

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра географической экологии

А. Н. Витченко

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

Минск
2002

ПРЕДИСЛОВИЕ

География – одна из древнейших наук, ее возникновение было обусловлено необходимостью познания человеком окружающего его пространства, уровень интереса к которому определялся различными потребностями человечества на разных этапах его развития. Первоначально она носила комплексный типично землеведческий характер, затем в процессе изучения различных свойств природы в пределах единой естественной науки появилась система географических наук. Возросшее воздействие человека на природу, изменение среды его обитания способствовали развитию социально-экономического направления в географии, которая приобрела естественно-общественный характер. Областью исследования географии стала среда жизнедеятельности людей, включающая в себя измененную человеком природу, которая в результате антропогенного воздействия постепенно приобрела ряд специфических свойств, что позволяет называть ее окружающей средой.

В начале XXI в. географическая наука вышла на качественно новый уровень своего развития, обусловленный возросшим значением географии в понимании сложных природных и социальных процессов, происходящих на нашей планете, в оптимизации использования ее пространства и освоении ресурсов, в осмыслении будущего Земли и возможности развития человеческого общества с его постоянно растущими запросами. Это обусловило появление в рамках наук географического цикла нового научного направления – геоэкологии.

Учебная дисциплина «Геоэкология» является одним из интегральных учебных географических курсов, отвечающих принципам комплексного университетского образования. Он направлен на формирование представлений о неразрывном единстве всех компонентов географической среды, знаний об образующих ее структуру геосистемах. Курс «Геоэкология» базируется на анализе глобальных геоэкологических проблем человечества, особенностях их регионального и локального проявления. В нем рассматриваются теоретические и методологические основы геоэкологии, различные подходы к изучению изменений географической среды, происходящих в ходе естественных тенденций ее развития и антропогенного воздействия, геоэкологические аспекты функционирования природно-техногенных геосистем, возможные пути решения геоэкологических проблем и т. д. Изучение этого курса позволит студентам углубить свои знания в области разработки основ оптимизации взаимодействия человека и природы.

ЛЕКЦИЯ 1. ВВЕДЕНИЕ

Сущность современной географии заключается в изучении окружающего человека географического пространства, т. е. географической оболочки и географической среды, с целью оптимизации среды жизнедеятельности людей. Географическая среда – это часть географической оболочки, в наибольшей степени измененная человеком в процессе развития цивилизации и тождественная его современной окружающей среде, поскольку практически все земные сферы находятся под тем или иным антропогенным воздействием, приводящим к значительному изменению географического пространства. Под средой, окружающей человека, понимается совокупность абиотической, биотической и социальной сред, совместно и непосредственно оказывающих влияние на людей и их хозяйство.

На всем пути развития человеческого общества деятельность людей в большей или меньшей мере всегда была антагонистична природе. В истории взаимодействия человека с природой можно выделить *пять периодов*, различных по времени и силе воздействия людей на окружающую среду.

Первый период охватывает эру наиболее примитивной культуры каменного века и первобытнообщинного уклада жизни. Это был самый длительный период взаимодействия человека с природой, не вызвавший ее значительных изменений. Для него было характерно преклонение человека перед обожествленными им силами природы, пока еще таинственными, часто недобрыми, всегда неожиданными в своих проявлениях. Сравнительно малочисленные человеческие племена были в ту пору рассеяны по обширным пространствам Земли, и воздействие их на природу в основном ограничивалось рыболовством, охотой на диких животных и использованием отдельных горных пород для изготовления орудий труда и защиты. Хотя совместные захоронения многочисленных останков мамонтов, шерстистых носорогов и некоторых других животных, обнаруженные на широких пространствах северных равнин, указывают, что охота на них могла способствовать исчезновению этих животных.

Второму периоду соответствует время с начала землепользования (от VIII–VII вв. до н. э.) до становления промышленного производства (XV в. н. э.) Это период рабовладельческого и феодального общества, период активного развития скотоводства, земледелия и мореходства. Интенсивное сельскохозяйственное освоение земель, использование древесины как основного энергетического источника и строительного

материала приводило к сокращению площади лесных массивов, активизации эрозионных процессов и другим необратимым неблагоприятным изменениям окружающей среды. Развитие мореходства способствовало расширению морского промысла, прежде всего добычи китов. Этот промысел постепенно превращается в выгодное предпринимательство, а стадо китов начинает сокращаться и отходит все дальше от берегов, обживаемых человеком. Использование природных ресурсов вызывает необходимость познания законов природы, что приводит к ускорению развития науки – астрономии, медицины, математики, естествознания. Географические открытия этого времени коренным образом меняли представления о природе Земли, о ее лесных, водных, земельных и минеральных богатствах, раскрывали новые возможности использования этих богатств, казавшихся неисчерпаемыми. Из практического опыта познания природных законов формируются первые природоохранные положения, законодательства и традиции. В своих владениях феодалы часто устанавливали жесточайшие порядки относительно отстрела диких животных или вырубки лесов, выпаса на территории их владений скота. Хотя при ведении бесконечных междоусобных войн и захвате новых территорий они нередко варварски уничтожали все живое на завоеванных землях, что приводило к разрушению природных ландшафтов, потере плодородия земель, миграции и вымиранию народов.

Третий период охватывает время с XVI по конец XIX в. Это эпоха становления и развития капитализма, постепенной концентрации производительных сил, развития частного предпринимательства, постоянных захватнических войн, приведших к разделу мира. Для этого периода прежде всего характерно активное освоение минерально-сырьевых ресурсов, развитие горного дела, металлургии и добычи угля. Развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности привело к перераспределению химических элементов между недрами Земли и ее поверхностью, к нарушению геохимического баланса биосферы. Использование угля в качестве топлива, отсутствие дымоулавливающих и водоочистных сооружений приводили к быстрому загрязнению воздушного бассейна, речных систем, а местами – к деградации растительного покрова. В связи с расширением и совершенствованием производства в капиталистических странах начался интенсивный процесс урбанизации. На фоне неумеренной, никем не контролируемой на раннем этапе хищнической эксплуатации природных ресурсов, неизбежной в условиях жесточайшей конкурентной

борьбы и частной собственности на средства производства, все эти процессы привели к нарушению природных ландшафтов в промышленных районах, снижению плодородия земель на значительной территории.

