и соответствующим уменьшением испарения. уменьшение это может достигать величины  $5000 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Данный фактор способствует нарастанию тенденций иссушения континентов, снижая поверхностный сток. Но тогда резко возрастёт потребность в эксплуатации подземных вод, которые, как известно возобновляются очень медленно. В целом ситуация с пресной водой на планете складывается не лучшим образом, что не может не вызывать тревогу. К 2100 году запасы пресной воды на Земле могут быть исчерпаны.

Контрольные вопросы:

1. Загрязнение подземных и поверхностных вод и их главные загрязнители?
2. Основные виды загрязнения подземных вод?
3. Антропогенное эвтрофирование и его влияние на природные экосистемы?
4. Как загрязняющие вещества попадают в поверхностные воды?
5. Каковы экологические последствия загрязнения морских экосистем?
6. К каким экологическим последствиям приводит истощение вод?
7. Как может отразиться на здоровье человека загрязнение воды?
8. Причины болезни «Минамата»?
9. Неорганические соединения какого металла, попавшие с водой в организм человека, вызывают хроническое заболевание мозга и умственную отсталость особенно у детей?

### **Речной сток, его динамика, водные экосистемы, аридные территории, их устойчивость**

**Лотические экосистемы – реки** – отличаются от стоячих водоёмов тремя основными условиями: 1) течения – важный лимитирующий и контролирующий фактор; 2) обмен между водой и сушей значительно более активен; 3) распределение кислорода более равномерно, так как практически отсутствует стратификация. Скорость течения влияет на распределение рыб в реках – они могут жить под камнями, и в заводях, под перекатами, но это будут разные виды, адаптированные к конкретным условиям. Река – открытая экосистема, в которую поступает с прилегающих пространств большое количество органического вещества.

**Детритное питание** – основа трофических цепей лотических экосистем: более 60% энергии консументы получают от привнесённого материала. Зато кислорода в реках достаточно, содержание его в воде постоянно, что обусловило узкую толерантность организмов по отношению к кислороду. Выделяют лотические сообщества перекатов и плёсов. На перекатах поселяются организмы, способные прикрепиться к субстрату (нитчатые) или хорошие пловцы (форель). На участках плёса сообщества напоминают прудовые. Что касается водности рек, то более точной характеристикой запасов водных ресурсов в реках является не их единовременный объём, а величина стока, измеряемая объёмом протекающей через русло воды в течение единицы, обычно года. Например, среднегодовой сток для бывшего СССР, (по данным 1983 года), составлял  $4384 \text{ км}^3$  в год. Почти

весь он (91,3%) приходится на территорию России (4003 км<sup>3</sup> в год). Сток всех рек мира равен 47 тысяч сток км<sup>3</sup> в год. Величина стока (расход воды в реке) напрямую зависит от площади речного бассейна (площади водосбора). Чем больше площадь водосбора, тем больше сток (при равных условиях, главным образом климатических). Впрочем, иногда это правило нарушается. Например, расход воды в Енисее самый большой в России, хотя по площади бассейна он уступает Обскому бассейну, самому крупному в стране. В целом величина речного стока определяется разностью между количеством осадков, выпадающих на территории речного бассейна, и испарением влаги с этой территории. Отношение величины стока к осадкам называют коэффициентом стока, для того или иного бассейна. Для всей населенной суши коэффициент стока равен 0,38, что означает, что в Мировой океан стекает 38% выпавших над сушей осадков, все остальное испаряется.

Более всего пресной воды в Южной Америке, где сток с 1 км<sup>2</sup> составляет 661 тыс. м<sup>3</sup> в год, и на островах Океании (Новая Гвинея, Новая Зеландия, Тасмания). Хуже всего обстоит дело в Австралии – обеспеченность речным стоком тыс. 39 м<sup>3</sup> в год с 1 км<sup>2</sup>. особое место занимает Антарктида. Реки здесь не текут. Тем не менее, именно здесь сосредоточено (в виде льда) 62% пресных вод планеты. Почти все осадки (в виде снега) остаются на континенте. Сползающий в океан лёд и временные потоки талой воды можно в расчет не принимать. Общее таяние антарктического льда возможно лишь при потеплении климата с ростом парникового эффекта.

На территории России поверхностный сток воды распределяется крайне неравномерно. Около 90% общего годового стока с территории России выносится в Северный Ледовитый и Тихий океаны, на бассейны внутреннего стока (Каспийское и Азовское море), где проживает свыше 65% процентов населения России, и 6% населения Республики Казахстан приходится менее 8% общего годового стока. Именно в этих районах наблюдается истощение поверхностных водных ресурсов и дефицит пресной воды продолжает расти. Связано это не только с неблагоприятными климатическими и гидрологическими условиями, но и с активизацией хозяйственной деятельности человека, которая приводит ко все более возрастающему загрязнению вод, снижению способности водоемов к самоочищению, истощению запасов подземных вод, а следовательно, к снижению родникового стока, подпитывающего водотоки и водоёмы.

**Динамика речного стока.** Серьёзнейшая экологическая проблема – восстановление водности и чистоты малых рек (длиной не более 100 км), наиболее уязвимого звена в речных экосистемах. Именно они оказались наиболее восприимчивыми к антропогенному воздействию. Непродуманное хозяйственное использование водных ресурсов и прилегающих земельных угодий вызвало их истощение (а нередко и исчезновение), обмеление и загрязнение, и привело к их катастрофическому состоянию. Сток малых рек снизился более чем наполовину, качество воды неудовлетворительное. Многие из них прекратили существование. Их состояние является, пожалуй, самым наглядным показателем нарастающей тенденции истощения водных ресурсов. за последние 30-35 лет во многих областях стран СНГ количество малых рек и водотоков уменьшилось на 15-35%. Высохшие русла малых рек становятся неотъемлемым элементом многих

ландшафтов, особенно промышленно освоенных районов. Имеет нарастающую тенденцию безвозвратное водопотребление из малых рек. В европейской части России оно составляет более 12%, а в таких районах, Центральный, Центрально-Черноземный, Поволжский, Северо-Кавказский колеблется от 20 до 60%. Причем в Северо-Кавказском и Поволжском районах уже существует дефицит водных ресурсов малых рек. Их оказывается недостаточно для полного покрытия хозяйственных потребностей.

Уменьшение водности малых рек изменяет гидрологические характеристики водосборного бассейна в целом.

Например, исследования состояния бассейна Дона выявили четкую тенденцию сокращения речного поверхностного стока, в масштабах на 15% в лесостепной зоне и до 35% в степной зоне за время с 1980 года. В настоящее время по состоянию на 2007 год это сокращение может возрасти до 25 и 50% соответственно (для указанных зон).

Самой водоёмкой отраслью является сельское хозяйство, на нужды которого забирается 60% и более от общего водозабора. Испарение, фильтрация через земляные стенки каналов, практика сброса «лишних» вод привели к тому, что КПД оросительных систем составляет лишь около 60%. В большинстве случаев нормы полива бывают завышены, но даже они перекрываются на 30-40%. Все это негативно сказывается даже на судьбе крупных рек.

Наиболее ярким примером является современное состояние Сырдарьи и Амударьи, воды которых практически не доходят до Аральского моря. Они почти целиком расходуются на орошение. Приблизительно до начала 60-х годов эти реки еще были полноводны, поставляя в Арал около 56 км<sup>3</sup> воды в год. Но уже к 1987 году уровень Арала упал на 14 м, а поверхность моря сократилась вдвое. В 1983 году (за первые 9 месяцев) Аральское море не получило ни одного кубического километра воды, и его уровень снизился еще на 70 см. При этом законным кажется вопрос, поставленный в свое время В.М. Котляковым. Зачем сбрасывать коллекторно-дренажные воды в Сарыкамышскую впадину (где образовалось озеро с объёмом 30 км<sup>3</sup>), когда можно их направить снова в Арал? Соленые дренажные воды Арал не испортят, к тому же он совсем рядом.

Постановлением Правительства, принятым специально по району Аральского моря в сентябре 1987 года, предусматривалось увеличение стока Амударьи и Сырдарьи до 15-17 км<sup>3</sup> к 2000 году и до 21-22 км<sup>3</sup> к 2008 году. Причем в этих цифрах учитывался также объём коллекторно-дренажных вод. Поставленная задача вряд ли будет выполнима в нынешних социально-экономических условиях. Хорошо уже то, что начиная с 1991 года в Средней Азии приостановлено строительство крупных оросительных систем и расширение массивов орошаемых земель в районе Аральского моря.

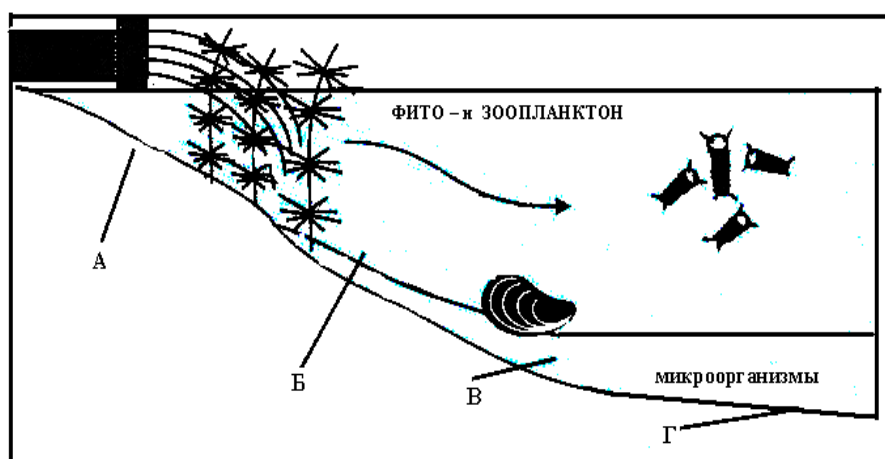
Так, уровень некогда многоводного Аральского моря, начиная с 60 годов, катастрофически упал. Это свидетельствует о нарушении закона целостности биосферы, когда изменение одного звена влечет за собой сопряженное изменение всех остальных. В результате объём Аральского моря сократился более чем на половину, уровень моря снизился на 13 м, а солёность воды (минерализация) увеличилась в 2,5 раза.



Академик Б.Н. Ласкарин по поводу трагедии Аральского моря высказался следующим образом: «Мы остановились у самого края пропасти... Арал губили, можно сказать целенаправленно. Существовала даже некая антинаучная гипотеза, по которой Арал считался ошибкой природы. Якобы он мешал осваивать водные ресурсы Сырдарьи и Амударьи (говорили, что забирая их воду, Арал испаряет её в воздух).

Сторонники этой идеи не думали ни о рыбе, ни о том, что Арал – центр оазиса». Осушенное дно Аральского моря становится сегодня крупнейшим источником пыли и солей. В дельте Амударьи и Сырдарьи на месте гибнущих тугайных лесов и тростниковых зарослей появляются бесплодные солончаки. Трансформация фитоценозов на берегу Аральского моря в дельтах Амударьи и Сырдарьи происходит на фоне высыхания озер, проток, болот и повсеместного снижения уровня грунтовых вод, обусловленных падением уровня моря, в целом переизбыток воды из Амударьи и Сырдарьи и падение уровня моря вызвали такие экологические изменения приаральского ландшафта, которые могут быть охарактеризованы как опустынивание.

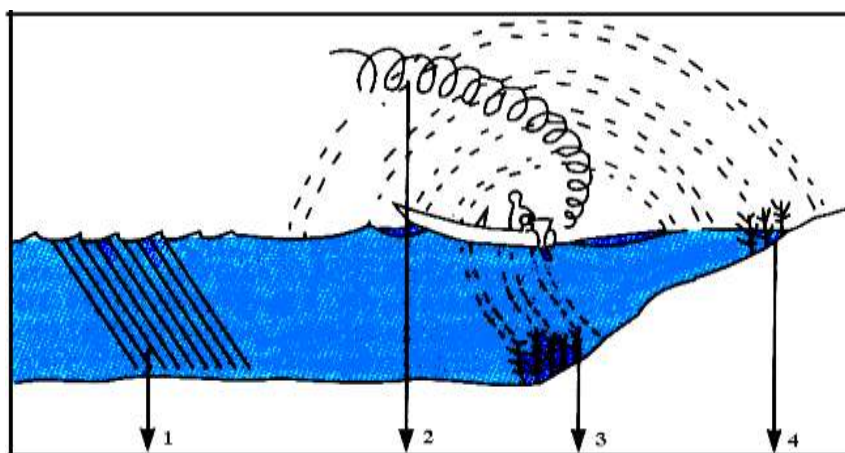
Начиная с 50-60-х годов отмечается снижение стока всех больших рек на территории России и стран СНГ (Днепра, Дона, Урала, Терека) на 17-30% в сравнении с предшествующей среднемноголетней нормой. Не миновала этой печальной участи и Волга. Уменьшение стока Волги по состоянию на 2008 год составило величину 2,1 км<sup>3</sup> (относительно нормы). При этом надо иметь в виду, что работа оросительно-обводнительных систем является распространенной причиной постоянного подъема уровня грунтовых вод. Так, в Саратовской области в течение последних 20 лет отмечался непрерывный подъем уровня грунтовых вод, обусловленный орошением земель. Повышение уровня вод составило от 3 до 12 м. последние 5-10 лет рост уровня происходит со скоростью до 0,5 м в год. Это угрожает заболачиванием и засолением земель, подтоплением населенных пунктов.



*А – соли металлов и удобрений; Б – взвешенные органические частицы; растворенная органика, фитопланктон, зоопланктон, микроорганизмы; В – крупные органические частицы в осадках, детрит; Г – органические осадки детрита, нефтепродукты.*

Рисунок 36 – Биологическое самоочищение реки и небольших водоёмов

Если взять всю территорию СНГ, то общая оценка снижения стока в 1940 году составила 14 км<sup>3</sup>/год а к 1975 году достигла 92 км<sup>3</sup>/год, в 2005 году 151 км<sup>3</sup>/год. Как видим, темпы уменьшения стока с 1940 по 1975 год составляют величину более 2 км<sup>3</sup>/год. Как следствие сохранение этой тенденции – за последние 30 лет спад речного стока за каждые десять лет составил порядка 20 км<sup>3</sup>. большая часть этих потерь (около 85%) приходится на южную часть материкового склона. Для рек, впадающих в Северный Ледовитый океан, эффект составляет не более 15% общих потерь стока. Однако для этих рек, протекающих, в условиях более сурового климата, гораздо существеннее становится качественное истощение вод, обусловленное их устойчивым загрязнением. В условиях Севера расход воды на разбавление сточных вод возрастает в несколько раз из-за низкой скорости процессов самоочищения. До определенного времени экосистема справляется с загрязнением. Из стоков, поступающих с берегов, удобрения и соли металлов усваиваются водными растениями, фитопланктоном, который служит пищей зоопланктону; органические вещества и мелкие живые организмы отфильтровываются двустворчатыми моллюсками; органические осадки и детрит поедают брюхоногие моллюски; все остальное разлагается микроорганизмами. Естественные механизмы самоочищения водоёмов нарушают разные виды деятельности человека. Рассмотрим, например, как влияет моторная лодка на состояние водоёма (рис. 37).



1 – гибель: животных и растений обитающих на поверхности воды; водных насекомых; загрязнение берега и растений; 2 – загрязнение атмосферы, звуковые волны; 3 – обламывание растений, гибель планктона, звуковые волны; 4 – обламывание растений, размывание берега, вымывание корневищ

Рисунок 37 – Нарушение естественного самоочищения водоёмов моторными лодками

Остатки нефтепродуктов, как следствие работы бензинового мотора, покрывают воду тонкой пленкой. При этом гибнут организмы, обитающие на поверхности водоёмов, и водные насекомые, дышащие атмосферным воздухом. Кроме того уменьшается количество света, попадающего в водоём – снижается фотосинтез. Нефтепродукты выбрасываются водами, загрязняя его. Атмосфера загрязняется выхлопными газами, на многие километры разносится шум

работающего двигателя. За винтом идущей лодки тянется шлейф погибших животных, винт срезает стебли подводных растений. Волна ломает растения, размывает берег, вырывает корневища многолетних трав и кустарников. Морские водоросли (фукус и другие) переносят значительное загрязнение нефтью, но есть допустимые пределы, превышение которых означает заведомую гибель растений. Растение погибает, когда у него развивается гидрофобность – теряется способность поглощать воду. Известно, как вода собирается в капли на гладкой, блестящей поверхности и скатывается с неё. То же происходит и с морскими водорослями, когда они покрываются слишком большим количеством нефти. Растение теряет влагу и скоро погибает. Животные тоже ощущают на себе загрязнение.

Ученым удалось установить, что нормальное состояние окружающей среды при загрязнении её нефтью возможно восстановить. Степень восстановления может колебаться от близкой к нулю, до почти полной и зависит от характера окружающей среды: типа донных отложений (мелкие глинистые частицы или крупный гравий), действия волн, силы прилива, температуры воды, вида растительности. Изменение теплового режима среды обитания является одним из самых распространенных явлений антропогенного происхождения.

Сброс нагретых сточных вод в водоёмы сказывается на жизни обитателей водных экосистем. Повышение температуры в озерах, прудах, реках может вызвать как положительные, так и отрицательные последствия. Умеренное повышение температуры воды приводит к повышению продуктивности водоёма. Температура воды, близкая к 30°C, оказывает отрицательное действие на большинство водных организмов:

- усиливается восприимчивость к ядовитым веществам, грибковым и другим заболеваниям;
- нарушается индивидуальное развитие организмов, так как повышаются критические температуры для стенотермных стадий развития;
- вымирает обычная для водоёма флора и усиливается развитие синезеленых водорослей;
- снижается количество растворенного в воде кислорода, что приводит к нарушению процессов дыхания животных.

Накопление в подогретой зоне органических веществ и их последующее разложение, помимо усиления минерализации воды, приводит к уменьшению количества растворенного кислорода, растворимость которого и так снижается с повышением температуры воды. Многие бактерии обладают способностью улавливать местонахождение взвешенных в воде органических частиц, служащих им источником питания, и двигаться по направлению к ним. В присутствии углеводов, например, нефти, клетки теряют свою подвижность и умирают голодной смертью.

Так, дафнии служат прекрасным кормом для рыб, они могут жить в слабых растворах солей некоторых тяжелых металлов, но в третьем поколении они становятся бесплодными, численность их резко уменьшается, сокращается пищевой рацион рыб.

**Дафния** – один из наиболее уязвимых водных организмов. Процеживая через себя воду, рачки концентрируют в своем теле находящиеся в ней вещества и

первыми гибнут от загрязнения. Такие высокочувствительные организмы играют роль тех слабых звеньев, по которым постепенно разрушаются пищевые цепи. Тем самым обедняется видовой состав биоценоза, в водоёме остается небольшое число видов, способных жить в условиях высокого загрязнения. Экосистема уже не может справляться с важнейшей функцией самоочищения и формирования полноценного качества воды. Этим и объясняется наблюдаемая в некоторых случаях полная гибель водоёмов, превращающихся в скопище не переработанных отходов. Можно ли определить степень загрязнения воды?

Специалисты определяют её по биохимической потребности кислорода БПК – количеству кислорода, поглощенного данным объемом воды за пять суток при 18°C. При этом используется понятие сапробной зоны – как зоны распределения живых существ в соответствии с их потребностями к содержанию в воде кислорода и органических веществ (таблица 8). Рассмотрим последовательность явлений, связанных с антропогенной эвтрофикацией водоёма (рис 38). Действие на сообщества стоячих водоемов таких лимитирующих факторов, как содержание кислорода, температуры и освещенности, зависит от специфических особенностей этих водоёмов – озёр, прудов и искусственных водохранилищ. Как известно, озёра – естественные пресноводные водоёмы, образовались геологически сравнительно недавно – за последние несколько десятков лет, и лишь возраст некоторых из них исчисляется миллионами лет, например Байкала.

Таблица 8 – Зависимость видового состава водной экосистемы от степени загрязнения

Зона	Типичные организмы
<p><b>1. Олигосапробы</b> В водах преобладают окислительные процессы, присутствуют соли азотной кислоты, угольной кислоты мало, сероводорода нет</p>	<p>Богатое видовое разнообразие: зеленые, диатомовые водоросли, цветковые растения (кувшинка белая), коловратки, мшанки губки, моллюск дрейссена, ветвистоусые ракообразные <i>Bythotrephes</i>, личинки стрекоз, поденок, стерлядь, форель, голянь, тритоны. Много хищников, мало сапротрофов и организмов, питающихся бактериями</p>
<p><b>2. Мезосапробы</b> Вода содержит кислород, продукты разложения белков, нитраты и нитриты, аммиак, аминокислоты</p>	<p>Коловратки, жгутиковые</p>

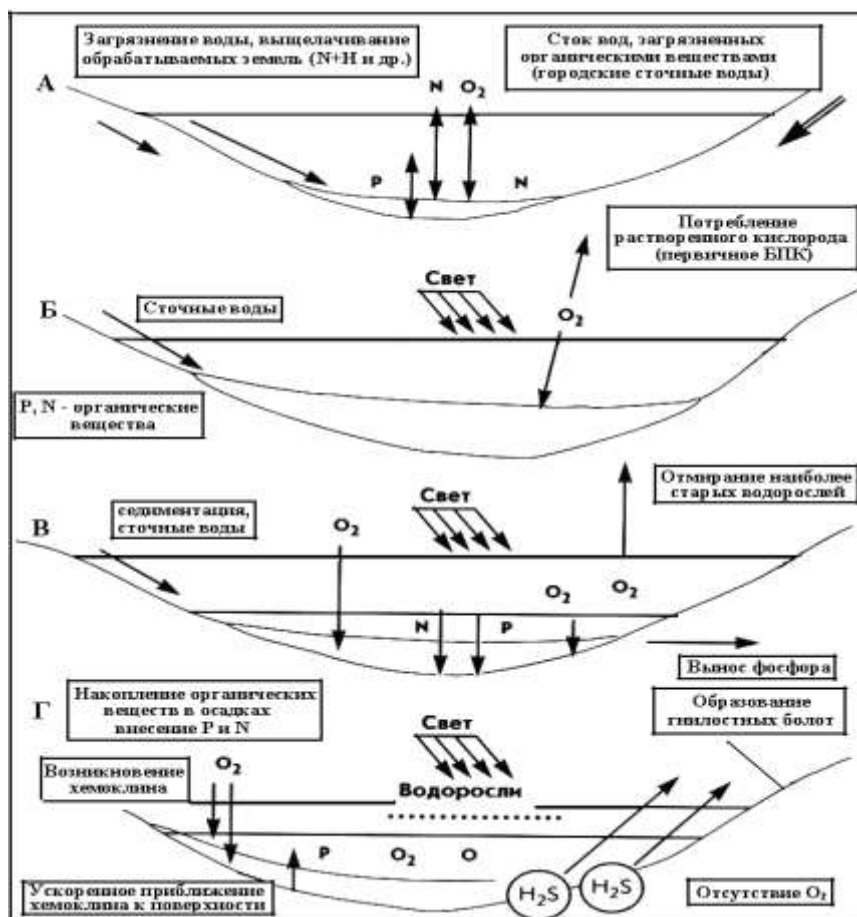
Наличие у большинства озер профундальной зоны сказывается на температурном режиме водной толщи, на её «перемещении» и распределении кислорода в ней. Эти процессы сезонны, как и стратификация озера по температурному режиму (рис. 39). В озёрах умеренного пояса в летнее время можно выделить в вертикальном разрезе три зоны: эпилимнион – до глубины, где происходит конвекция (циркуляция) воды; термоклина – промежуточная зона, где

вода не смешивается с водой верхней зоны; гипolimнион – область холодной воды, где нет циркуляции. Термоклина обычно расположена ниже границы проникновения света, и запасы кислорода, в отрезанном от его источников гипolimнионе, истощаются. Наступает летний период стагнации. Осенью, вследствие выравнивания температур, происходит общее перемешивание воды и обогащение гипolimниона кислородом. Зимой, когда температура воды подо льдом становится ниже + 4°C, что снижает её плотность и снова приводит к стратификации озера, и к зимней стагнации. Весной, после таяния льда, температура воды достигает + 4°C, она тяжелеет и снова происходит весеннее перемешивание.

Эта классическая схема для водоёмов Евразии и Северной Америки. В субтропиках, перемешивание бывает только один раз в году, зимой, а в тропиках оно происходит постоянно. Цветение фитопланктона обычно приурочено к перемешиванию, когда в фотической (освещенной) зоне появляются воды, обогащенные природными биогенными компонентами.

С точки зрения продуктивности озёра подразделяются на две группы: 1) олиготрофные (малокормные) и эвтрофные (кормные). Продуктивность лентических экосистем зависит также от поступающих веществ с окружающей суши и от глубины озера (наиболее продуктивны мелкие озера).

**Аридные зоны. Дефицит питьевой воды.** Как известно, распределение пресных вод на Земле неравномерно. Большая часть суши (около 60%) находится в зоне недостаточного увлажнения. Это так называемые аридные - (пустынные) – (лат. aridus-сухой) и полуаридные или семиаридные (полупустынные), земли (зоны). Поэтому примерно половина человечества испытывает хронический «водный голод». Ощущение «водного голода» появляется также в отдельных гумидных (увлажненных) областях, где рост народонаселения и развитие водоёмких отраслей хозяйства резко повысили потребность в водных ресурсах.



А – 1 стадия – увеличивающееся загрязнение; Б – 2 стадия – разложение водорослей; В – 3 стадия – аэробное разложение, потребление кислорода после отмирания водорослей (вторичное БПК); Г – 4 стадия – анаэробное разложение (увеличение вторичного БПК)

Рисунок 38 – Основные этапы эвтрофикации медленно текущих пресных вод

Например, на островах Кюрасао и Аруба в Карибском море развитие нефтяной промышленности и увеличение населения привели к значительному дефициту питьевой воды. Именно здесь появились первые опреснительные установки. Недостаток воды испытывает каждый седьмой житель США. Даже в Европе уже просматривается угроза «водного голода», в первую очередь в таких странах, как Германия, Франция, Англия. Крайний недостаток в питьевой воде сегодня испытывают Мексика, Пакистан, Иран, Алжир. Кстати Алжир уже давно живет на привозной воде. Ввозят воды Саудовская Аравия и Кувейт. Гонконг, с его почти пятиллионным населением получает воду по трубопроводу из Китая.

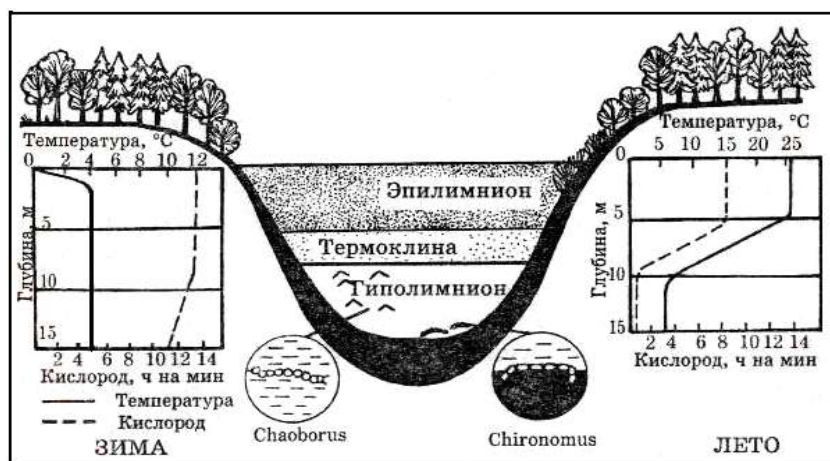


Рисунок 39 – Температурная стратификация в озере умеренной зоны северного полушария (озеро Ленсли, Коннектикут, США; - по Ю. Одуму, 1975)

В Сингапур питьевая вода экспортируется из Малайзии. Германия планирует сооружение гигантских водоводов из Скандинавии и с Альп. Проблема питьевой воды характерна для Африканского континента. Считается, что более 80% заболевания африканского населения связаны именно с загрязнением источников питьевой воды и отсутствием канализации. Доля населения (городского и сельского), обеспеченного чистой питьевой водой, составляет (по состоянию на 2005 год): в Анголе и Кении – по 27%, в Бурунди – 24,5%, в Конго и Судане – по 19%, в Уганде – 18%, в Гвинее – 17%, в Мали – 15%, в Эфиопии и Мозамбике – по 15%. Не намного лучше состоят дела в Южной и Юго-Восточной Азии. Здесь тоже имеется ряд стран, в которых доля населения, обеспеченного питьевой водой не превышает 30%. К таким странам относятся, в частности, Непал, где обеспеченность питьевой водой составляет 27%, и Афганистан, где данный показатель равен 19%. Однако все рекорды бьет Камбоджа, имеющая показатель обеспеченности лишь 3%. Проблема качественного истощения питьевой воды существует и в России, несмотря на высокую степень водообеспеченности населения (30 тысяч м<sup>3</sup>/год на каждого жителя). Как показали исследования, в целом по стране около 50% населения потребляют недоброкачественную воду. Даже вода, подаваемая через сеть коммунальных водопроводов, более чем в 20% случаев не отвечает гигиеническим требованиям по химическим показателям и почти в 9% случаев – по микробиологическим показателям. Это в среднем по России. Сочетание дефицита влаги и высокой температуры создает особенно жесткие условия для поддержания водно-солевого баланса обитателей наземной среды. Те частные экологические приспособления, которые обеспечили заселение влажных биотопов и даже выход и более суровые мезофильные условия, оказываются недостаточными для эффективного освоения аридных зон и засушливых биотопов.

Растения, приспособившиеся к обитанию в метях с недостаточным увлажнением, в том числе в условиях, совершенно недоступных даже для мезофитов, относятся к группе ксерофитов (от греческого хегос – сухой). Ксерофиты распространены в пустынях, степях, жестколистных вечнозеленых

лесах и в сухих биотопах типа песчаных дюн. Способность их в активном состоянии переносить неблагоприятные для других растений условия недостаточного увлажнения, определяется набором специфических адаптаций. По принципу этих адаптаций растения-**ксерофиты** подразделяются на две группы: **суккуленты** и **склерофиты**.

**Суккуленты** в своих приспособлениях к дефициту влаги исходят из принципа запасаания. Это сочные, мясистые растения с хорошо развитой водозапасающей паренхимой в листьях и стеблях. Наиболее типичные представители **суккулентов** – кактусы, агавы, алоэ, молодило. У некоторых видов запасаание воды происходит в корнях. Запасаание и экономное расходование воды – главное приспособление суккулентов к поддержанию устойчивого водного баланса. Использование глубокой почвенной влаги для них недоступно из-за низкого осмотического давления клеточного сока (порядка 3-8 атм). Корневая система суккулентов расположена поверхностно и не отличается густотой ветвления. Суккулентам свойственно интенсивное насасывание влаги осадков из самых верхних горизонтов почвы; объёмистые запасы влаги дают возможность этим растениям – «**оппортунистам**» нормально переживать сухие периоды между осадками. Благодаря сложному комплексу адаптаций суккулентам свойственно самое эффективное использование воды среди всех растений.