Четвертый период взаимодействия человека с природой соответствует эпохе империализма и социальных революций (конец XIX–XX в.). В этот период концентрация производства, организация крупных промышленных объединений, охватывающих своим влиянием многие районы мира, приводят к расширению их воздействия на окружающую природу, оно приобретает региональный, а затем глобальный характер. Возникает ситуация, при которой стремительное изменение природы человеком становится препятствием для дальнейшего развития производства; создается реальная опасность истощения не только невозобновимых, но и возобновимых природных ресурсов. Гигантскими темпами возросла добыча нефти и газа. Нефть становится основным источником энергетического и химического сырья, транспортировка и переработка которого способствуют увеличению загрязнения среды и особенно океана. Значительная интенсификация горных разработок привела к повышению техногенного преобразования ландшафтов. Увеличилось и качественно изменилось геохимическое воздействие человека на природу. Создание обширных водохранилищ привело к изменению уровня грунтовых вод и водно-солевого баланса окружающих территорий, к развитию инженерно-геологических процессов на их берегах и в приповерхностных грунтах. Развитие производительных сил общества в XX в. потребовало многократно повысить выработку всех видов энергии, прежде всего электрической. Создание мощных тепловых электростанций способствовало возникновению совершенно нового – теплового загрязнения гидросферы и атмосферы. В свою очередь формирование теплового стока и зарегулирование речного стока привели к бурному развитию сине-зеленых и других водорослей, нарушению миграционных путей и поголовья ценных пород рыб, зарастанию водохранилищ, цветению в них воды и изменению окислительно-восстановительных процессов. Развитие транспорта и различного рода радиотехнических устройств привело к возникновению очагов шума и повышению его общего уровня, часто превышающего допустимые для человека и фауны нормы. Следует отметить, что ухудшение состояния окружающей среды и опасность истощения природных ресурсов привлекли внимание многих ученых к проблеме сохранения окружающей среды. Движение

за сохранение окружающей среды в конце XX в. приобретает во многих странах мира массовый характер. Ее охрана становится самостоятельной отраслью научных исследований, технических и проектных разработок, промышленного бизнеса и даже направлением политики. Возникает и формируется представление о коэволюции человека и природы.

Пятый период взаимодействия человека с природой соответствует современному этапу развития человечества. Это эпоха научно-гуманитарной революции. Перед человечеством неотвратимо встала задача разумного, рационального природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с охраной и воспроизводством окружающей среды.

С развитием общества, как уже отмечалось выше, степень антропогенного воздействия постоянно возрастает. Реальные сдвиги в нейтрализации этого влияния пока не очень велики, хотя ведутся значительные работы учеными разных специальностей. В этой связи возрастает необходимость более четкого теоретического обоснования, определения методологии изучения окружающей среды с целью оптимизации взаимодействия общества и природы. Сложность выполнения научных разработок в области природопользования, обусловленная необходимостью учета при их реализации целого ряда природных закономерностей и антропогенных факторов, вызывает необходимость вести широкие поисковые исследования, идти различными путями к их решению, используя для этой цели материалы и методы смежных с географией наук. Традиционные подходы к решению проблемы оптимизации взаимодействия общества и природы не могут удовлетворить постоянно возрастающие запросы практики и не всегда соответствуют современному уровню развития науки. Этими причинами и обусловлено появление в рамках наук географического цикла нового научного направления – геоэкологии.

Понятие о геоэкологии как новой самостоятельной науке географического цикла было введено в конце 30-х гг. XX в. К. Троллем в качестве синонима двух терминов предложенного им ранее термина «ландшафтная экология» и идентичного, по его представлениям, термина «биогеоценология». В рамках этой науки предполагалось объединение «горизонтального» и «вертикального» подходов исследования ландшафтов, изучение взаимодействия составных частей природного комплекса и воздействия общества на природную составляющую ландшафта путем анализа баланса вещества и энергии.

Затем, уже с другой смысловой нагрузкой, это понятие стало использоваться не только географами, но и биологами и геологами. Впервые термин «геоэкология» был опубликован в 1966 г. В настоящее время он применяется в географических, геологических, социальных и других науках при решении проблем природоохранной направленности. По сути, «геоэкология» – термин свободного пользования, требующий при его употреблении комментария, отражающего точку зрения автора.

Современные географы – сторонники нового научного направления – трактуют содержание геоэкологии более широко, чем К. Тролль. Во-первых, в объект исследования включаются не только природные, но и антропогенные ландшафты. Во-вторых, обозначается целевая направленность науки – оптимизация природопользования. Во всех случаях геоэкология определяется как наука о взаимоотношениях человека с окружающей средой, общества с природой, хотя не всегда четко формулируется предмет ее исследования, цели и задачи.

По мнению автора, *геоэкология* – это область географической науки, занимающаяся изучением географической среды и слагающих ее природных и природно-антропогенных геосистем с использованием гуманитарно-экологического подхода с целью разработки теоретических основ, принципов и нормативов рационального природопользования, устойчивого развития общества и оптимизации его взаимодействия с окружающей средой.

Объект изучения геоэкологии – географическая среда как часть географической оболочки, преобразованная человеком. Предмет геоэкологии – изучение природных и природно-антропогенных геосистем различного иерархического уровня на основе гуманитарно-экологического подхода. Гуманитарно-экологический подход – это совокупность взглядов и действий, выражающихся в уважении достоинства и прав человека, его ценности как личности, заботе о благе людей, их всестороннем развитии, создании благоприятных для человека условий среды жизнедеятельности с учетом экологических ограничений.

Данная трактовка геоэкологии позволяет устанавливать границы исследуемых геосистем в зависимости от решаемой задачи, объединить две ветви географии (физическую и социально-экономическую) для решения насущных практических задач рационального природопользования.

Геоэкология является теоретической и методологической основой рационального природопользования, она призвана решать проблемы, связанные с созданием и сохранением оптимальной среды жизнедеятельности человеческого общества при минимальных изменениях окружающей среды.

Некоторые ученые отрицают возможность соединения в учебно-научном направлении таких понятий, как «экология и природопользование». Поскольку, по их мнению, экология – это наука о природе для живых организмов, об их взаимоотношениях и зависимостях, а природопользование – это учение об использовании природы, о способах ее разрушения, освоении природных ресурсов, реализации мероприятий для блага человека за счет природы. Но эти несовместимые вещи тесно взаимосвязаны и требуют совместного изучения именно с точки зрения их противоположности, с применением новых теоретических подходов, методологии исследования и анализа эффектов.

Основная *цель* геоэкологии – сведение к минимуму негативных последствий разнообразной эксплуатации природы человеческим обществом, поэтому ее *главными задачами* являются: изучение природных и природно-техногенных геосистем различного иерархического уровня с целью оптимизации их функционирования, динамики и эволюции; исследование источников антропогенного воздействия на природную среду, их интенсивности и пространственно-временного распределения; изучение проблем организации и проведения мониторинга окружающей среды; оценка, моделирование и прогноз последствий антропогенных воздействий на глобальном, региональном и локальном уровнях; геоэкологическое исследование устойчивости природной среды, которая подвергается антропогенному воздействию; разработка рекомендаций по сохранению целостности географической среды путем оптимизации хозяйственной деятельности человеческого общества и регламентации ресурсопотребления и др.