**Склерофиты** по морфологическим признакам и по принципам поддержания водного баланса прямо противоположны суккулентам. Они не способны запасать воду в органах и тканях, а напротив отличаются слабой обводненностью и внешне выглядят как сухие, жесткие, несочные растения. Принцип их адаптации к засушливым условиям – способность к активной перестройке водного режима организма в соответствии с обеспеченностью его влагой извне. Суккуленты отличаются высокой тканевой устойчивостью к дегидратации – могут терять до 25% влаги без заметных патологических последствий. Их цитоплазма сохраняет свои свойства при такой степени обезвоживания, которая смертельна для других растений. Важное приспособление склерофитов заключается в свойственной им большой сосущей силе корней, что определяется высоким, до 60 атм, осмотическим давлением клеточного сока. Это позволяет извлекать влагу даже при малом ее количестве в почве. Вопреки ожиданию, а также и прежним представлениям, склерофиты отличаются высокой интенсивностью транспирации, но это свойственно им только в благоприятных условиях водоснабжения. Установлено, что при этом транспирация у склерофитов может быть в 2-3 раза выше, чем у мезофитов. При возрастании дефицита влаги транспирация активно тормозится. У так называемых **стипаксерофитов (от Stipa – ковыль)**, листья свернуты в трубочку, внутри которой образуется влажная камера. Все это снижает расход воды в засушливых условиях.

**Приспособления к аридности климата.** Полное освоение наземной (воздушной) среды, ставит ряд жестких требований к механизмам регуляции водного и солевого обмена. Низкая и колеблющаяся влажность воздуха создает постоянную угрозу обезвоживания организма испарением, тогда как компенсация водных потерь не всегда обеспечена. Возникает биологическая задача экономизации водных расходов, эффективного использования метаболической воды и повышения надежности способов получения воды извне.



Вне водной среды у животных происходит «разделение» водного и солевого обмена: обмен ионов через покровы исключается, минеральные вещества поступают в организм только с пищей и выводятся в составе мочи, фекалий и специальных экскретов. Водный обмен также исключает осмотическое насасывание или выделение влаги; её поступление в организм и ограничивается питьём и питанием. Общность лимитирующих факторов среды и связанных с ними «биологических задач» привела к тому, что принципиальные особенности механизмов водного и солевого обмена у разных групп наземных животных оказались во многом сходными.

Среди беспозвоночных животных полно освоили наземную среду насекомые и паукообразные. Оба эти класса представляют собой первично наземных животных с соответствующим комплексом принципиальных адаптаций: плотные, слабо проницаемые для воды покровы, преобразованная выделительная функция и повышенная способность к утилизации метаболической воды. Последнее свойство у некоторых групп выражено настолько отчетливо, что они могут жить и размножаться в условиях полного отсутствия воды, восполняя все потребности организма только метаболическим путем. Некоторые насекомые и паукообразные способны усваивать влагу из атмосферного воздуха. Установлено, что этот процесс не связан с температурой, но существенно зависит от влажности воздуха, то есть соответствует эффекту гигроскопичности. Точный механизм этого явления не выяснен. Существует предположение, что атмосферная влага усваивается не через покровы, как это обычно считают, а через конечный отдел кишечника, который далее активно переносит влагу из содержимого кишки в организм (K. Schmidt - Nielsen, 1975).

Выделительная система насекомых представлена мальпигиевыми трубочками, в которых моча, формируется секреторным путем. В задней кишке вода интенсивно абсорбируется, поэтому фекалии и моча, попадающие сюда мальпигиевых трубочек, выводятся практически в обезвоженном состоянии. Конечный продукт азотистого обмена – мочева кислота, нерастворимость которой открывает возможность помимо выведения с мочой депонировать её в кутикуле и в жировых телах. Вода, образующаяся в организме при окислении органических веществ, вступает в общий обмен; таким образом уменьшается потребность в экзогенной влаге. Наибольшее относительное количество воды выделяется при окислении жиров (1,05-1,07 гр на 1 гр окисленного жира в зависимости от его состава). Многие пустынные рептилии и грызуны перед наступлением засушливого сезона накапливают большие жировые запасы, расходуют их потом на обеспечение затрат энергии и потребности в воде. В состоянии летней спячки или оцепенения, когда общий уровень обмена резко снижен, этих запасов хватает на длительный срок.

Некоторые виды пустынных грызунов вообще не пьют, поддерживая водный баланс водой, содержащейся в корме и образующейся метаболическим путем. Таковы, например, пустынные кенгуровые крысы *Dipodomys*. Большинство же млекопитающих и птиц нуждается в поступлении воды извне. Даже у пустынных видов (опыты с пустынными куропатками *Lophortyx gambelii*) при содержании на сухом корме без воды метаболическая влага компенсирует лишь около половины всех водных затрат. В тех же условиях опыта подсчитано, что у пустынных жаворонков суточный дефицит воды составляет около 0,6 г на птицу.

У рептилий и птиц конечным продуктом азотистого обмена является мочева кислота (урикогелический обмен), для выведения которой в отличие от мочевины практически не расходуется вода. Большая часть уратов секретируется в просвет почечных канальцев в коллоидном состоянии либо осаждаются в виде мельчайших (2-10 мкм) шариков с гладкой поверхностью. Моча имеет вид густой суспензии. Клетки собирательных трубок и мочеточника обильно выделяют слизь, которая, видимо, предотвращает осаждение кристалликов из концентрированной мочи. У многих водных рептилий в экскреции преобладает мочевины. Таковы, например, водные черепахи, выводящие также и аммиак. Крокодилы выводят азот в виде аммиака и мочево кислоты, гаттерии – в виде мочево кислоты (65-80% азота) и мочевины.

У млекопитающих сохранился уреотелический тип азотистого обмена, при котором вода необходима как растворитель при выделении мочевины. Экономия водных потерь у представителей этого класса обеспечивается формированием в почках особого отдела нефрона – петли Генле, на основе которого функционирует довольно мощный концентрационный аппарат, позволяющий извлекать из первичной мочи большую часть воды перед её попаданием в почечную лоханку. Благодаря этому почка млекопитающих способна в условиях дефицита влаги выводить мочу очень высокой концентрации. В особо жестких аридных условиях концентрация выводимой мочи превышает таковую плазмы крови в 20-25 раз. Концентрационный аппарат почки работает под контролем центральной нервной системы: при дегидратации организма в гипоталамусе выделяются специфические нейросекреты, которые передаются в заднюю долю гипофиза, и отсюда поступают в кровь в виде антидиуретического гормона (АДГ). Этот гормон увеличивает проницаемость стенок собирательных трубок, что ведет к усилению реабсорбции воды, а соответственно к повышению концентрации экскретируемой мочи.

Задачи регулирования водных ресурсов для использования в аридных зонах, должны решаться с максимальной осторожностью (это особенно касается крупных проектов) и по возможности опираться на естественные силы и особенности самих природных систем. Например, в тех же Каракумах туркменами издавна практиковался способ удержания поверхностного стока методом его магазинирования.

Способ этот состоял в следующем. Формируемый на глинистых участках пустыни (так называемых такырах) поверхностный сток направляется в вырытые колодцы, через которые вода поступает под землю, образуя там линзы пресной воды. Этой воде уже не угрожает испарение. В будущем регулирование водных ресурсов путем создания подземных водохранилищ, станет, видимо, довольно распространенным. В целом преимущество подземных водохранилищ по сравнению с поверхностными не вызывает сомнения.

Контрольные вопросы:

1. Каково распределение пресной воды в природе, и как оно влияет на динамику речного и поверхностного стока?
2. Роль воды в поддержании жизни на Земле, и какие виды хозяйств являются наиболее водоёмкими?
3. Что такое обратное водоснабжение, его суть?

4. Путь рационального использования коллекторно-дренажных вод?
5. Охарактеризуйте состояние питьевой воды в различных регионах мира?
6. В каких водах – проточных или стоячих, холодных или теплых – самоочищение происходит быстрее и почему?
7. Растения, приспособившиеся к обитанию в метях с недостаточным увлажнением, в том числе в условиях, совершенно недоступных даже для мезофитов?
8. Что сказывается на температурном режиме, перемещении и распределении кислорода в ней водной толще?
9. Как понимать прямую и отсроченную реакцию организмов, при загрязнении вод?
10. Какие вещества приобретают статус лимитирующих факторов для всей современной цивилизации?

#### Глава 4

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УСТОЙЧИВОСТИ И РАЗВИТИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

#### Экологические особенности различных видов природно-технических геосистем, стратегия экологизации природопользования в различных видах природно-технических (антропогенных) ландшафтов

В настоящее время **мегаэкология** как научная дисциплина, изучающая глобальную экосистему Земли – биосферу, подразделяется на следующие направления:

- биоэкология;
- геоэкология;
- географическая экология;
- экология человека.

Интересующая нас, **геоэкология** – наука о геосферах Земли, происходящих в них изменениях и закономерностях взаимодействия природно-технических систем с окружающей природной средой, состоит из трех основных частей:

- экология геосфер;
- прикладная экология;
- экология территориально-промышленных комплексов (ТПК).

Термин "геоэкология" был предложен немецким физиком-географом К.Троллем в 1939 году, для изучения ландшафтов. Ботаник В. Тролль, его брат, ввел этот термин в экологию, где он получил не меньшее признание, чем у географов. В начале 90-х годов термин "геоэкология" стал широко распространяться среди специалистов геологической службы нашей страны. В практику геологоразведочных работ, как их разновидность, были введены геолого-экологические исследования различных масштабов.

Термин "геоэкология" был употреблен как бы в суммарном его значении: "геология + экология". Термин «геоэкология» стал использоваться биологами, что впоследствии (в основном после 1970 года) привело к разному пониманию его

содержания и наименованию этим термином направлений биологической, географической, а впоследствии и геологической наук. Академик В.И. Осипов дал представление о геоэкологии, как междисциплинарной науке об экологических проблемах геосфер Земли (1993).

**Экология ТПК** (территориально-промышленных комплексов) рассматривает основные экологические проблемы, возникающие при различных видах хозяйственного освоения территорий, и мероприятия по нейтрализации негативных последствий этого освоения. С точки зрения геоэкологических взглядов на проблему устойчивого развития биосферы, очевидно, что этому требованию должно соответствовать развитие всех сфер Земли, как взаимодействующих систем. Отсюда важным является выявление, изучение и прогноз состояния основных оболочек Земли. Соответственно, с этой целью должны изучаться основные явления и факторы, определяющие устойчивость или изменчивость каждой сферы Земли. Так для атмосферы в настоящее время наибольшее внимание уделяется изменению озонового слоя Земли и глобальному потеплению климата. Озоновый слой Земли (озоносфера), находится на высоте от 10 до 50 км с максимумом концентрации на высоте 20-25 км. Этот слой предохраняет живые организмы на Земле от вредного воздействия коротковолновой ультрафиолетовой радиации Солнца. Понятно, что сокращение слоя (и оно достигает в разные годы 2%) или образование в нем так называемых озоновых дыр (разрыв озоносферы диаметром свыше 1000 км), представляет определенную угрозу для всего живого на Земле, тем более, если это явление имеет тенденцию к постоянному увеличению. Поэтому в первую очередь важно знать причины, вызывающие это явление.

В 1992 году, Нобелевской премии по химической экологии были удостоены ученые США Ш. Роулэнд, М. Молина, П. Крутцен за доказательство того, что озоновый слой разрушается под воздействием газов семейства фреонов. В связи с этим была принята Венская конвенция об охране озонового слоя, рекомендовав исключить широкое использование в промышленности и быту хлор содержащих хладонов (фреонов). Несмотря на столь категоричное признание этого фактора разрушения озонового слоя, в настоящее время имеются предположения о наличии других видов воздействия на озоновый слой Земли.

Американский исследователь Д. Глесон в 1991 году, увязал существенное утончение слоя озоносферы с мощным извержением вулкана Пинатубо на Филиппинах, в результате которого были выброшены тысячи тонн пепла и различные вулканические газы, в том числе окиси углерода – одного из основных элементов, уничтожающих молекулы озона.

На образование озоновых дыр имеется и третья точка зрения (В.Л. Сывороткин, 1993). Она основана на исследованиях глобальных изменений геохимических процессов в гидро- и атмосфере под воздействием восстановительных газов, выделяющихся в активных участках современных рифтовых систем. Вероятнее всего, понижение концентрации озона - явление, периодически повторяющееся. Поэтому задача состоит в том, чтобы, понимая причину опасности, зная место и время ее проявления, предпринимать меры предосторожности.

Об опасениях, связанных с потеплением климата, ученые говорят давно, предсказывая различные последствия, вплоть до катастрофических – повышения уровня Мирового океана до 6 м. Наблюдаемые изменения климата определенно свидетельствуют о потеплении в XX в. как в целом, так и в последние 10-15 лет на всем земном шаре, в Южном и особенно в Северном полушарии и в крупных регионах.

В глобальном масштабе это явление связано с изменением содержания парниковых газов в атмосфере, изменением поверхности суши и частично океана в связи с хозяйственной деятельностью человека.

Определенную долю в колебания теплового режима атмосферы вкладывают также извержения вулканов и другие тектонические и геохимические глобальные процессы. Для гидросферы, помимо тех же проблем, связанных с потеплением климата, в том числе таянием арктических и антарктических льдов, существенными проблемами являются загрязнение Мирового океана, особенно нефтяное.

Общее количество нефти, ежегодно поступающей в Мировой океан, составляет 3,2 млн. т, к 2020 году, если не будут приняты меры защиты, эта величина достигнет 60 млн. тн.

Согласно расчетам, 200 тыс. тонн, нефти достаточно, чтобы превратить Балтийское море в биологическую пустыню. По данным космической съемки, одна треть всей поверхности Мирового океана покрыта нефтяной пленкой (Н.А. Айбулатов, Ю.В. Артюхин. 1993 г.).

Имеют место и другие виды загрязнения Мирового океана: бактериальное загрязнение прибрежных вод и грунтов морей, загрязнение прибрежно-шельфовой зоны тяжелыми металлами, а также радиоактивное загрязнение. Разрушение литосферы, а стало быть – литогенной основы биосферы, -осуществляется по трем основным направлениям:

- образование технолитозон под территориями городского и промышленного освоения;
- добыча полезных ископаемых;
- захоронение отходов производства, в том числе токсичных и радиоактивных.

Теперь обратимся к проблеме добычи полезных ископаемых. Ежегодно из природного геологического состояния выводятся миллионы тонн горной породы. При этом своего геологического будущего лишаются тела и сопровождающие их существование процессы, наиболее сложно организованные, месторождения полезных ископаемых.

Возникают новые механизмы стабилизации глубинных разломов. Изъятие промышленно перспективных веществ из литосферы, без выяснения их значимости для стабилизации процессов в литосфере, означает начало общепланетарной дезорганизации.

Следовательно, всюду, где месторождения и рудные узлы подвергались техногенному воздействию, следует ожидать геодинамического отклика, являющегося реакцией литосферы на воздействие и приводящих к ее дестабилизации.

Говоря о промышленных отходах в свете геоэкологических проблем, имеются в виду такие отходы, которые, во-первых, относятся к классу вредных веществ

(обладающих свойствами негативного воздействия на животный и растительный мир-биосферу), а, во-вторых, которые вступают в соприкосновение с литосферой и педосферой.

Многочисленные производственные отходы в виде газовых и пыле опасных выбросов, сбросов в поверхностные воды, хранение отходов в подземных хранилищах, еще хуже – захоронение их в глубинах литосферы – все это, рано или поздно, концентрируется в литосфере.

Причем, если процессы переноса вредных веществ в атмосфере и гидросфере могут отслеживаться различными техническими средствами, то слежение за веществом, проникающим в литосферу, существенно затруднено. Конечно то, что происходит в недрах Земли, не так заметно, протекает медленно и создает иллюзию безопасности. Многие природно-техногенные процессы и явления, в силу длительного времени их формирования могут долго не проявляться в заметной форме, даже при жизни одного - двух поколений людей, но тем опаснее они могут стать для будущих поколений.

Особенно это опасно, когда отходы, помещаемые в литосферу, токсичны и радиоактивны. Исходя из этого, геоэкологические аспекты устойчивого развития заключаются в решении следующих проблем:

1. Целенаправленное изучение геосфер Земли для определения параметров устойчивого состояния на региональном и глобальном уровнях.
2. Восстановление техногенно-нарушенных экосистем, в том числе территорий экологического бедствия, до приемлемого для существования биоты и человека.
3. Сохранение естественных природных экосистем, расширение территорий национальных парков, заповедников, рекреационных природных зон.
4. Экологизация хозяйственной деятельности по всем направлениям и на всех иерархических уровнях.
5. Обеспечение существенного повышения уровня экологического образования и культуры.

Контрольные вопросы:

1. Каков состав земной коры (по содержанию химических элементов)?
2. Термин "геоэкология" в суммарном его значении?
3. Явления и факторы определяющие устойчивость или изменчивость каждой сферы Земли?
4. Точка зрения В.Л. Сывороткина на образование озоновых дыр?
5. По каким основным направлениям осуществляется разрушение литосферы?
6. Отходы обладающие свойствами негативного воздействия на животный и растительный мир-биосферу?
7. Отрасль экологии рассматривающая основные экологические проблемы, возникающие при различных видах хозяйственного освоения территорий, и мероприятия по нейтрализации негативных последствий этого освоения?
8. В решении каких проблем заключаются геоэкологические аспекты устойчивого развития?
9. Основные причины разрушения литогенной основы биосферы?

10. К чему приводит изъятие промышленно перспективных веществ из литосферы?

### **Экологические аспекты предотвращения загрязнения и нарушения устойчивости природной среды**

Основные направления инженерной защиты окружающей природной среды от загрязнения и других видов антропогенных воздействий – внедрение ресурсосберегающей, малоотходной и безотходной экологически чистой технологии, биотехнологии, с утилизацией и детоксикацией отходов. Целью при этом является – экологизация всего производства, при котором обеспечивалось бы включение всех видов взаимодействия с окружающей средой в естественные циклы круговорота веществ.

Технологические процессы, в которых в полной мере учитываются все взаимодействия с окружающей средой и приняты меры к предотвращению отрицательных последствий, называют экологизированными.

Принципиально новый подход к развитию всего промышленного производства – создание малоотходной и экологически чистой безотходной технологий.

В комплекс мероприятий по сокращению до минимума количества вредных отходов и уменьшения их воздействия на окружающую природную среду, входят:

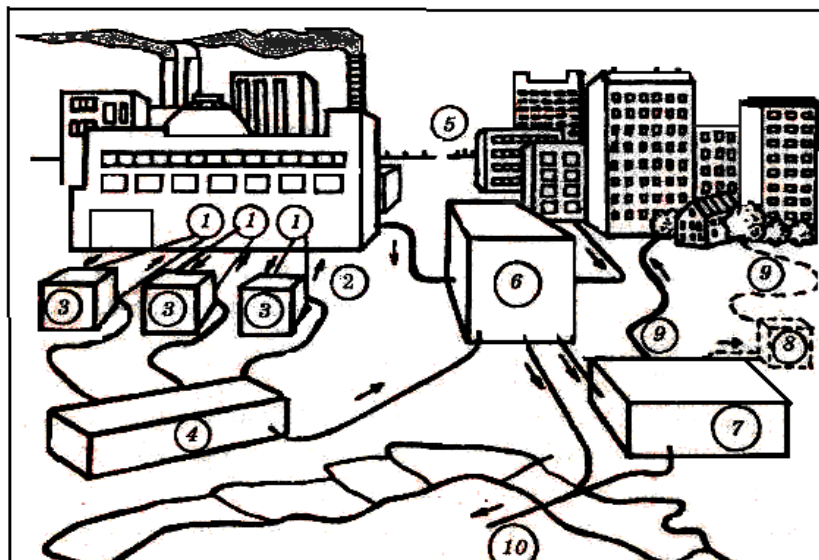
- разработка различных типов бессточных технологических систем и водооборотных циклов на основе очистки сточных вод и систем переработки отходов производства во вторичные материальные ресурсы;
- создание принципиально новых производственных экологически чистых безотходных процессов, позволяющих исключить или сократить технологические стадии, на которых происходит образование отходов.

Начальным этапом этих комплексных мероприятий, нацеленных на создание в перспективе безотходных технологий, является внедрение оборотных, вплоть до полностью замкнутых, систем водопользования. Оборотное водоснабжение – это техническая система, при которой предусмотрено многократное использование в производстве отработанных вод (после их очистки и обработки, Иванов, 1991), при очень ограниченном их сбросе (до 3%) в водоёмы (рисунок 40). В последние годы в экологической науке все больший интерес проявляется к биотехнологическим процессам, основанным на создании необходимых для человека продуктов, явлений и эффектов с помощью микроорганизмов. Применительно к охране окружающей человека среды биотехнологию можно рассматривать как разработку и создание биологических объектов, микробных культур, сообществ, их метаболитов и препаратов, путем включения их в естественные круговороты веществ, элементов, энергии и информации (В.П. Журавлев, 1995).

Биотехнология нашла широкое применение в охране природной среды, в частности, при решении следующих прикладных вопросов:

- биологической очистки природных и сточных вод от органических и неорганических соединений и анаэробного сбраживания;

- микробном восстановлении загрязненных почв, получении микроорганизмов, способных нейтрализовать тяжелые металлы в осадках сточных вод;
- компостировании (биологическом окислении) нефтесодержащих грунтов с применением отходов животноводства и «парникового эффекта», и отходов растительности (опад листьев, соломы).



1 – цех; 2 – внутрицеховое обратное водоснабжение; 3 – локальное (цеховое) очистное сооружение, включая утилизацию вторичных отходов; 4 – общезаводские очистные сооружения; 5 – город; 6 – городские канализационные очистные сооружения; 7 – третичные очистные сооружения; 8 – закачка очищенных сточных вод в подземные источники; 9 – подача очищенных вод в городскую систему водоснабжения; 10 – рассеивающий выпуск сточных вод в водоём (море).

Рисунок 40 – Схема оборотного промышленного и городского водоснабжения

Эффективная защита окружающей среды от опасных химических реагентов невозможна без достоверной информации о степени загрязнения почв. В настоящее время основой мониторинга ядовитых веществ в окружающей среде являются их предельно допустимые концентрации в воде, воздухе, почве и продуктах питания. Однако следует отметить, что превышение ПДК химических веществ в исследуемых субстратах служит лишь косвенным показателем их токсичности.

Почва может быть сильнозагрязненной, но нетоксичной или слаботоксичной и, наоборот, слабозагрязненной, но сильнотоксичной. Токсичное действие одних компонентов может быть нейтрализовано или усилено присутствием других, поэтому токсичность почвы не определяется токсичностью отдельных соединений, содержащихся в ней. Необходимо оценивать интегральную токсичность почвы, отражающую влияние всего комплекса.

В связи с бурным развитием нефтегазовой промышленности, в почву в больших количествах поступают нефть и продукты ее переработки, изменяя структуру почвы, направленность биохимических процессов, снижая ее плодородие, что делает земли непригодными для сельского хозяйства. Изменяется весь комплекс ее



свойств, характеризующих плодородие, ухудшаются физические свойства, изменяется почвенный поглощающий комплекс, резко снижается содержание подвижных соединений азота и фосфора. Загрязнение нефтью приводит к значительным изменениям физико-химических свойств почв. Разрушение слабых почвенных структур и диспергирование почвенных частиц сопровождается снижением водопроницаемости почв. К тому же нефтяные углеводороды через пищевые цепи могут оказывать канцерогенное воздействие на человека.

Нефть – сложнейшая система углеводородов различного строения и молекулярной массы – находится в геологических условиях в определенном термобарическом равновесии. Попадая на земную поверхность, она изменяет свое энергетическое состояние в соответствии с химическим составом и условиями окружающей среды. Это приводит к деструктивным превращениям вследствие улетучивания легких фракций, вымывания водами водорастворимых соединений, химического и биологического окисления в почве остаточных компонентов, изменению состава и функционирования микробиоты и соответственно к потере плодородия. В разных регионах процессы биodeградации нефти, подходы к их ускорению различны и зависят от природных условий и состава нефти.

Одним из главных эффектов попадания нефти в почву является повышение общего содержания органического вещества. Количество органического углерода в гумусовом горизонте загрязненного участка возрастает в несколько раз. Обычно в составе почвенного гумуса только небольшая часть представлена линейными или циклическими углеводородами (5-8 %), тогда как при высокой степени загрязнения почв нефтепродуктами доля углеводородов существенно выше. Значительная их часть представлена нефтяным шламом, который складывается и накапливается в открытых резервуарах – нефтешламных амбарах. Последние являются вторичными источниками загрязнения окружающей среды. В связи с этим, утилизация и переработка нефтесодержащих шламов – одна из актуальных задач в области охраны окружающей среды в нефтедобывающих регионах.

Шламные амбары – это копаные ямы в теле буровых площадок или примыкающие к ним, заполненные отходами бурения – буровыми растворами, горной породой, глиной, цементом, водой и пр. Службы охраны природы относят отходы бурения к IV классу токсичности и по этой причине они подлежат захоронению, которое заключается в засыпке привозными грунтами. Выжатые грунтом отходы бурения технологически невозможно захоронить в один прием. Через год, после подсушки, их нужно засыпать песком вторично. Это простая работа, называемая технической рекультивацией, направлена на предотвращение отрицательного воздействия шламовых амбаров на окружающую среду. Несмотря на основательность выполнения, целесообразность проведения такой рекультивации вызывает большое сомнение. Нефтешламы представляют собой устойчивые нефтяные эмульсии. Основную часть углеводородов нефтешлама составляют тяжелые ароматические и парафино-нафтеновые углеводороды (31-83 %), смолы (10-44 %) и асфальтены (4-14 %). Широкий спектр физико-химических свойств нефтешламов, различные условия образования и хранения обуславливают применение разных технологий по их переработке и утилизации, предусматривающих использование термических, физических, химических, физико-химических методов. В состав отходов нефтехимического синтеза, кроме

того, могут входить специфические компоненты: бензол, толуол, фенол, ксилолы, стирол, ацетофенон, ацетонитрил, метилфенилкарбинол, метилэтилкетон, некоторые из которых являются токсикантами и канцерогенами. К этой же категории экологически опасных загрязнений принадлежат многие характерные нефтяные компоненты шламов – полициклические ароматические углеводороды.

Технологии очистки нефтешламов требуют больших средств, но степень их эффективности невысока, поскольку до сих пор не установлена реальная токсичность отходов бурения для окружающей среды, т.е. степень их опасности для растительного и животного мира в районах нефтегазодобычи. Она оценивается по химическому составу буровых растворов, однако в скважине растворы перемешиваются с глиной, цементом, измельченной горной породой и сильно разбавляются водой. При этом концентрация токсичных химических соединений значительно уменьшается, соответственно уменьшается их опасность для окружающей среды. Кроме того, технология рекультивации шламовых амбаров не только не устраняет амбар, как источник загрязнения, но и не снижает его опасность, если таковая имеется. В настоящее время можно считать установленным, что нефтяное загрязнение почв вызывает изменения в функционировании почвенной микробиоты. В ряде случаев показана прямая взаимосвязь изменения микробиологических показателей с определенной концентрацией загрязнителя. Однако, до сих пор нет научно обоснованных критериев, позволяющих оценить микробиологические изменения в почве в зависимости от дозы нефтяного загрязнения. Предлагаемые для этой цели показатели (изменения численности, видового состава, биохимической активности некоторых групп почвенных микроорганизмов), по мнению авторов, неудовлетворительны, так как даже в незагрязненных почвах они очень переменчивы. Кроме того, как показывает практика подобных исследований, такие показатели часто трудно использовать в конкретных ситуациях, возникающих при исследовании разных почв.

Одной из характеристик почв является заселенность их микроскопическими грибами. Они представляют собой важнейший компонент микробного сообщества почв и участвуют в процессах, поддерживающих ее плодородие. Поскольку грибы играют в микробиоценозах и как структурирующего фактора, важно знать, какие изменения претерпевает комплекс почвенных грибов в процессе загрязнения нефтью и нефтепродуктами. Поскольку исключить воздействие нефтедобывающей отрасли на окружающую среду в настоящее время не представляется возможным, возникает необходимость разработки новых и совершенствования существующих технологий восстановления нефтезагрязненных и нарушенных земель. Сегодня проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды, настолько обострились, что без их решения ожидаемый подъем производства приведет не к экономическому росту, а к экологической катастрофе.

## **Разработка мероприятий по уменьшению или ликвидации негативных последствий хозяйственного освоения природно-технических геосистем с помощью прогрессивных технологий**

Основной проблемой на месторождениях нефтедобычи, является наличие амбаров-накопителей, заполненных разлитой в результате аварийных ситуаций, из-за аномальных свойств продукта, выражающейся в большом содержании парафина. Загрязненные такой нефтью грунты практически не поддаются полной очистке, и требуют больших затрат.

Для рекультивации загрязненных почв, в настоящее время используются такие методы, как испарение загрязнителей в почве, биологическая очистка, складирование почвы с последующей самоочисткой, экскавация загрязненного грунта с последующим захоронением или термической обработкой. Из всех технологий ликвидации последствий загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами, наиболее щадящей к окружающей среде является биологическая очистка грунтов на месте загрязнения.

Её преимуществом является относительная простота технологической реализации установки и эксплуатации, а также невысокие финансовые затраты. Она широко используется во многих странах уже в течение 30 лет, успешно применяется при очистке грунтов от нефтепродуктов.

Обзор технической литературы и патентных разработок показал, что в странах ближнего и дальнего зарубежья в России, Украине, Индии, США, Франции, Канаде и т.д., на практике наиболее часто используются следующие методы:

- Техническая рекультивация с засыпкой грунтом и последующим высеванием трав. Способ ограничивается тем, что дает только косметический эффект (нефть остается в грунте), и необходим большой объем земляных работ.
- То же, но с вывозом нефтезагрязненного грунта на полигоны. Метод практически экономически не реален, за счет больших объемов перевозок, высокой стоимости.
- Засыпка сорбентом (торфом), с последующей вывозкой на полигоны отходов. Недостатки те же, что и выше.
- Использование микробиологических препаратов типа «путидойл» и им подобных. Препараты активны только на поверхности, поскольку необходим контакт с воздухом, во влажной среде с подогревом. Метод хорош для отчетности, когда нет проверки результатов на месте.