Теоретические и методологические основы, логическая структура геоэкологии пока разработаны недостаточно и нуждаются в дальнейшем развитии на базе общефилософских представлений, методологии системного анализа, географических и экологических законов, правил и принципов, что в итоге обеспечит решение проблемы сознательного управления взаимодействием общества и природы.

ЛЕКЦИЯ 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОЭКОЛОГИИ

Аксиоматические положения геоэкологии. Современный уровень географических и экологических знаний позволяет принять ряд аксиом и положений в качестве базиса, на котором можно продолжить разработку теории геоэкологии. Аксиомы геоэкологии вытекают из общегеографических.

Построение методологической основы геоэкологии базируется на проверенных всеми науками законах диалектического материализма (о реальности мира, его единстве, всеобщей связи явлений, о его движении и изменении) и на нескольких основных предгеографических аксиомах, представляющих собою доказанные общенаучные обобщения, которые в геоэкологии могут приниматься без доказательств. Такими аксиомами выступают системная, иерархическая, временная, планетарная и землеведческая.

Системная аксиома. Мир, в котором мы живем, системен, т. е. характеризуется взаимосвязанными образованиями, в которых различные элементы, связанные отношениями, образуют нечто целое, единое, отличаемое от их среды и связанное с нею.

Иерархическая аксиома. Как среда любой земной системы, так и ее элементы при ближайшем рассмотрении сами выступают как системы. Любая система состоит из систем низшего ранга и входит в системы высшего ранга. Таким образом, мир, в котором мы живем, обладает иерархическим устройством. Следствием этого является наличие в системах низшего ранга общих, изоморфных, свойств, отражающих свойства системы более высокого ранга.

Временная аксиома. Все, что мы наблюдаем в современном исследовании, есть следствие развития того фрагмента материального мира, который мы изучаем. В то же время это лишь момент в общем ходе прошлого и будущего развития.

Планетарная аксиома. Планеты Солнечной системы обладают наличием внешних планетных оболочек, которые как системы характеризуются взаимодействием вещества нескольких планетных сфер. Системы эти открытые, связанные с экзогенными и эндогенными источниками энергии. Для них характерны черты пространственной горизонтальной дифференциации, обусловленной циркуляцией атмосферы, неравномерностью современных или былых тектонических процессов и распределения солнечного тепла, а также историей существования.

Землеведческая аксиома. Географическая оболочка Земли характеризуется, кроме всех вышеперечисленных свойств любой планетной оболочки, наличием обусловленных эволюцией Земли живых организмов, деятельность которых определила многие черты состава земных оболочек; а также человечества, появление которого вызвало изменение биоты, частичное изменение газового состава атмосферы, свойств гидросферы и литосферы. Пространственная дифференциация на Земле связана с неравномерным распределением солнечной энергии, обусловленным сферической формой Земли, различием теплостойкости океанов и суши, макрорельефом, сформировавшимся в ходе эволюции Земли, неравномерностью растительного покрова, деятельностью человечества.

Эти пять аксиом, из которых первые три являются общенаучными, а две последних космо- и геогенетическими, рисуют картину мира, в котором существуют геосистемы и черты которого они отражают.

Геосистемная концепция. Учение о системах является одним из выражений фундаментального принципа диалектического материализма о всеобщей взаимосвязи и взаимодействии предметов и явлений природы. Возникновение и становление системного подхода в современном естествознании связано с объективной потребностью в упорядочении и осмыслении множества новых фактических данных о природных объектах, изучении их внутренних и внешних связей с целью синтеза естественнонаучных представлений об окружающей среде, о конструировании целостной картины живой природы и прогнозирования ее развития.

В общем смысле под системой понимают любое целенаправленное множество упорядоченных взаимосвязанных элементов, объединенных в единое целое, способное выполнять заданную функцию. Система основывается на связи между объединенными элементами. Элемент, не имеющий хотя бы одной связи с другими, не входит в рассматриваемую систему. Система обладает рядом особых признаков, отличающих ее от простого множества. Это принципы целостности, структурности, взаимосвязанности системы и среды, иерархичности, множественности описания системы и др.

Одним из основных методов исследования геосистем является системный анализ. Под последним понимают систематизированное изучение сложного объекта, проводимое для выяснения возможностей улучшения функционирования этого объекта. Системный анализ опи-

рается на математический аппарат. Но его нельзя отождествлять с формальным математическим методом, пригодным лишь для описания или решения какой-либо проблемы. Системный анализ – это стратегия научного поиска, логическая нормативная методология, ее понятийный аппарат, идеи, подходы и установки.

Методология системного анализа получила широкое распространение в различных отраслях науки, в том числе в геоэкологии. Она позволяет эффективно решать сложные, мало изученные проблемы, открывает перед ней новые возможности развития теоретических представлений и их прикладного использования.

В 1963 г. В. Б. Сочава предложил называть объекты, изучаемые физической географией, геосистемами. По его мнению, геосистема – это особый класс управляющих систем, земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом.

До сих пор существуют различия в определении понятия «геосистема», во взглядах на его объем и содержание. Одни ученые под понятием «геосистема» понимают природное образование. Другие считают, что это понятие можно применять для обозначения любых территориальных комплексов, сформировавшихся на поверхности Земли. Такое широкое толкование геосистемы не является недостатком – оно свидетельствует о стремлении географов разных специальностей использовать системный подход в своей работе. Поэтому применение понятия геосистемы для обозначения самого широкого круга территориальных объектов, по мнению автора, правильно. В слове «геосистема» первая часть указывает на территориальность как важное свойство системы. Это необходимо подчеркнуть потому, что многие системы не являются территориальными (например, организмы животных, человека, сложные технические устройства, языковые системы и др.). Таким образом, геосистемы выявляются на определенной территории. Значит, на их специфику будут влиять площадь, конфигурация и другие территориальные особенности.

Все понятия, характеризующие геосистемы, разделяются на две группы. К первой группе относятся понятия, характеризующие их внутреннее строение: «элемент», «компонент», «связь», «отношение», «среда», «целостность», «структура», «организация» и др. Ко второй – относящиеся к функционированию: «функция», «устойчивость», «равновесие», «регулирование», «обратная связь», «управление» и

др.). Кроме того, геосистемы характеризуются с точки зрения формирующих их процессов: «генезис», «эволюция», «становление» и др.