В качестве примера, приведем разработанную новую энергосберегающую безотходную биотехнологию обработки нефтесодержащих грунтов непосредственно на месторождениях нефтедобычи, за счет «биологического окисления» с применением отходов животноводства в условиях сухого жаркого климата Мангистауской области.

Анализ оценки преимуществ и недостатков известных разработок, методов и способов, используемых в настоящее время для очистки грунтов от нефтяных загрязнений, позволил нам выбрать за основу Канадский способ рекультивации, который не капризен к температуре, не требует транспортировки грунта и полигонов отходов, не требует инвестиций в специальную технику и постоянного технического персонала (рис. 42).

### Преимущества Канадского способа:

- очень гибкий;
- позволяет модифицировать, используя различные материалы, микробиологические препараты и удобрения;
- в основе метода лежит микробиологическое окисление с естественным повышением температуры - как «горит» навозная куча.
- завершающий пункт преимуществ, определил условное название способа как «парниковая грядка», потому что в основе метода лежит микробиологическое окисление с естественным повышением температуры, по принципу «горения» навозной кучи.

**Выявленные в результате тщательного анализа недостатки Канадского способа,** позволившие предложить новое техническое решение:

- проблема отсутствия пресной воды для поддержания условий 10-25% влажности, для обеспечения полного разложения углеводов нефти;
- недостаточная инсоляция поверхности «гряды» солнечным излучением, по причине возможных «неровностей» покрытия в виде наброшенной полиэтиленовой прозрачной пленки, из-за порывов ветра, особенно на незащищенных территориях промыслов;
- ощутимые затраты топлива и электроэнергии потребляемой, на подогрев воздуха и подачи его компрессорами к основанию «гряды»;
- большие тепловые потери с поверхности «гряды», обусловленные в основном наличием ветров днем, и эффективной температурой небосвода в ночное время, что требует дополнительных затрат на утепление, и ставит под сомнение развитие процесса «биологического окисления».

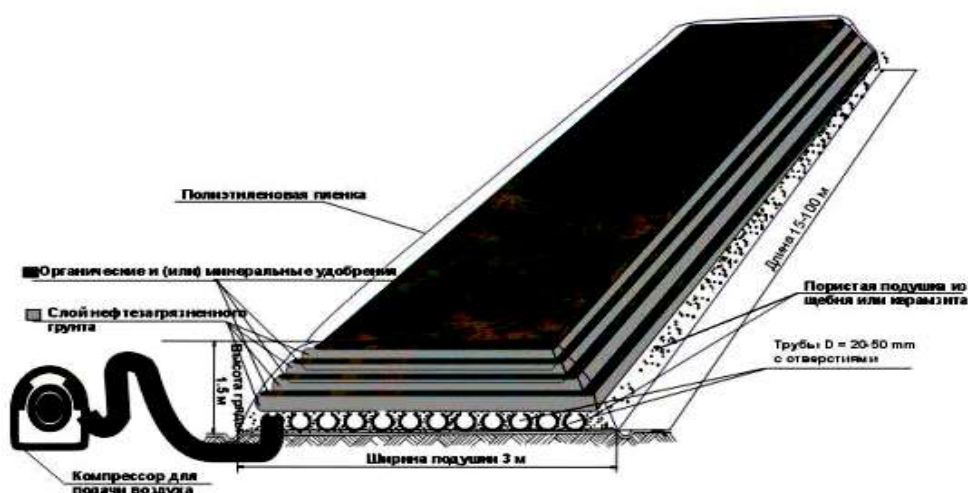


Рисунок 41 – Канадский способ для рекультивации нефтеотходов

Установлено, что одним из тепловых граничных условий, часто имеющим место, как в естественных, так и в инженерных системах, является периодическое изменение температуры окружающей среды в зависимости от вероятности солнечного сияния.

Задачей предлагаемого технического решения является разработка конструкции солнечного светопрозрачного покрытия в виде оболочки (Кенжетаяев Г.Ж, 2008) обеспечивающего «парниковый эффект» с возможностью подачи тепла на

поверхность «гряды», состоящей из перемежающихся слоев нефтесодержащего грунта и удобрений.

Технический результат – упрощение конструкции, повышение эффективности нагрева и надежности устройства достигается тем, что солнечная оболочка, содержащая упругий каркас из проволоки диаметром 10-12 мм, и герметично закрепленные верхний и нижний прозрачные теплоизоляционные элементы, при этом верхний прозрачный элемент имеет отверстие для выпуска вытесняемого при нагреве воздуха, а нижний выполнен из эластичного материала и установлен с возможностью вертикального перемещения, согласно решению (рис. 42).

В этой связи в данной работе в целях уменьшения тепловых потерь от поверхности печи, при периодическом изменении температуры окружающей среды, рассматривается разработанная цилиндрическая светопрозрачная оболочка, со съёмными абсорберами.

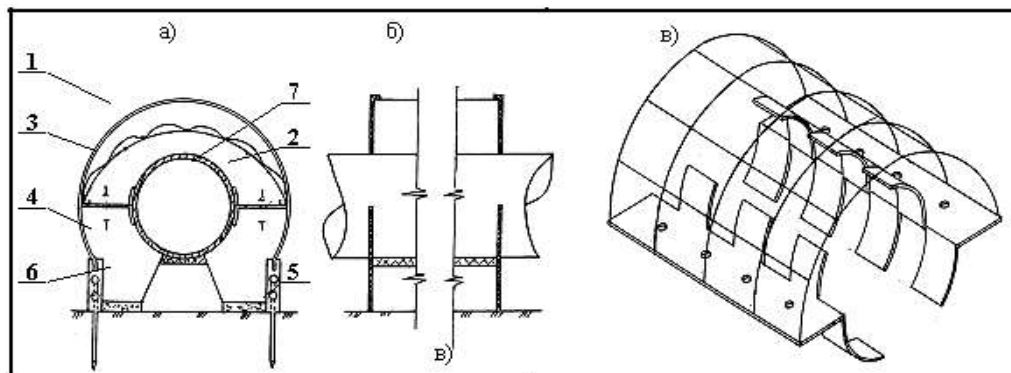
Суть предлагаемого способа заключается в том, что на грунтовую подушку шириной 3 метра, укладываются змейкой перфорированные пластиковые U – образные трубы диаметром 50 мм, которые затем засыпаются слоем отходов известняка-ракушечника в виде мелкого бута. На эту пористую подушку сэндвичем укладываются чередующиеся слои нефтезагрязненного грунта и удобрений.

В качестве окислителя загрязненного грунта используются навоз, опилки, можно добавить микробиологические добавки, что будет установлено в ходе экспериментальных исследований. Для выявления экономической эффективности и теплотехнических характеристик разработанных гелиотехнических покрытий, в отличие от аналога, где «гряда» укрывается полиэтиленовой пленкой, нами будут исследованы экспериментальные «парниковые гряды», с плоскими и полуцилиндрическими покрытиями-оболочками. После укрытия гряды, теплозащитными покрытиями, в U – образные трубы подается воздух посредством компрессора соответствующей мощности. Компрессор может работать или на топливе, или на электричестве. Воздух распыляется в пористой подушке и способствует быстрому окислению. При этом трубы можно использовать многократно. Гелиотехнические светопрозрачные плоское и полуцилиндрическое покрытия, с теплоизолирующей воздушной прослойкой, будут предотвращать охлаждение, особенно в том случае если подавать нагретый воздух и дополнительно утеплить гряду торфом или «дорнитом».

Для ускорения процесса «микробиологического окисления» гряды, обеспечения эффективности способа, и интенсификации процесса разложения компонентов нефтезагрязненного грунта, в проекте в качестве теплового агрегата будут применены разработанные гелиоустановки-воздухонагреватели-аккумуляторы, с возможностью обеспечения тепла в течение 5-6 месяцев, без использования топливоиспользующих устройств. Для увлажнения поверхности, разработаны «каналы» с технической морской или минерализованной водой, из бывших в употреблении труб. Солнечные лучи, попадая через светопрозрачную оболочку внутрь, на поверхность воды в трубах, нагревают ее. Нагрев воды сопровождается испарением с последующей конденсацией на внутренней поверхности гелиооболочки. Конденсат по нижнему светопрозрачному элементу покрытия-

оболочки стекает по краям оболочки к конденсаторам и подается в необходимом количестве для увлажнения «парниковой гряды».

Необходимо отметить, что светопрозрачная двухслойная теплоизолирующая гелиооболочка (рис. 42) была разработана для подогрева, жидкости и парафинистой нефти в горизонтальных резервуарах, и на небольших участках нефтепроводов. Но конструктивное решение съемной гелиооболочки позволяет, за счет гибкости полусферы, закрепить оболочку над любой конструкцией, не только по окружности, но и по каркасу в данном случае над «парниковой» грядой, при наличии стенок небольшой высоты.



- 1 – верхняя светопрозрачная гелиооболочка; 2 – съемный абсорбер;  
 3 – нижняя светопрозрачная оболочка; 4 – подпорная стенка;  
 5 – аккумуляторы теплоты (трубы диаметром 50 мм, в подпорных стенках); 6 –  
 опора трубопровода диаметром 1000 мм.

а - поперечный разрез; б – продольный разрез; в - съемный абсорбер

Рисунок 42 – Двухслойная гелиооболочка со съемным абсорбером и аккумуляторами теплоты

В результате этого нефть будет окисляться практически за 35-43 суток, при этом остаток не будет токсичен. В дальнейшем это «сооружение» (рис. 43) с виду больше похожее на теплицу, при использовании плоских и особенно, при применении гелиопокрытий, может использоваться в виде теплиц для выращивания растений, овощей.

Эффективно, практично и производительно. Для того чтобы организовать и эффективно осуществлять научно-технический прогресс в какой-то отдельной отрасли промышленности, надо остро чувствовать необходимость этого прогресса и иметь некоторый собственный опыт его успешного осуществления, например изобретения своего собственного высокоэффективного способа очистки грунтов от загрязнения.

В этой связи, необходимо совершенствовать современную науку, и на её основе создавать новую современную технологию, с учетом опыта конкурентов.

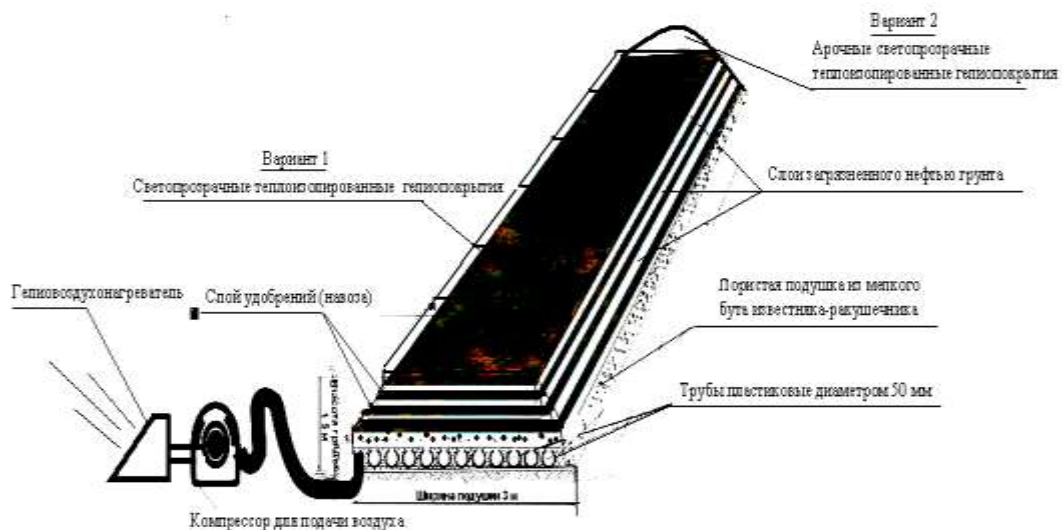


Рисунок 43 – Новый способ рекультивации загрязненных нефтью земель, с использованием гелиотехнических устройств и установок

Разработка не является идеальной, в ней при детальном изучении вопроса конкурентами могут быть обнаружены недостатки, но тем не менее, на настоящий момент, проект от существующих отличают следующие аспекты новизны, заключающиеся в разработке научных и технологических, теплофизических принципов использования солнечной энергии, в технологиях очистки грунтов от нефтяных загрязнений, за счет применения разработанных гелиотехнических установок и покрытий соответственно для подогрева обрабатываемого грунта и уменьшения теплопотерь, за счет теплоизолирующего светопрозрачного слоя.

Применение низкопотенциальных гелиотехнических устройств, особенно при очистке загрязненных нефтью грунтов, в частности рекультивации нарушенных земель, позволяет на 30-40% реально снизить затраты энергии на утилизацию нефтегрунтов.

Установлено, при применении гелиоподогревателя, средний расход составляет 80-200 кВт×ч, тогда как дополнительный подвод теплоты от парогенераторов при использовании гелиоустройств необходим только при температуре 25°C, в зимнее время, и количество этой теплоты не превышает 50-70 кВт×ч, что несомненно сказывается на экономичности предлагаемого варианта. Нефтедобывающая организация действует в условиях конкретной внешней среды. Для обеспечения надежности решений принимаемых при календарном планировании, необходим учет факторов внешней среды.

Отсутствие солнечной погоды в отдельные часы и дни летних месяцев обуславливают кратковременное применение дублирующих источников энергии. Исследованиями установлено, что фактически в промышленных условиях полигона, расположенного на 42° северной широты, среднегодовое снижение расхода тепловой энергии составляет 45...75%.

Контрольные вопросы:

1. Какой смысл вкладывается в понятие «охрана окружающей природной среды»?
2. Чем отличается рациональное природопользование от нерационального?
3. Что понимают под «экологической безопасностью»?
4. Основные направления инженерной защиты окружающей природной среды?
5. Оцените роль малоотходных и безотходных технологий в защите среды обитания от загрязнений?
6. Объясните отличие идей экологизации производства от экологического производства?
7. На чем основывается биотехнология?
8. Какова роль биологизации производства в решении проблем загрязнения среды?
9. Почему создание даже совершенных очистных сооружений не решает проблему загрязнения окружающей природной среды?
10. Эколого-экономические критерии новых технических решений, в области разработки безотходных энергосберегающих способов и технологий?



## Глава 5 МЕЖДУНАРОДНЫЕ СОГЛАШЕНИЯ В ОБЛАСТИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ

### Всемирные саммиты в Стокгольме, в Рио-де-Жанейро, Йоханнесбурге. Повестка 21

Истощение природных ресурсов и негативные изменения в окружающей среде с высокой вероятностью экологической угрозы для развития человеческой цивилизаций вызвали серьезную озабоченность самых разных групп людей, правительственных и неправительственных организаций во всем мире. По этой причине последняя четверть 20 века отмечена поиском нового подхода к природопользованию, завершившимся разработкой принципов устойчивого развития.

В 1972 г. представители 113 государств на конференции в Стокгольме впервые заявили, что путь экономического развития, которым прошли развитые страны, при его повторении в развивающихся странах приведет к гибели цивилизаций. Позднее в 1983 году, Всемирная комиссия по ОС и развитию подготовила доклад «Наше общее будущее», в котором впервые был сформулирован основной принцип УР. Согласно ему, развитие мировой экономики должно определяться экологическими возможностями планеты. Отныне успех экономического развития той или иной страны не определяется только продукцией и деньгами.