При всем многообразии трактовок понятия «геосистема» их объединяет главное – признание геосистем, системами реально существующими на земной поверхности, подчиняющимися принципам всеобщей связи, взаимообусловленности и развития. Свойства геосистем определяются их иерархическим уровнем, теснотой связи слагающих их компонентов и происходящими в них эволюционными и динамическими процессами. Геосистемы, являясь открытыми системами, обладают пространственно-временной организацией, обусловленной взаимосвязанностью, качественными отличиями состояния и различиями связей со средой образующих их компонентов.

Под *компонентами геосистем* понимают крупные постоянные составные части их вертикального строения или входящие в них фрагменты отдельных сфер географической оболочки: литосферы, гидросферы и биосферы. Взаимодействие и развитие геосфер усложняет свойства геосистем. В связи с этим при их анализе возникает необходимость расчленения компонентов на элементы. *Элементы геосистем* – простейшие частицы компонентов, из комбинации которых складывается многообразие объектов реального мира. Элементы, как правило, характеризуют отдельные свойства или состояния компонентов. Однако геосистема – это не просто хаотическая совокупность элементов, а сложное материальное образование, пространственно-временная система, обладающая определенной структурой и развивающаяся как единое целое.

Связи в геосистемах играют огромную роль, так как именно они определяют целостность геосистемы, ее устойчивость. Существуют различные классификации этих связей по интенсивности, направленности и т. д. В геосистемах прежде всего различают вертикальные (межкомпонентные) и горизонтальные (межгеосистемные) связи. Они тесно взаимодействуют между собой и переходят друг в друга. Они могут быть односторонними, двусторонними, прямыми, обратными, положительными, отрицательными и т. д.

Процесс взаимосвязей в геосистемах не является простой передачей вещества, энергии и информации между компонентами или геосистемами. Под влиянием внешних факторов или саморазвития вещественно-энергетические и информационные потоки постоянно трансформируются и геосистемы приобретают или утрачивают прежние

свойства, то есть изменяются. Процесс изменения геосистем осуществляется в ходе их функционирования, динамики и эволюции.

Под *функционированием геосистем* понимается совокупность всех процессов перемещения, обмена и трансформации вещества, энергии и информации, обеспечивающая сохранение длительного, устойчивого их состояния, имеющего ритмичный характер, но не сопровождающегося переходом из одного серийного состояния в другое. *Динамика геосистем* – изменения, не сопровождающиеся сменой их инварианта. *Эволюция геосистем* – это необратимое поступательное изменение геосистем, обусловленное воздействием внешних и внутренних факторов, приводящее к смене их инварианта.

С функционированием и динамикой геосистем тесно связан ряд их свойств, таких как *устойчивость* – способность сохранять инвариантные свойства и характер функционирования при внешних воздействиях, *саморегулирование* – способность поддерживать на определенном уровне типичные состояния, режимы и связи между компонентами; *гетерохронность* – сосуществование в геосистеме элементов различного возраста; *унаследованность* – сосуществование элементов, которые включены в систему энергомассообмена геосистем, но возникли и оптимально функционировали при иных условиях; *инерционность* – способность некоторых элементов прошлой геосистемы существовать в условиях современного режима; *транзитивность* – способность элементов геосистемы при различных гидротермических условиях переходить из зонального состояния в провинциальное; *лабильность* – способность отдельных элементов геосистемы изменяться с различной скоростью.

Сопоставление понятий «система», «геосистема», «природно-территориальный комплекс» (ПТК), «ландшафт» позволяет сделать вывод об общности их основных свойств как сложных динамических систем и определить их некоторые отличительные особенности.

Понятие «геосистема» более широкое, чем ПТК или «ландшафт», поскольку охватывает весь иерархический ряд природных и природно-антропогенных географических единств. Кроме того, для конструирования геосистем не существует ограничений; достаточно двух объектов, между которыми существуют какие-либо отношения. Понятие «комплекс» предполагает не любой, а строго определенный набор взаимосвязанных компонентов. Число комплексов не может быть бесконечным. В ПТК должны входить некоторые обязательные компоненты. Отсутствие хотя бы одного из них разрушает комплекс.

Кроме основных рассмотренных нами свойств геосистемы обладают и другими, позволяющими заключить, что *геосистемы* – это сложные динамические системы, представляющие собой целостные образования с устойчивой структурой внутренних и внешних связей, позволяющей им обмениваться веществом, энергией и информацией как между собой, так и с окружающей средой.

ЛЕКЦИЯ 3. БАЛАНСОВЫЕ УРАВНЕНИЯ ГЕОСИСТЕМ. РОЛЬ БИОТЫ В ГЕОСИСТЕМАХ

Исследование функционирования геосистем должно основываться на функционально-динамическом подходе, а количественные характеристики функционирования и соотношение между внутренним и внешним вещественно-энергетическим обменом изучаться посредством анализа их балансовых уравнений.

Анализ балансовых уравнений геосистем является одним из главных средств их познания. Основное назначение *балансового метода* – изучение и количественная характеристика динамических явлений, связанных с перемещением вещества и энергии внутри геосистем и между ними в процессе их функционирования. Основными балансами, описывающими процессы функционирования геосистем, являются энергетический, водный и биогеохимический.

Энергетический баланс. Важнейший энергетический источник функционирования геосистем – лучистая энергия солнца. Доля участия других потоков энергии, связанных с излучением небесных тел, тектоническими процессами, вулканической деятельностью и т. д., весьма небольшая. Обеспеченность солнечной радиацией, ее способность превращаться в тепловую, химическую или механическую энергию определяет интенсивность функционирования геосистем. Все вертикальные и горизонтальные связи в геосистемах прямо или косвенно связаны с трансформацией солнечной энергии. Она обуславливает пространственную и временную упорядоченность метаболизма в геосистемах, цикличность их функционирования.

Радиационный баланс (R) геосистем описывается уравнением: $R = (I + i)(1 - A) - (E_z - \sigma E_a)$, где I – прямая и i – рассеянная солнечная радиация; A – альбедо поверхности; E_z – собственное излучение поверхности; E_a – встречное излучение атмосферы; σ – относительный коэффициент поглощения длинноволновой радиации земной поверхностью.

Радиационный баланс и его составляющие являются важнейшими геоэкологическими характеристиками геосистем, позволяющими исследовать процессы их функционирования. Положительные или отрицательные величины радиационного баланса компенсируются несколькими потоками тепла. В результате перемещения этих потоков тепла в геосистемах происходит цикличное изменение температуры воздуха и почвы. Величина и интенсивность теплообмена зависят от влажности воздуха и почвы, литологического состава грунтов, растительного покрова и других факторов. Значительное количество радиационного баланса затрачивается на физическое испарение и транспирацию, т. е. суммарное испарение. Алгебраическая сумма рассмотренных выше тепловых потоков, приходящих на земную поверхность и уходящих от нее, составляет тепловой баланс геосистем и описывается выражением: $R + P + B + LE = 0$, где R – радиационный баланс; P – турбулентный поток тепла между земной поверхностью и атмосферой; B – поток тепла между земной поверхностью и нижележащими слоями почвы; LE – поток тепла, связанный с фазовыми преобразованиями воды, испарением и конденсацией.

Другие составляющие теплового баланса, не включенные в уравнение, такие как потоки тепла от диссипации энергии ветра, поток тепла переносимый ветром, расход энергии на таяние льда или снега, физическое разрушение горных пород, фотосинтез и т. п., значительно меньше основных членов баланса и обычно их не принимают во внимание при его анализе. Тем не менее, эти потоки играют существенную роль в функционировании геосистем, и более полное уравнение теплового баланса имеет вид: $R = L(E + T - C) \pm P \pm B \pm F \pm A$, где E – физическое испарение; C – конденсация водяных паров; L – скрытая теплота парообразования; F – затраты тепла на фотосинтез; A – различные адвекции тепла.

Предложенная схема транспортировки лучистой энергии солнца в геосистемах охватывает почти все возможные ее потоки. Однако для разных геосистем она будет различаться в соответствии с их функционированием в конкретном состоянии.

Водный баланс. Влагооборот в геосистемах включает в себя обмен водными потоками между их компонентами и элементами. В процессе превращения, перемещения и изменения водных потоков в них образуются растворы, коллоиды, осуществляется транспортировка и аккумуляция химических элементов, происходят биогеохимические реакции. Интенсивность влагооборота и его структура индивидуальны

для различных геосистем и зависят от энергообеспеченности, климатических условий, характера литогенной основы, почв, растительности и других факторов.

Процесс влагооборота в геосистемах может быть описан уравнением водного баланса, отражающим соотношение между его составляющими, то есть статьями прихода и расхода воды. Основной приходной статьёй водного баланса является сумма осадков, проступающих в геосистемы из атмосферы ($\Theta_{ос}$). Часть этих осадков перехватывается растительным покровом ($\Theta_{рп}$), остальные в основном поступают на поверхность почвы ($\Theta_{п}$) и расходуются на поверхностный сток ($\Theta_{пов.с}$), инфильтрацию в почве ($\Theta_{ин}$) и подземный сток ($\Theta_{подз.с}$). К расходным статьям водного баланса геосистем также относятся затраты тепла на физическое испарение с поверхности почвы и растений ($\Theta_{фи}$) и транспирацию ($\Theta_{тр}$). Кроме того, заметную роль в водном балансе геосистем могут играть различные горизонтальные адвекции влаги ($\Theta_{ад}$). Таким образом, если начальное количество влаги в геосистеме принять за $\Theta_{н}$, а конечное за $\Theta_{к}$, то уравнение ее водного баланса примет вид: $\Theta_{к} - \Theta_{н} = \Theta_{рп} + \Theta_{п} - \Theta_{пов.с} - \Theta_{ин} - \Theta_{подз.с} - \Theta_{фи} - \Theta_{тр} - \Theta_{ад}$ или $\Delta\Theta_{г} = \Theta_{ос} - \Theta_{сс} - \Theta_{си} + \Theta_{ад}$, где $\Delta\Theta_{г} = \Theta_{к} - \Theta_{н}$; $\Theta_{ос} = \Theta_{рп} + \Theta_{п}$; $\Theta_{сс} = \Theta_{пов.с} + \Theta_{подз.с} + \Theta_{ин}$; $\Theta_{сс}$ – суммарный сток; $\Theta_{си}$ – суммарное испарение; $\Delta\Theta_{г}$ – водно-балансовый индекс геосистемы.

Если за многолетний период водно-балансовый индекс больше нуля, в геосистеме наблюдается прогрессирующее увлажнение; если меньше – иссушение. Нулевое значение $\Delta\Theta_{г}$ соответствует динамическому равновесию водных потоков в геосистеме.

При рассмотрении основных составляющих водного баланса геосистем не было учтено количество воды, расходуемое на фотосинтез и некоторые другие процессы, так как ее количество, как правило, меньше точности определения всех остальных составляющих водного баланса. Однако, ее роль в функционировании геосистем, формировании их геоэкологического потенциала весьма значительна.

Биогеохимический баланс. Специфическим выражением сущности геосистем, позволяющим определить внутренние причины, основу их динамики и развития, выявить значение в формировании геосистем внешних условий, являются процессы образования и разрушения органического вещества, протекающие в рамках биогеохимического цикла их функционирования.

Под биогеохимическим круговоротом понимается вся совокупность процессов обмена веществом между биотическими и абиотиче-

скими компонентами геосистем. Основные потоки движения органического вещества в процессе биогеохимического круговорота в геосистемах можно представить в виде балансового уравнения за какой-либо отрезок времени: $\Delta F = F_{\text{нф}} - F_{\text{кф}} = F_{\text{ос}} - F_{\text{тр}} + F_{\text{п}} + F_{\text{с}} + F_{\text{ж}} \pm F_{\text{в}} \pm F_{\text{а}}$, где $F_{\text{нф}}$ и $F_{\text{кф}}$ – соответственно начальное и конечное количество органического вещества, образовавшееся в геосистеме в результате фотосинтеза; ΔF – коэффициент эффективности биогеохимического цикла геосистемы; $F_{\text{ос}}$ – поступление химических элементов с осадками; $F_{\text{тр}}$ – вынос химических элементов с транспирацией; $F_{\text{п}}$ – переход химических элементов из опада и опада в почву и поступление элементов питания в растения; $F_{\text{с}}$ – вынос или поступление органического вещества с поверхностным, внутрипочвенным и подземным стоком; $F_{\text{ж}}$ – потребление химических элементов животными при поедании растений или поступление химических элементов в почву с трупами животных или их экскрементами и другими выделениями; $F_{\text{в}}$ – вынос или поступление органического вещества с воздушными массами; $F_{\text{а}}$ – антропогенное внесение или изъятие органического вещества.

Глобальный круговорот вещества состоит из запасов (резервуаров) и потоков. Как правило, суммарная величина запасов значительно больше, чем потоков, что обеспечивает устойчивость круговорота. Одна из важных количественных характеристик – среднее время оборота вещества, вычисляемое как отношение запаса к потоку. Оно может определяться также для любой ветви круговорота. Из отдельных химических элементов важнейшими геоэкологическими характеристиками географической среды являются глобальные биогеохимические циклы углерода, азота, фосфора и серы.