В 1992 году на Всемирной конференции в Рио – де –Жанейро была принята специальная конвенция ООН об изменениях климата. Главный источник такой угрозы – скопление в атмосфере парниковых газов, которые могут вызвать и уже начинают вызывать так называемый парниковый эффект. Парниковый эффект возникает в результате способности содержащихся в атмосфере водяного пара и некоторых газов пропускать солнечную коротковолновую радиацию и напротив, поглощать и переизлучать земную длинноволновую радиацию. Задерживая отдачу поверхностью Земли в космос солнечного и глубинного тепла, они тем самым вызывают парниковый эффект – наподобие стекла в панике. Главное в изменении климата заключается в повышении средней температуры, как в атмосфере, так и у поверхности, которые может оказать неблагоприятное воздействие на природные экосистемы и человека.

Самыми значительными последствиями, которые могут коснуться природы и людей, являются:

- частичное или полное таяние арктических льдов;
- повышение уровня мирового океана;
- изменение стока рек и уровня озер;
- последствия для сельского хозяйства.

Решение возникших проблем будет связано с изменением всей жизни людей: переселение на новые места, смена рода занятий и т.д. Именно поэтому эти проблемы – самые трудные. В результате многие страны проявляют беспокойство по поводу этих изменений и пытаются принимать меры для предотвращения процесса быстрого потепления планеты, прежде всего за счет регулирования промышленных выбросов в атмосферу углекислоты и других парниковых пар.

Конференция ООН по охране окружающей среды ООС и развитию (КОРС), состоявшаяся в Рио-де-Жанейро в том же 1992 году приняла «Повестку дня на XXI век», которая является стратегией мирового сообщества на будущее и направлена на гармоничное достижение основных целей – высокого качества ОС и развития экологически безопасной экономики во всех государствах мира. Как отмечается в этом документе, следование человечества прежним уровнем неприемлемо, т.к. значительная часть природных ресурсов планеты исчерпана, а экологическая ситуация становится все более неблагоприятной. Необходим переход к устойчивому развитию.

Устойчивое развитие предполагает положительную динамику во взаимодействии его важнейших индикаторов в триаде: человек – хозяйство – природа, которая должна устойчиво функционировать и обеспечивать поступательное движение социальной, экономической и экологических сфер. Иными словами, УР ориентировано на удовлетворение социально – экономических потребностей современного и будущих поколений без нанесения ущерба ОС.

Важный документ, который был принят на КОРС – 2 (1992 г.) – «Повестка дня на XXI век». Он включает более 100 программ, охватывающих разнообразные глобальные проблемы: от преодоления нищеты и голода до усиления роли общества в решении проблем охраны природы.

«Повестка дня на XXI век» представляет собой основополагающую программу действий по достижению устойчивого развития. В ней сформулированы условия, необходимые для УР всех стран, и главное их них – бережное отношение к природе и природным ресурсам. Необходимо формирование более эффективной и справедливой мировой экономики как средства для создания благоприятных международных условий. Отмечено, что уровни потребления в некоторых частях мира являются очень высокими. Это создает огромную нагрузку на ОС. При этом основные нужды потребителей большей части человечества остаются неудовлетворительными.

Более бедные люди оказываются не в состоянии удовлетворить потребности в пище, медицинском обслуживании, жилище и образовании. Изменение структуры потребления потребует осуществления комплексной стратегии, сфокусированной на требовании удовлетворить основные потребности бедных людей, снизить уровень отходов и использование ограниченных ресурсов в производственном процессе.

Необходимо проанализировать современные концепции экономического роста и потребность в новых концепциях богатства и процветания, которые допускают более высокие стандарты жизни, менее зависящие от ограниченных природных ресурсов Земли и находящиеся в большей гармонии с несущей способностью Земли. «Повестка дня на XXI век» призвала развитые страны к 2000 году решить выдвинутую ООН задачу выделять 0,7 % валового национального продукта для оказания экологически ориентированной помощи развивающимся странам.

Были выдвинуты различные концепции изменения структуры потребления и производства. Суть одной из них – «эко – эффективности» - заключается в максимизации эффективности (в том числе экономической) использование энергетических и сырьевых ресурсов с целью снижения потребления ресурсов и

загрязнения ОС и отходов. В основу другой концепций – «эко-пространства» положено необходимость комплексной энергии, воды, территорий и невозобновляемых природных ресурсов, которое может быть использовано без нарушения устойчивости развития. ОС рассматривается с одной стороны как сток отходов, с другой – как источник ресурсов. Выполнение этих функций лимитируется загрязнением и связанной с ним деградацией ОС. Концепция экопространства является динамической в том смысле, что условия ее реализации становятся благоприятными при использовании эффективных технологий и реструктуризации системы потребления и производства.

Введение понятия экопространства позволяет определить параметры и верхнюю границу мирового потребления и производства, взаимосвязи потребностей человека и воздействия на функции ОС и даже обосновать распределение «прав на потребление и загрязнение». Сторонники этой концепций часто выступают за экологические налоги и систему договорных отношений об уровнях загрязнении. Есть мнение, что стратегические подходы для достижения УР должны быть разными и соответствовать сложности взаимодействия человека и реального строения ОС.

Предложены три различные стратегии развития, которые должны реализовываться одновременно.

Первая – стратегия взаимодействия хозяйствующего человека с природно – равновесными системами естественной биоты Земли. Конечной целью является сохранение видов, среды их обитания, биологического разнообразия. Понятие экологической безопасности должно включать обеспечение условий развития природных экосистем. Обеспечить экологическую безопасность можно, ограничив величину допустимого порога возмущения естественной биоты. «Принятие этой стратегии приведет к самоограничению роста потребления в той мере, в какой этот рост будет происходить за счет освоения новых земель и сокращения оставшейся естественной биоты».

Вторая – стратегия взаимодействия хозяйствующего человека с искусственно-равновесными антропогенными экосистемами, обеспечивающими его пищевые потребности. Имеется в виду сельское хозяйство и другие виды деятельности по производству продуктов питания. Степень сохранности естественной биоты Земли полностью зависит при этой стратегии от эффективности технологий, применяемых с целью обеспечения человека пищевыми продуктами.

Третья – стратегия взаимодействия хозяйствующего человека (производства) с экосистемами искусственной среды. Последние – это города и другие населенные пункты, где земля занята под бытовые, рекреационные и инфраструктурные объекты. Задача сохранения биоразнообразия в таких системах не стоит, важным является обеспечение здоровья людей, сохранения зданий, сооружений и коммуникаций, а также различных сред, имеющих значение для существования человека.

Подробный анализ осуществления стратегий УР на сессии Генеральной Ассамблеи ООН (Нью-Йорк, 1997г.) показал, что пока не удалось решить главные вопросы для обеспечения реальных перспектив УР в следующем столетии:

- Осуществить практические меры по устранению голода и нищеты.
- Уменьшить разрыв уровней жизни в развитых и развивающихся странах.

- Найти средства и пути для ослабления антропогенного давления на ОС в глобальном масштабе.

Другими словами, пока не удалось предотвратить сползание мира к глобальной экологической катастрофе.

На сессии принята «Программа действий по дальнейшему осуществлению «Повестки дня на XXI век». Анализ сложившейся ситуации привел к единодушному выводу: необходимо ускорить осуществление «Повестки».

Контрольные вопросы:

1. Обоснуйте необходимость гармонизации международных экономических отношений?

2. Какие объекты окружающей природной среды относят к национальным и международным?

3. Что вы знаете о важнейшем форуме по экологии в XX веке – Конференции ООН в Рио-де-Жанейро (1992 год)?

4. Почему возникла необходимость в создании концепции устойчивого развития общества?

5. Какова основная цель концепции устойчивого развития общества?

6. В какой мере оправданно отождествлять переход к устойчивому развитию общества с «экологической революцией»?

7. Как вы думаете, что нужно предпринимать, чтобы общество перешло к реализации модели устойчивого развития?

### **Приоритеты и принципы устойчивого развития. Международные институты устойчивого развития**

Под устойчивым развитием понимается такое развитие, которое обеспечивает удовлетворение потребностей настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности. Представители государств, собравшиеся на встречу на высшем уровне в Рио-де-Жанейро приняли свод принципов.

Эти принципы определяют права народов на развитие и их обязанности по сохранению окружающей природной среды.

Рио-де-Жанейрская декларация по ОС и развитию включает следующие основные идеи:

- Люди имеют право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой.

- Современное развитие не должно осуществляться во вред интересам нынешнего и будущих поколений.

- Для достижения УР защита ОС должна составлять неотъемлемую часть процесса развития и не может рассматриваться в отрыве от него.

- Искоренение нищеты и неравенства в уровне жизни в различных частях мира необходима для обеспечения устойчивого роста и удовлетворения потребностей большинства населения.

- Государства сотрудничают в целях сохранения, защиты и восстановления экосистемы Земли. Развитые страны признают ответственность, которое они несут в контексте международных усилий по обеспечению УР.

- Государства должны ограничить и ликвидировать нежизнеспособные модели производства и потребления и поощрять соответствующую демографическую политику.

- Экологические вопросы решаются наиболее эффективным образом при участии всех заинтересованных граждан. Государства развивают и поощряют информированность и участие населения путем предоставления широкого доступа к экологической информации.

- Государства должны сотрудничать в деле создания открытой международной экономической системы, которая приведет к экономическому росту и УР во всех странах

- Тот, кто загрязняет ОС, должен нести и финансовую ответственность за это загрязнение.

- УР требует более глубокого научного понимания проблем.

- Для достижения УР необходимо всестороннее участие женщин. Необходимы такие творческие силы и идеалы молодежи.

- Война неизбежно оказывает разрушительное воздействие на процесс УР. Поэтому государства должны уважать международное право, обеспечивающие защиту ОС во время вооруженных конфликтов.

- Мир, развитие и охрана ОС взаимосвязаны и неразделимы.

Поверхность нашей планеты неоднородна. Она включает воду, сушу, равнины и горы. Здесь – теплые и холодные, увлажненные и засушливые регионы. Каждый участок земной поверхности освоен определенными видами растений, животных, бактерий, которые формировались на протяжении миллионов лет и наилучшим образом соответствуют особенностям среды именно этого участка и друг другу.

Результаты жизнедеятельности одних видов становятся необходимой предпосылкой существования других. Вместе они образуют сложное биологическое сообщество, включающие тысячи видов, связанных бесчисленными отношениями взаимной зависимости. Экосистема представляет собой относительно однородное сообщество растительных и животных организмов и условий их существования, занимающее определенное пространство и воспроизводящееся в течение длительного времени. Обычно экосистемы выделяют по господствующей растительности (например, по еловому лесу или альпийским лугам) или среде обитания (например, реки, болота или города). Различают также естественные экосистемы, то есть, которые воспроизводятся без вмешательства человека и в совокупности образуют дикую природу. А также искусственные или антропогенные. Это также, которые созданы человеком и воспроизводятся при постоянном его вмешательстве, образуя в совокупности так называемый культурный ландшафт.

Можно считать единой экосистемой всю биосферу Земли. Можно считать отдельной экосистемой аквариум с содержащимися в нем обитателями. Каждый конкретный вид является гранью, составной частью определенной экосистемы. Как говорил Галилео Галилей: **«Кто не знает стихии воды, то никогда не**

**сможет представить себе кораблей и рыб».** Они есть порождение стихии воды, вне нее не существующие. Вне экосистем нормальная видовая популяция не может устойчиво воспроизводиться. Поэтому задача сохранения вида невыполнима без сохранения экосистемы, его поддерживающей.

Идеология сохранения отдельно взятых видов лежит в основе создания Красных книг, в них упоминается и о необходимости сохранения среды обитания охраняемых видов. Красные книги, безусловно, нужны, но не достаточны. Они превращаются нередко в парадные издания, которые слабо или никак не влияют на трагическую судьбу многих из помещенных на их страницы видов. И все же они привлекают внимание общественности и правительств к наиболее редким представителям живой природы, которых необходимо охранять не потому, что можно извлечь из этого выгоду, а потому, что только человек повинен в их исчезновении.

Так, на месте вчистую вырубленного леса нередко развивается эрозия склона, уничтожающая плодородный слой и оставляющая обнаженные бесплодные скалы. В любом случае для грамотного взаимодействия с экосистемами, получения от них максимальной выгоды, необходимо провести от них максимальной выгоды, необходимо провести их оценку как с точки зрения состояния, так и с точки зрения тех выгод, которые можно от них получить, не разрушая их способности к нормальному воспроизводству, самовозобновлению.

Основными направлениями обеспечения экологической безопасности является экологизация экономики, законодательства и общества.

*1. Экологизация экономики.* Экологизация экономики заключается в обеспечении устойчивого экологически безопасного природопользования и сохранения ресурсно-экологического равновесия через снижение природоемкости производства и уменьшение воздействия экономики на биосферные процессы обмена веществ и энергий.

Для осуществления экологизаций экономики необходимы развитие ресурсосберегающих технологий и снижение доли экологически «грязных» производств, внедрение экологических условий и требований во все разрабатываемые государственные, региональные и отраслевые программы путем совершенствования экономических механизмов природопользования, государственного экономического контроля, экологического мониторинга и статистики, оптимизацией разрешительной системы природопользования и экологической экспертизы.

*2. Совершенствование экономических механизмов природопользования.* Новые экономические механизмы природопользования предусматривает включение экологических характеристик в систему ценообразования, совершенствования системы платности природопользования и обязательное экологическое страхование.

Эффективность природоохранной деятельности природопользователей определяется созданием финансовых стимулов, а также внедрением экономических инструментов стимулирования охраны ОС. Ущерб, причиненный природной среде вследствие нарушения природоохранных законодательств подлежит возмещению в полном объеме с учетом степени загрязнения и

причиненного вреда (ущерба), затрат на восстановление, воспроизводства и иных расходов и потерь.

*3. Совершенствование системы государственного контроля в области охраны ОС и природопользования.* Органы государственного контроля в области охраны ОС и природопользования должны обладать всеми полномочиями для принятия независимых и объективных решений в отношении любых вопросов, связанных с проведением инспекций или осуществлением правоприменительных действий.

*4. Оптимизация разрешительной системы природопользования и экологической экспертизы.* В развитых странах мира выдача разрешения на загрязнения ОС осуществляется комплексно на основании обязательной оценки воздействия на ОС. Одним из правовых воплощений данного принципа является порядок оценки воздействия на ОС, введенный в экологическое законодательство многих стран.

В число таких стран входит и Республика Казахстан. В Казахстане традиционно, как и в других странах СНГ, наряду с обязательной оценкой воздействия на ОС проводится государственная экологическая экспертиза. Принцип превентивной охраны ОС или предупреждения негативного антропогенного воздействия на окружающую природную среду пользуется общей поддержкой во многих странах мира.

**Международные институты устойчивого развития (МИУР)** основаны в 1990 году. Их миссия заключается в поддержке инноваций путем предоставления обществу возможности жить устойчиво. Выдвижение стратегических рекомендаций в области международной торговли и инвестиций, экономической политики, изменения и показателей климата, а также управления природными ресурсами. Используя Интернет, связь МИУР информирует о переговорах на международных уровнях и распространяет знания, полученные через совместные проекты с партнерами из разных стран, что приводит, в свою очередь, к более тщательному изучению и повышению потенциала в развивающихся странах и улучшению диалога между Севером и Югом.

Деятельность Международного института по УР направлена на содействие изменениям по отношению к УР. Посредством исследования и эффективной передачи их результатов происходит вовлечение правительственных чиновников, бизнесменов, НПО и др. секторов для разработки и внедрения той политики, которая одновременно выгодна для глобальной экономики, ОС и социального благополучия.