При сравнении геосистем по отдельным показателям функционирования обращает на себя внимание их определенное соответствие друг другу. Анализ системы балансовых уравнений дает возможность изучить взаимосвязи и взаимообусловленность их составляющих, выразить эти зависимости в виде уравнений связи двух и более элементов балансов, исследовать процессы их взаимодействия и роль в формировании геоэкологического потенциала геосистем. Он также позволяет выявить наиболее существенные факторы, определяющие условия жизнедеятельности человека, дает возможность количественно оценить их роль и степень участия в формировании среды его обитания.

Следует отметить, что отличительная особенность вещественно-энергетических круговоротов и балансов географической среды – высокая степень их замкнутости и сбалансированности, в то время как деятельность человека ведет к разомкнутости и, следовательно, к неустойчивости геосистем. Нарушения замкнутости как локальных геосистем, так и глобальных циклов приводят к серьезным геоэкологическим проблемам.

Биота – исторически сложившаяся совокупность живых организмов, объединенных общей областью распространения. Живые организмы играют огромную, определяющую, роль в формировании и функционировании геосистем. Именно они превратили Землю в планету, резко отличающуюся от других. Биота обеспечивает стабильность окружающей среды, поддерживая оптимальные условия ее существования.

Функционирование биоты основано на физико-химических и молекулярно-биологических закономерностях. Один из самых важных природных процессов в географической среде – фотосинтез. При образовании органического вещества в процессе фотосинтеза растения, в дополнение к углероду, водороду и кислороду, превращают в органическое вещество азот и серу. Фотосинтезированное органическое вещество – это важнейший возобновимый ресурс географической среды, основа всей жизни и мощный регулятор глобальных биогеохимических циклов.

Для фотосинтеза используется менее одного процента поступающей к поверхности Земли солнечной радиации. В то же время, по абсолютной величине суммарная энергия, затрачиваемая на фотосинтез, значительна. Она на порядок превышает количество энергии, потребляемой человеческим обществом.

Наряду с синтезом органического вещества в природе, происходит и его разложение, или деструкция, то есть распад органических структур на составные части, включая питательные (биогенные) вещества, с выделением энергии. В этом процессе биота играет определяющую роль. На глобальном уровне, главным образом вследствие деятельности биоты, устанавливается с очень высокой степенью точности баланс между продукцией и деструкцией органического вещества. Тем самым обеспечивается устойчивость цикла углерода, важнейшего биогеохимического цикла. Кроме того, биота осуществляет эффективное управление потоками и концентрацией биогенных эле-

ментов, определяя тем самым устойчивость соответствующих глобальных биогеохимических циклов.

В процессе фотосинтеза также образуется кислород. Именно благодаря деятельности биоты атмосфера Земли имеет значительное содержание кислорода. Одним из фундаментальных последствий формирования кислородной атмосферы было образование озонового слоя, отсекающего наиболее губительную для живых организмов часть ультрафиолетовой солнечной радиации, что позволило биоте в процессе ее эволюции выйти из океана на сушу. Важнейшую роль биота играет в выветривании горных пород и образовании почв: микроорганизмы обеспечивают эффективное формирование большей части мелкодисперсной фракции почв, играющей определяющую роль в плодородии почвы. Это далеко не полный перечень важнейших глобальных процессов, в которых биота играет определяющую или важную роль.

ЛЕКЦИЯ 4. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИИ

Научное исследование включает два уровня: эмпирический и теоретический. *Эмпирическое знание* охватывает этапы получения информации, ее обработки и простейших обобщений. Оно формируется при непосредственном контакте исследователя с объектом исследования в ходе наблюдений и экспериментов. Разграничение эмпирического и теоретического не имеет жесткого характера, так как при наблюдениях, экспериментах используются определенные теоретические представления.

Исходным этапом эмпирического уровня является сбор информации в результате целенаправленной познавательной деятельности. В настоящее время существует сложившаяся система наблюдений, в которую входят: *методы непосредственных наблюдений*, когда наблюдатель, исследователь находятся в прямом контакте с объектом наблюдения, исследования; *методы опосредованные*, при которых контакт с объектом наблюдения осуществляют специальные устройства – датчики, преобразующие температуру, давление, состав и свойства вещества и иные контролируемые величины в сигналы, удобные для передачи и регистрации; *методы дистанционные (бесконтактные)*, с помощью которых информация о состоянии объекта наблюдения регистрируется на расстоянии от него.

Возможность и результативность использования информации при построении теории и практическом решении геоэкологических проблем определяются многими свойствами: надежностью, релевантно-

стью, кондиционностью и другими отражающими ее качество. Качество получаемой информации также зависит от квалификации исполнителей (наблюдателей); характера свойств используемых технических средств регистрации и обработки данных; методов работы, то есть технологии преобразования и применения информации; организации наблюдений, сбора, систематизации и хранения данных. Критериями надежности служат полнота, точность и достоверность информации.

Результаты наблюдений представляются в виде изображений; баз данных на компьютерных носителях информации, которые вместе с программами обработки входят в состав геоинформационных систем; каталогов; таблиц и т. д.

Информация геоэкологического содержания используется для разных целей, связанных с рациональным природопользованием и охраной окружающей среды. Каждое явление требует определенной системы наблюдений во времени. Наиболее полная информация о состоянии окружающей среды получается в результате мониторинговых наблюдений.

Теоретические методы. Обобщение эмпирических фактов вплоть до формирования законов и теорий совершается на теоретическом уровне с использованием абстрагирования, анализа, синтеза, правил абстрактной логики, теории подобия и аналогии, а также различных общенаучных и конкретно-научных принципов и методов.

Научное абстрагирование. Объект, предмет, процессы и явления, изучаемые геоэкологией, настолько велики и сложны, что непосредственное исследование их часто невозможно. Выход из положения заключается в замене реальных объектов моделями или идеальными объектами. Идеальные объекты (и соответствующие им идеальные понятия) представляют собой отражение, подобие реальности и конструируются исследователем из некоторого набора свойств, присущих реальности. При этом второстепенные свойства не учитываются. В природе таких идеальных объектов нет. Однако они отражают существенные стороны реального мира, удобны как исследовательские модели и поэтому являются совершенно необходимыми элементами научного познания.

Метод аналогии. Непосредственное изучение и описание каждого объекта географической среды требуют больших материальных затрат и времени. Методом, позволяющим существенно сократить время на познание, является получение знаний по аналогии. В этом случае гео-

экологическому объекту или процессу подбирают аналог в другой системе, которая достаточно изучена, и знания о нем переносят на изучаемый геоэкологический объект.

Информационный анализ. Многие исследования строятся на основе представлений о передаче информации в географической среде. Процессы, происходящие в одних объектах, отображаются в других – в их составе и структуре, распределении вещества и энергии. Поэтому по характеристикам одних объектов мы можем судить о других. Отличия такого подхода от метода аналогии заключаются в том, что аналогия предполагает некоторую идентичность сравниваемых объектов, тогда как в данном случае речь идет о получении любой информации. Следует отметить, что в геосистемах происходит не только передача информации, но и ее накопление, перекодирование. Информация, передаваемая в геосистемах, овеществляется в их структуре, т. е. характере распределения элементов, вещества, в пространственно-временной неоднородности геосистем. Таким образом, структура – это зафиксированная история процессов или записанная информация о событиях.

Структурный анализ. В последние десятилетия существенную роль приобрел тип анализа, основой которого является изучение взаимодействия составных частей геосистем в целом. Иначе говоря, поиск факторов и причин тех или иных особенностей геосистем ведется не за их пределами, а связывается со структурой взаимодействия составных частей объекта. Такой тип анализа можно также назвать кибернетическим, поскольку его основные элементы и аппарат заимствованы из кибернетики.

Ключевым понятием этого типа анализа является обратная связь. Различают положительные и отрицательные обратные связи. Первые усиливают внешнее воздействие на объект, вторые способствуют погашению внешних воздействий. Сочетание положительных и отрицательных обратных связей, наблюдающихся в геосистемах, приводит к возникновению сложных «цепных реакций», к формированию свойств геосистем, которые невозможно объяснить и предсказать с помощью других видов анализа.

Позиционный анализ. Инструментом геоэкологического анализа все чаще становится также позиционный подход. В его основе находится определение положения или позиции геоэкологического объекта относительно потоков вещества и энергии, энергетических полей, природных или антропогенных тел.

Принцип всеобщей связи явлений. Это один из самых универсальных принципов, устанавливающий невозможность независимого существования явлений на земной поверхности. Он ориентирует исследователя на поиски причин явлений, а знание причин позволяет более успешно осуществлять прогноз и регулировать функционирование геосистем.

Частное выражение принципа всеобщей связи явлений – принцип целостности географической среды: изменение любой ее части приводит к изменению всех других, хотя изменения в этой цепи происходят неравномерно в пространстве и во времени.

Взаимодействия порождают эффект эмерджентности – появление у взаимодействующих объектов новых свойств, отсутствующих у каждого из них в отдельности. Если бы эмерджентность географической среды отсутствовала, то для геоэкологов исчезло бы поле деятельности, поскольку все ее отдельные компоненты изучаются географией, геологией, биологией и другими науками.

Принцип историзма. Этот принцип в геоэкологии определяет необходимость рассмотрения взаимодействия природы и общества с учетом истории его развития. Принцип является составной частью сравнительно-исторического метода, позволяет на основе анализа современной картины окружающей среды воспроизводить ее условия в прошлом.

Экологический принцип. Если явление рассматривается в качестве среды для другого явления, налицо экологический принцип исследования. В этом случае то, ради чего изучается среда, называется «субъектом рассмотрения». Субъектом может быть организм, вид, биоценоз, как это принято в классической экологии. Но субъектом могут выступать также геосистема, атмосфера или океан, система влагооборота или почва. Объектом (средой) является все то, что влияет на состояние субъекта. В зависимости от субъекта таких отношений можно выделить биоэкологию (субъект – организм (вид), популяция, биоценоз) и геоэкологию (субъект – природная или природно-антропогенная геосистема любого ранга).

Эксперименты – методы геоэкологии, к числу которых относятся: натурные эксперименты, связанные с организацией направленных воздействий на природные или природно-антропогенные геосистемы и изучением их реакций; модельные эксперименты, которые осуществляют на аналогах определенных природных или природно-антропогенных геосистем в лаборатории или на компьютере. Экспе-

риментами иногда называют и наблюдения в контролируемых условиях.

Моделирование. Модель – это упрощенное воспроизведение изучаемого объекта в виде физической конструкции, совокупности математических формул, карты, блок-диаграммы и др. Классификации моделей основаны на характере моделируемых объектов, разнообразных свойствах моделей, форме отображения ими реальности, способе реализации, сфере приложения и т. д. По способу реализации модели, применяемые в геоэкологии, делятся на три класса: вербальный, графический и математический. Внутри классов выделяются роды, виды и группы моделей. Вербальные (словесные) модели – это любое описание, выполняющее функцию замещения объекта в процессе его исследования. К графическому классу относятся модели, где элементы геосистем и их связи исследуются с помощью геометрических фигур и стрелок. В математический класс входят модели, где объекты, связи и процессы отображаются с помощью математических символов. Анализ модели (как и эксперимент с моделью) позволяет получить новые знания. Построение моделей является вынужденной мерой, обусловленной невозможностью исследовать реальный объект во всей его сложности. Естественно, что упрощение не должно касаться наиболее важных с точки зрения решаемых задач элементов. Модель обычно строится также на основе преобразования масштабов: пространственных и временных. Геоэкологическая модель всегда меньше по размерам реального объекта. Если модель динамическая, то, как правило, воспроизведение процессов идет с большей скоростью по сравнению с реальными условиями.

Сложность устройства окружающей среды значительно ограничивает возможность использования физических конструкций (т. е. моделей в самом прямом смысле) для воспроизведения процессов. Гораздо более эффективны математические модели. Математическое моделирование позволяет воспроизводить процессы при учете разных факторов, исключая одни и вводя другие. В этом случае реализуется классическая схема экспериментов, характерная для физики, химии, физиологии и ряда других наук.

Следует отметить, что реализация моделирования как средства познания при проведении геоэкологических исследований имеет ряд особенностей, обусловленных необходимостью учета большого количества сложных взаимоотношений разнокачественных природных и антропогенных образований. В ходе изучения геоэкологических объ-

ектов модель выполняет различные функции: нормативную, собирательную, эталонную, систематизирующую, объяснительную, конструктивную, коммуникативную, прогнозирующую и др. Следует отметить, что ряд моделей взаимозаменяем и совместное их использование ускоряет процесс познания, усиливает системный эффект исследования.

При разработке геоэкологической модели геосистем исследовать абсолютно все связи практически невозможно и вряд ли целесообразно, так как многие из них несущественны и незначительно влияют на их функционирование и динамику. При построении модели необходимо стремиться к достижению оптимального уровня ее сложности. Казалось бы, более совершенная модель позволяет полнее учесть сложности реального объекта и уменьшает неопределенность, присущую модельным исследованиям и прогнозам. Но в то же время можно предположить возрастание неопределенности, связанное с ошибками измерения новых параметров, вводимых в модель при ее усложнении. В связи с этим разумное упрощение модели, уменьшение количества включенных в нее характеристик представляется логичным и обоснованным.