В МИУР определены основные мероприятия по вопросам опустынивания, засухи, сохранению биоразнообразия, и другим направлениям экологической нагрузки.

**Опустынивание и засухи** Меры определены Конвенцией по борьбе с опустыниванием и документами сессии (1997г.)

**Биоразнообразие.** Главные цели определены Конвенцией по биоразнообразию : сохранение и равноправное использование биоразнообразия.

**Туризм.** Важны экологические и юридические меры и оказание международной помощи развивающимся странам в развитии туристской индустрии и ограничения негативных последствий влияния туризма на ОС.

**Природные бедствия.** Меры предусмотрены документами Всемирной конференции по природным бедствиям (1994г.). На фоне тенденции к усилению разрушительных последствий природных катастроф особого внимания требуют развивающиеся страны, не обладающие средствами раннего предупреждения.

**Техногенные катастрофы.** Главные задачи – расширение международного сотрудничества по ликвидации последствий.

**Обезлесивание.** КОСР–2 (2-я конференция ООН по окружающей среде) специальными документами отметила необходимость проведения в глобальном масштабе восстановления лесного покрова Земли. Конвенцию по лесам до сих пор не удалось принять. Пока действует Международный протокол по лесам, в котором предусмотрены меры по обеспечению охраны и рационального использования лесов. В течение 1980-1990 годов произошло существенно уменьшение площади лесов в развивающихся странах. Наиболее значительные потери тропических лесов зарегистрированы в Латинской Америке и в странах Карибского бассейна, в Африке, Азии и в Тихоокеанском регионе. В ряде регионов, особенно в Западной Азии, вырубка леса привела к усилению эрозии почв, в Африке – к повышению чувствительности к наводнениям.

**Структура производства и потребления.** Цели изменений в этой сфере сформулированы в документе «Повестка дня на XXI век». Главной задачей является создание стабильной структуры потребления – производства. В связи с глобализацией этой структуры отмечают важную роль правительств в корректировании неудач рыночной экономики в связи с введением необходимого регулирования структуры производства и потребления, а также роль международного сотрудничества. Эти 2 аспекта важны для согласованного понимания основ устойчивого потребления, улучшения координации в сборе данных, экологического маркетинга, аудита и сертификации. Для разработки практических мер, устанавливающих стабильную потребления – производства, имеет значение постепенный переход к стратегии управления потребностей в и таких секторах экономики, как энергетика, транспорт, сельское и лесное хозяйство, отходы, водное хозяйство. Для этого необходимо принять обязательные стандарты эффективности энергопотребления при производстве различной продукции, ввести экологические налоги на производство энергии или углеродосодержание различных топлив, применять экологические субсидии для производства экологически чистой продукции, использовать совместные действия с целью снижения суммарных выбросов и других стран, что свою очередь, к более тщательному изучению и повышению потенциала в развивающихся странах и улучшению диалога между Севером и Югом.

Вместе с этим, в декабре 1992 года, образована **Комиссия по устойчивому развитию**, целях обеспечения эффективного выполнения наработок Конференции ООН по охране ОС и развитию ((UNCED Рио – де – Жанейро 1992 год), а также для мониторинга и отчетности по осуществлению соглашений, принятых на Конференций, на местном, государственном, региональном и международных уровнях. Комиссия по устойчивому развитию – официальная комиссия Экономического и Социального Совета ООН (ECOSOC), куда входят 53 члена.



Контрольные вопросы:

1. Особенности становления международного экологического права?
2. Что объединяет экологические партии отдельных стран?
3. Основные документы международно-правовой защиты биосферы Земли?
4. В чем выражается глубинная связь экологии и экономики?
5. Обоснуйте положение: «экологизация экономики-основа устойчивого развития общества» ?
6. Почему традиционная рыночная экономика способна усугубить экологический кризис?
7. В чем заключается миссия МИУР?
8. Основные направления для обеспечения экологической безопасности?
9. Каковы основные формы экологического контроля?
10. Значение социально-экологических знаний при переходе современного общества к модели устойчивого развития?

## Глава 6

### **НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН**

#### **Основополагающие национальные документы для достижения устойчивого развития. Стратегия развития Казахстана до 2030 года, Стратегия индустриально-инновационного развития до 2015**

Следование человечества прежним уровнем неприемлемо, так как, значительная часть природных ресурсов планеты исчерпана, а экологическая ситуация становится все более неблагоприятной. Необходим переход к устойчивому развитию. Устойчивое развитие предполагает положительную динамику во взаимодействии его важнейших индикаторов в триаде: человек – хозяйство – природа, которая должна устойчиво функционировать и обеспечивать поступательное движение социальной, экономической и экологических сфер.

Иными словами, УР ориентировано на удовлетворение социально-экономических потребностей современного и будущих поколений без нанесения ущерба ОС. Необходимость устойчивого развития весьма актуальна для Казахстана, экологическая ситуация на Семипалатинском полигоне, химической и нефтехимической промышленности, крупными предприятиями-потребителями металла, животноводческими комплексами и другими факторами. Многие промышленные предприятия, сохраняющие пока устаревшие технологии, представляют большую опасность для ОС. Развитие РК не может противоречить тенденции развития мировой цивилизаций, поэтому национальная стратегия УР разработана на основе принципов, изложенных в «Повестке дня на XXI век», с учетом интересов государства, а также ресурсных и экологических реалий. Экологический аспект стратегии УР РК, предполагает охрану ОС и РИПР, сохранение биологического разнообразия экологически безопасное применение высоких технологий и химических веществ с учетом решения социально-

экономических проблем. Экологически императив в развитии производства реализуется через следующие принципы:

- в центре внимания при реализации стратегии УР должен находиться человек, который имеет право на здоровую и плодотворную жизнь в гармонии с природой.

- право на развитие следует осуществлять так, чтобы обеспечить равенство возможности этого развития и сохранения ОС как для будущих поколений.

- охрана ОС должна стать неотъемлемой частью УР и не может рассматриваться в отрыве от него.

- в отличие от существующей практики охраны природы, акцент должен быть перенесен на осуществление мер по экологизации хозяйственной деятельности (устранение первопричин загрязнения, а не его последствий), что требует переориентаций действующих и новых технологий производства и транспортной деятельности на экологически чистые.

**Устойчивое развитие страны** возможно только в том случае, если население имеет возможность реализовать конституционные права на охрану здоровья. Здоровье будет зависеть от способности государства успешно регулировать взаимосвязь между социально – экономической сферой и ОС. Поэтому одной из важнейших мер должно быть снижение риска для здоровья, связанного с загрязнением и вредным воздействием ОС.

Концепция национальной стратегии устойчивого развития РК предусматривает комплекс научно обоснованных направлений в государственной и правовой политике, экономике и образовании по решению экономических и экологических проблем. Республика Казахстан, являясь полноправным участником мирового сообщества, приняла на себя обязательства по выполнению задач, провозглашенных «Повесткой дня на XXI век» в 1992 году в Рио-де-Жанейро, и декларации Всемирного саммита по устойчивому развитию (Йоханнесбург, 2002). В контексте взятых обязательств, начиная с 1996 года Казахстаном принят ряд мер в направлении достижения устойчивого развития.

Разработана и принята **Стратегия развития Казахстана до 2030 года**, страна стала активным участником процесса «Окружающая среда для Европы», приняты Стратегия индустриально–инновационного развития до 2015 года.

В Концепции экологической безопасности Республики Казахстан до 2015 года, создан Совет по устойчивому развитию, и разрабатывается Казахстанская повестка дня на XXI век до 2015 года. Целью Казахстанской повестки дня на XXI век является переход к модели развития, обеспечивающий повышение благосостояния настоящих и будущих поколений при стабильном состоянии окружающей среды.

В соответствии с Концепцией экологической безопасности Республики Казахстан стабилизация состояния окружающей среды должна, достигнута к 2010 году. Это означает, что к 2010 году надо остановить процесс ухудшения качества окружающей среды, т.е. снизить антропогенное давление на нее. Сделать это крайне сложно, потому что экологических проблем много, в том числе острых и сложных.

Процессы взаимодействия общества и окружающей среды (ОС) схематично описываются известной так называемой «Моделью ДСР», предложенной

Организацией экономического сотрудничества и развития (ОЭСР). Ее разделяют (с внесением поправок) другие международные организации, такие как ООН-стат или Евростат.

«**Модель ДСР**» (ДСР – « Давление–состояние–реакция») применяется для разработки показателей устойчивого развития и основывается на становлении причинно – следственных связей:

- человеческая деятельность оказывает давление на окружающую среду.
- давление изменяет качество окружающей среды и качество природных ресурсов (состояние окружающей среды)
- общество реагирует на данные изменения посредством экологической, общей экономической и секторальной политики (реакций общества).

Таким образом, отмечает И. Спанженберг, ответная реакция общества формирует кольцо обратной связи с давлением, оказываемым в результате человеческой деятельности. Однако, если рассматривать процесс взаимодействия названных сил в динамике, то в данном в данном случае вместо слова « кольцо» может быть точнее использовать словосочетание «виток спирали». Строго говоря, кольцо формирует замкнутую систему, т.е. такую, когда ничего не меняется в состоянии окружающей среды, реакции общества и оказываемом давлении.

Как теоретически, так и практически статистического состояния не бывает: оно меняется в у или иную сторону. Нормальная реакция общества должна уменьшать давление движущих сил и тем самым соответственно положительно влиять на состояние окружающей среды. Поэтому каждый раз эти взаимодействия работают на разных уровнях (по нисходящей или восходящей, если реакция общества обратная).

Если общество пассивно и не предпринимает никаких мер по снижению антропогенного пресса и сохранению качества ОС при возрастающих объемах производства и потребления, давление возрастает и развитие взаимодействия составных «ДСР» идет по возрастающей, с увеличением радиуса «витка спирали». Наоборот, если реакция общества должна и идут процессы снижения антропогенного давления, то вся цепочка взаимодействий приводит к положительному сдвигу и « виток спирали» стремиться к ее вершине. В этом случае процессы развиваются по нисходящей, с уменьшением радиуса витка.

Естественно, возникает вопрос, до какого уровня нисходящий процесс должен развиваться? Вопрос далеко не праздный, потому что, говоря об УР, мы должны определить какие- то рубежи, к которым следует стремиться. Мы должны представить некое идеальное состояние, когда при высоком материальном уровне жизни стабильно сохраняется безопасный уровень качества ОС. Таким образом, ответ имеется в отношении качества ОС.

Если целью УР в экологической сфере является безопасный уровень качества ОС, то и роль нормативных показателей (ПДК, ПДВ, ПДС и др.) видится в несколько ином аспекте. То есть, это не только как веский аргумент взимания штрафов, но и аргумент в качестве большой цели на пути Устойчивого развития. Достижение этой цели и должно быть главным в работе природоохранных служб. При оценке их работы следует основной акцент делать не на количестве штрафов, но на показателях снижения антропогенного давления, улучшения качества ОС – на экологических индикаторах Устойчивого развития.

Набор экологических индикаторов УР (ЭИУР) для РК, предложенный коллективом авторов, включает 25 показателей, который группируются по целевому назначению. Каждая группа суммарно характеризует состояние атмосферного воздуха (5 показателей), накопление и управление отходами (7 показателей), состояние водных ресурсов (7 показателей), биоразнообразия, деградация земель, опустынивание (6 показателей). В целом они описывают основные проблемы, которыми занимается природоохранная служба, хотя возможно, что перечень индикаторов претерпит изменения.

Контрольные вопросы:

1. Компоненты социоэкосистем?
2. Что предполагает обязательное соблюдение определенного отношения между обществом и окружающей природной средой?
3. Где приняты принципы лежащие в основе разработанной национальной стратегии Республики Казахстан по устойчивому развитию?
4. В каком году должна быть достигнута стабилизация ОС в соответствии с Концепцией экологической безопасности Республики Казахстан?
5. В каком национальном документе РК разработана повестка дня на XXI век до 2015 года?
6. До какого уровня должен развиваться процесс УР?

### **Концепция устойчивого развития Республики Казахстан**

#### **Структура, принципы, приоритеты и основные положения Концепции.**

#### **Участие в достижении устойчивого развития на глобальном уровне**

Для Республики Казахстан переход к устойчивому развитию является насущной необходимостью. Рост экономики за счет эксплуатации природных ресурсов может происходить только на определенном этапе. В современных условиях для роста и развития требуются более прогрессивные механизмы. Устойчивое развитие необходимо для достижения целей **Стратегии развития Казахстана до 2030 года**. **Принцип устойчивого развития** также заложен в основу стратегии вхождения Казахстана в число пятидесяти наиболее конкурентоспособных стран мира, обозначенный в Послании Президента страны народу Казахстана от 1 марта 2006 года.

**Настоящая концепция перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007-2024 годы (далее - Концепция)**, одобрена Указом Президента Республики Казахстан от 14 ноября 2006 года, и определяет видение принципов, цели, задач и основных механизмов достижения устойчивости во всех сферах жизнедеятельности страны. В основе многих социально-экономических проблем Республики Казахстан лежит исторически сложившийся дисбаланс, когда страна потребляет ресурсы непропорционально по сравнению с их производством. Если привести основные экономические показатели страны к общей единице измерения на основе измерения энергетической полезной ценности–мощности, измеряемой в гигаваттах (ГВт), то возможно оценить имеющиеся потери. Так, в 2005 году для получения совокупного производственного продукта в размере 29,4 ГВт в целом

по стране были потреблены ресурсы в объеме 04,85 ГВт. Это значит, что в течение года было потеряно или недоиспользовано резервов на 65,45 ГВт мощности страны. Это говорит о том, что в Республике Казахстан относительно низок показатель эффективности использования ресурсов (ЭИР), который в настоящее время равен 31 проценту (рисунок 44). Это больше среднемирового уровня, равного 24 процентам, но меньше, чем в наиболее технологически развитых странах мира: Япония–36 %, США–34 %, Германия–33 %. В бывшем СССР показатель ЭИР достигал 36 %, что обеспечивало больший уровень конкурентоспособности на мировой арене.

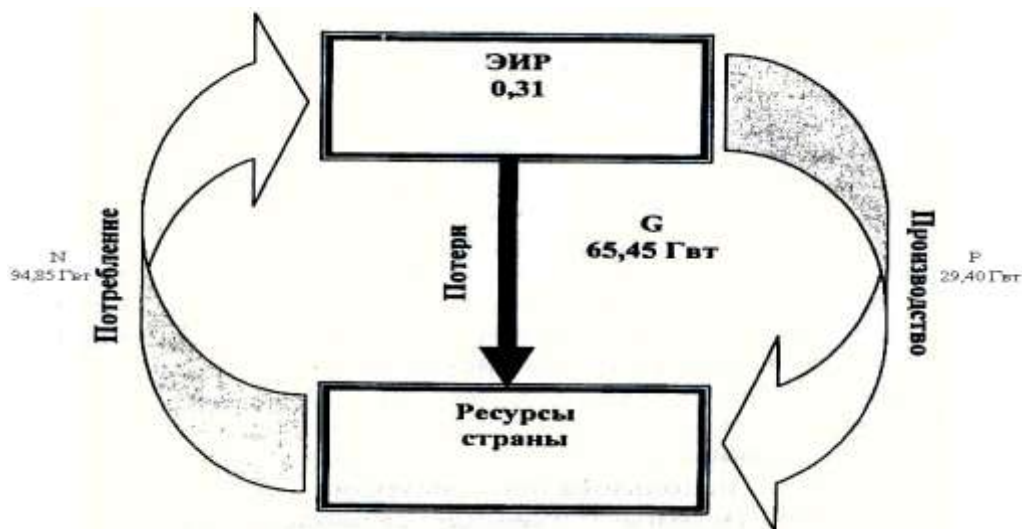


Рисунок 44 – Схема расчета показателя эффективности использования ресурсов (ЭИР) Республики Казахстан, 2005 год.

В современном мире качество жизни определяется основными составляющими: продолжительностью жизни, уровнем благосостояния, образования и состоянием окружающей среды. По индексу качества жизни Международного университета общества, природы и человека (Дубна, Россия), Казахстан занимает 78 место с коэффициентом 1,17, тогда как лидер рейтинга Норвегия имеет коэффициент 3,83, Россия – 1,57, Китай – 0,34.

В Казахстане состояние здоровья населения и продолжительность жизни людей существенно отстают по сравнению с показателями других стран. Так, средняя продолжительность жизни населения в нашей стране в 2005 году составила 65,9 лет, тогда как в Японии этот показатель достигает 80 лет.

По индексу экологической устойчивости Йельского центра по экологическому законодательству и политике (Йельский университет, США) и Колумбийского центра международной информационной сети наук о земле (Колумбийский университет, США), основанному на расчете 76 параметров, включая показатели состояния экосистем, экологического стресса, экологических аспектов здоровья населения, социальных и институциональных возможностей и международной активности государства, Республика Казахстан занимает 70 место с индексом 63,8 тогда как у стран-лидеров – Новой Зеландии, Швеции и Финляндии – этот показатель достигает 87-88 баллов.

Индекс истинных сбережений (ИИС), учитывающий амортизацию и утрату природного капитала, по данным Всемирного Банка, составляет для Республики Казахстан – 25,5, тогда как для Российской Федерации – 4,4, Норвегии – 14,8, США – 4,4.

Казахстан занимает 80 место в рейтинге стран по индексу развития человеческого потенциала (ИРЧП).

Для того чтобы к 2024 году по уровню качества жизни Республики Казахстан устойчиво находилась в числе наиболее конкурентоспособных и развитых стран мира, необходимо повысить эффективность использования ресурсов, увеличить продолжительность жизни, обеспечить возрастание индекса экологической устойчивости. Проведенные расчеты показывают, что для стабильного нахождения в числе пятидесяти конкурентоспособных и стран мира в период с 2013 по 2018 годы показатели Казахстана должны соответствовать следующим параметрам: ЭИР – не ниже 43 %; суммарное потребление ресурсов – не ниже 246,86 ГВт; годовой совокупный производственный продукт – не ниже 113,1 ГВт.

Именно таким параметрам, согласно прогнозу, будут соответствовать пятьдесят наиболее конкурентоспособных стран мира в это период. При ЭИР равном 53 %, обеспечивается выход на траекторию «устойчивого развития» и рост экономики происходит за счет более эффективных, «прорывных» технологий, а не за счет эксплуатации невозобновляемых природных богатств (рисунок 42).

Численность населения Республики Казахстан является важным критерием устойчивого развития. Низкая плотность населения (при значительной протяженности границ) всегда является фактором неустойчивости для развития государства.

Наиболее оптимальным целевым уровнем численности населения является достижение 18 миллионов жителей к 2024 году. Для этого требуется довести показатель естественного прироста до 12,68 на 1000 человек населения к 2024 году (против 8,0 в настоящее время), среднюю продолжительность жизни – до 73 лет, поддерживать показатель рождаемости на уровне не ниже 22 родившихся на 1000 человек населения.

Разрыв в средней продолжительности жизни мужского и женского населения должен быть снижен до 7,5 лет с нынешних 11 лет. В процессе экономического роста необходимо повышать экологические требования, снизить антропогенное давление на окружающую среду. Для этого необходимо к 2024 году довести индекс экологической устойчивости, как минимум, до наилучшего на сегодняшний момент значения – 88 баллов.

**Переход к устойчивому развитию для Республики Казахстан** будет проходить на поэтапной основе. Для этого определяются установочные параметры устойчивого развития для каждого этапа.

**Подготовительный этап (2007-2009 годы)** – подготовка условий для включения принципов устойчивого развития во все сферы общественной и политической деятельности, диверсификации экономики, осуществления технологического прорыва.

**Первый этап (2010-2012 годы)** – обеспечение вхождения Республики Казахстан в число пятидесяти наиболее конкурентоспособных стран мира.

**Второй этап (2013-2018 годы)** – укрепление положения страны среди лидеров мирового развития по уровню качества жизни, существенное сокращение потерь

от нерационального использования природных ресурсов и обеспечение высокого уровня экологической устойчивости страны.

**Третий этап (2019-2024 годы)** – достижение принятых международных критериев устойчивого развития.

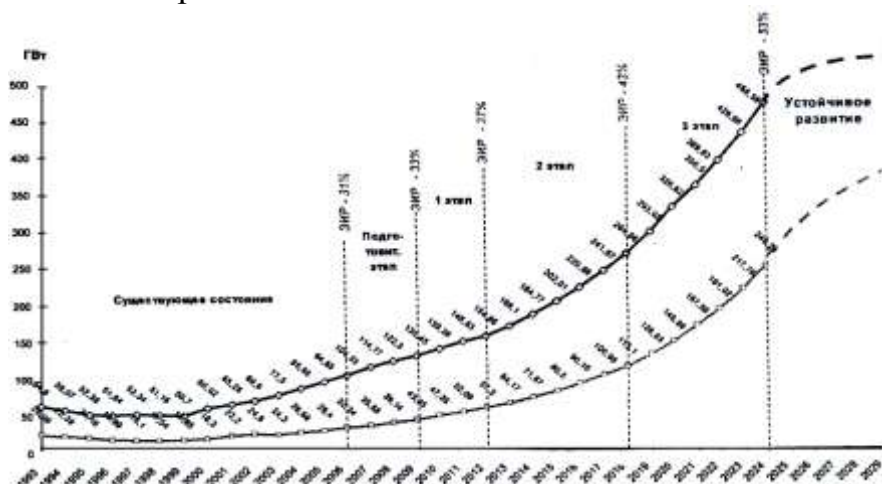


Рисунок 45 – Прогнозная модель развития Республики Казахстан до 2030 года

**Основными принципами перехода к устойчивому развитию в Республике Казахстан являются:**

1. Вовлечение всего общества в процесс достижения устойчивого развития;
2. Создание политического базиса для устойчивого развития;
3. Межведомственная интеграция, системный подход к управлению государством, повышение эффективности прогнозирования, планирования и регулирования ключевых показателей развития;
4. Экономический прогресс в результате активного внедрения высоких технологий в экономику страны, повышение эффективности использования ресурсов;
5. Обеспечение конкурентоспособности науки и образования;
6. Улучшение состояния здоровья населения, демографической ситуации в результате внедрения парадигмы здорового общества;
7. Совершенствование деятельности по охране окружающей среды в качестве важнейшей ноосферной функции общества;
8. Территориальное развитие на основе трансрегионального экосистемного подхода.

**Приоритетами перехода к устойчивому развитию являются:**

- внедрение устойчивых моделей производства и потребления;
- использование новых и экологически безопасных технологий;
- развитие устойчивых транспортных систем;
- энергоэффективность и энергосбережение;
- региональные проблемы устойчивого развития;
- повышение уровня социальной безопасности населения;
- борьба с бедностью с учетом экологического и гендерного аспектов;
- дальнейшее развитие науки и образования для устойчивого развития;

- сохранение исторического и культурного наследия;
- предупреждение и уменьшение экологических угроз здоровью населения;
- борьба с опустыниванием;
- сохранение биологического разнообразия;
- снижение эмиссий, в том числе парниковых газов и озоноразрушающих веществ;
- доступ к качественной питьевой воде;
- решение трансграничных экологических проблем;
- радиационная и биохимическая безопасность;
- управление отходами.

Целью Концепции перехода Республики Казахстан к Устойчивому Развитию является достижение баланса экономических, социальных, экологических и политических аспектов развития Республики Казахстан как основы повышения качества жизни и обеспечения конкурентоспособности страны в долгосрочной перспективе.

Для достижения указанной цели необходима реализация следующих задач в области устойчивого развития.

1. Повышение показателя ЭИР до 37 % к 2012, 43 % к 2018 и 53 % к 2024 году.
2. Увеличение средней продолжительности жизни населения до 68 лет к 2012 году, 70 лет к 2018 году, 73 лет к 2024 году при поддержании показателя рождаемости на уровне не ниже 18-22 родившихся на 1000 человек населения.
3. Увеличение индекса экологической устойчивости на 10 % к 2012 году, 15 % к 2018, 25 % к 2024 году
4. Обеспечение успешной реализации внутренней и внешней политики

**Реализация четвертой задачи будет основываться на:**

- консолидации политических сил вокруг идеи устойчивого развития;
- поддержке создания в стране общественных движений, выражающих интересы исторически единого казахстанского народа, в том числе будущих поколений;
- возможности создания в стране международной зоны устойчивого развития;
- обеспечение активного и реального участия Казахстана в международных организациях, проведение ряда крупных международных форумов под эгидой Республики Казахстан;
- развитии эффективной системы местного самоуправления.

**Контрольные вопросы:**

1. Сущность цели Стратегии Казахстан-2030, которые будут достигнуты при переходе Республики Казахстан, к устойчивому развитию?
2. В основу какой стратегии заложен принцип устойчивого развития страны?
3. Каков в стране показатель эффективности использования ресурсов ЭИР, в сравнении с технологически развитыми странами?
4. Какое место занимает Казахстан, по индексу качества жизни?
5. Этап перехода Казахстана к УР, в котором намечено осуществление технологического прорыва?
6. В чем заключается важный критерий УР страны?



## Список литературы

### Основная:

1. Акимова Т.А., Хаскин В.В. Основы экоразвития. М., 1994, 247 с.
2. Одум Ю. Экология. Т. 1-2. М.: Мир – 1986, 286 с.
3. Шилов И.А. Экология: Учебник для биологических специальностей ВУЗов. – 2-е издание., испр. – М.: Высшая школа., 2000. – 512 с.: ил.
4. Мамедов Н.М., Суравегина И.Т. Экология: учебное пособие. – М.: «Школа-Пресс», 1996. – 464 с.: ил.
5. Урсул А.Д. Перспективы экоразвития. М.. 1990. 312 с.: ил.
6. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. – М.: 1989, 285 с.: ил.
7. Кривошеин Д.А., Муравей Л.А., Роева Н.Н., Шорина О.С., Эриашвили Н.Д., Юровицкий Ю.Г., Яковлев В.А. Экология и безопасность жизнедеятельности. – Учебное пособие для ВУЗов/. Под редакцией Л.А. Муравья. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 447 С.
9. Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие. М., 2002. –195с.
10. Ситаров В.А., Пустовойтов В.В. Социальная экология. М., 2000. – 238 с.
11. Человеческое развитие в Казахстане. Под общей редакцией Мамырова Н.К., и Акчуры Ф. Алматы., 2003.
12. Национальный План действий по охране окружающей среды для устойчивого развития. Алматы., МПРООС, НЭЦУР. 1999 г.
13. Кенжетаяев Г.Ж. Дипломный проект бакалавра экологии. Методика написания и правила оформления. – Актау. 2008. 71 с.: ил.
14. Кенжетаяев Г.Ж. Теплоизолирующие светопрозрачные покрытия и солнечный абсорбер. Алматы. 2001. 197 с.: ил.

### Дополнительная:

1. Назарбаев Н.А. Евразийский союз: идея, практика, перспективы. Алматы., 1997.
2. Назарбаев Н.А. Эпицентр мира. Алматы. 2001.
3. Указ Президента Республики Казахстан Назарбаева Н.А, «О Концепции перехода Республики Казахстан к устойчивому развитию на 2007-2024 годы».
4. Быков А.А., Мурзин Н.В. Проблемы анализа безопасности человека, общества и природы. СПб., 1997. – 189 с.
5. Вернадский В.И. Проблемы биогеохимии. М., 1980. – 196 с.
6. Вронский В.М. Экология. Словарь-справочник. Ростов-на-Дону., 1999. – 213 с.
7. Семенова Л.Н. Устойчивое развитие. Учебное пособие. – Алматы, Фонд «XXI век». 1997. 168 с. ([www.greensalvation.org](http://www.greensalvation.org)).
8. Программа развития ООН. Рамки сотрудничества по устойчивому развитию на 2002-2004 годы. Алматы., 2000.
9. Казахстанская ассоциация природопользователей для устойчивого развития [www.kap.rz](http://www.kap.rz)
10. Региональный экологический центр Центральной Азии [www.carec.kz](http://www.carec.kz) .

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
<b>Глава 1. Поиски альтернативных путей развития</b>	
Исторические предпосылки возникновения понятия «устойчивое развитие».....	6
Экономический, социальный, экологический и другие аспекты феномена устойчивого развития.....	10
Взаимоотношения общества и природы в различные периоды развития цивилизации.....	15
<b>Глава 2. Гомеостаз биологических систем различного ранга, их устойчивость к внешним возмущениям</b>	
Устойчивость биологических систем на уровне видовых популяций.....	25
Динамика численности популяции, механизмы регуляции численности популяций, циклы и взрывы численности.....	34
Устойчивость биологических систем на уровне сообществ организмов и экосистем.....	45
<b>Глава 3. Человек и биосфера</b>	
Последствия воздействия на биоту, экотоп, и случайного или преднамеренного внедрения чужеродных видов в сообщество.....	53
Биосфера - глобальная экосистема Земли.....	61
Роль живого вещества планеты в глобальном круговороте воды и аккумуляции энергии солнца.....	71
Гидросфера, деятельность человека, и геоэкологические особенности бессточных бассейнов.....	83
Речной сток, его динамика, водные экосистемы, аридные территории, их устойчивость.....	102
<b>Глава 4. Геоэкологические основы устойчивости развития природно-технических систем</b>	
Экологические особенности различных видов природно-технических геосистем, стратегия экологизации природопользования в различных видах природно-технических (антропогенных) ландшафтов.....	115
Экологические аспекты предотвращения загрязнения и нарушения устойчивости природной среды.....	119
Разработка мероприятий по уменьшению или ликвидации негативных последствий хозяйственного освоения природно-технических геосистем с помощью прогрессивных технологий.....	123
<b>Глава 5. Международные соглашения в области устойчивого развития</b>	
Всемирные саммиты в Стокгольме (1972), в Рио-де-Жанейро (1992), Йоханнесбурге (2002). Повестка 21.....	129
Приоритеты и принципы устойчивого развития. Международные институты устойчивого развития.....	132
<b>Глава 6. Нормативно-правовые основы обеспечения устойчивого развития в Республике Казахстан</b>	
Основополагающие национальные документы для достижения устойчивого развития. Стратегия развития Казахстана до 2030 года, Стратегия индустриально-инновационного развития до 2015 года. ....	137
Концепция устойчивого развития РК. Структура, принципы, приоритеты и основные положения Концепции.....	140
<b>Список литературы.....</b>	<b>145</b>

Формат 60x84 1\12  
Объем 147 стр., 12,25 печатных листа  
Тираж 20 экз.  
Отпечатано  
В Редакционно- издательском отделе  
КГУТиИ им.Ш.Есенова  
г.Актау, 32мкр.