Геосистему, ее структуру и протекающие в ней процессы можно представить графически в виде «черного ящика» или простейшей блоковой модели. В этом случае внутреннее строение геосистемы не рассматривается, и она изучается как единое целое. Более сложные системы можно изобразить в виде «черных ящиков», состоящих из множества более простых «черных ящиков». Согласно принципу иерархической организации, для предсказания поведения системы не обязательно точно знать структуру строения ее компонентов из более простых субкомпонентов. Кроме того, одним из фундаментальных положений кибернетики является утверждение, что в области решения прикладных задач системного анализа метод «черного ящика» может оказаться основным способом исследования и является вполне полноправным научным методом.

Построение блоковых моделей является одним из этапов системного анализа, позволяет уяснить основные взаимосвязи изучаемой геосистемы, возможные результаты ее функционирования и необходимо для более сложного, детального математического моделирования. По мере детализации исследований геосистемы с учетом оптимизации уровня ее сложности, в соответствии с задачей моделирования, «черный ящик» переходит в «серый», а затем в «белый», где процессы

функционирования и динамики геосистемы изучаются с максимальной необходимой детальностью.

Мониторинг – система наблюдений, оценки и контроля за состоянием окружающей человека природной средой с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному использованию природных ресурсов и предупреждению о критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, за существованием живых организмов и их сообществ, природных объектов и комплексов, прогнозирования масштабов неизбежных изменений. В настоящее время классы, или уровни, мониторинга выделяются либо в соответствии с пространственно-временными параметрами контролируемых процессов (при этом выделяют три класса систем мониторинга – локальный, региональный, глобальный), либо в соответствии с целями контроля (предполагают выделять три уровня – биоэкологический (санитарно-гигиенический), геоэкологический (геосистемный) и биосферный. Кроме этого, мониторинг различают по методам ведения и объектам наблюдения (авиационный, космический, окружающей среды и др.).

Картографический метод позволяет воспроизвести основные геоэкологические объекты и явления в естественной пространственной последовательности. В целом картографический метод исследования заключается в использовании карт с целью познания отраженных на них объектов и явлений: получения сведений (качественных и количественных характеристик), изучения взаимосвязей и взаимозависимостей, установления их динамики и эволюции, составления прогнозов.

Картографическое изображение абстрактно, генерализовано за счет целенаправленного отбора и идеализации объектов, исключения незначительных и малосущественных деталей, избирательно акцентирует внимание на главных чертах явлений. Абстрактность, с одной стороны, упрощает и схематизирует геоэкологический объект, а с другой, позволяет воспроизвести его целостный характер. Но в отличие от математической абстракции карта сохраняет конкретные свойства геосистем. Уровень абстрактности карты по сравнению с чисто знаковыми моделями менее значителен.

В геоэкологии картографическому методу исследования по праву принадлежит важная роль, ибо анализ строения и динамики географической среды в значительной степени производится по картам. Собственно геоэкологическое картографирование образует новое направле-

ние в тематическом картографировании, главная цель которого – системное отображение взаимоотношений общества и природы.

Математические методы. В той или иной форме математические методы, имея в виду и количественные характеристики, применяются практически во всех естественных, точных и в ряде социальных наук. Проблемы внедрения математических методов в геоэкологию в первую очередь связаны со сложностью объекта изучения и недостаточностью собранного по единой программе материала. Полезность дальнейшей математизации геоэкологии бесспорна. Но не следует забывать, что математические методы в геоэкологии не более чем вспомогательные.

Геохимический метод используется в геоэкологии для изучения особенностей круговорота, миграции, пространственного распространения химических элементов в географической среде. Он является одним из важнейших методов по определению уровня и возможностей загрязнения геосистем антропогенными воздействиями: промышленными и автомобильными выбросами, внесенными на поля минеральными удобрениями и т. п.

Геофизический метод предполагает изучение геосистем физическими методами. В центре внимания этого метода находится изучение энерго- и массообмена, связывающего геосистемы в единое целое. Уровень современной физики с помощью применения сложных приборов позволяет определять радиационные и тепловые условия подстилающей поверхности, условия увлажнения, термический и водный режим почв, продуктивность биоценозов и т. д.

Кроме рассмотренных, в геоэкологии используются также принципы симметрии, актуализма, униформизма; методы балансов, ключей, аналитические, сравнительно-описательный, экспедиционный, аэрокосмический, палеогеографический, ареалов и т. д.

Географические информационные системы (ГИС) – системы автоматизированного сбора, хранения, преобразования и предоставления географической информации, реализованные на ПЭВМ.

ГИС различаются по охвату обслуживаемой территории (глобальные, международные, региональные, национальные, областные и локальные); по проблемной ориентации и цели (охрана природной среды и управление природопользованием); картографические; библиографические, содержащие каталогизированную информацию об опубликованных или неопубликованных источниках данных; темати-

ческие, посвященные сбору информации, например, о состоянии вод или атмосферы и др.

Все ГИС разделяются главным образом на три основные группы. К первой группе относятся ГИС, самостоятельно добывающие первичную информацию и выпускающие ее в виде сводок или баз данных. Ко второй – аккумулирующие поступающую информацию, перерабатывающие ее и выдающие в различной форме. К третьей – собирающие опубликованную информацию и обслуживающие потребителей.

Комплексная ГИС – это система, выполняющая сбор, кодирование, хранение, систематизацию, обработку, анализ и воспроизведение информации, заложенной в ней или полученной в результате моделирования по какой-либо программе. В такой ГИС традиционно выделяются четыре подсистемы: 1) сбора данных и ввода; 2) управления данными, сортировки их и классификации по заданным признакам; 3) вычислительной обработки и комбинирования данных по заданной программе, картографического редактирования; 4) представления текущей и прогнозируемой ситуации в виде схем и карт с выводом на графопостроитель и дисплей.

Геоэкологическое прогнозирование – это научно обоснованное суждение о будущем географической среды на основе оценок ее прошлого и настоящего состояний в целях принятия практических решений по ее рациональному использованию. Общая логическая схема процесса прогнозирования представляется как последовательная совокупность представлений о прошлых и современных закономерностях и тенденциях развития объекта прогнозирования; научного обоснования будущего развития и состояния объекта; представлений о причинах и факторах, определяющих изменение объекта, а также условий, стимулирующих или препятствующих его развитию; прогнозных выводов и решений по управлению.

Актуальность геоэкологического прогнозирования определяется особенностями современного научно-технического прогресса и социально-политической ситуацией. Главная задача геоэкологического прогнозирования состоит в геоэкологическом обосновании долгосрочного развития народного хозяйства в его региональном аспекте, а главная общая для геоэкологов научная проблема – предвидение изменений окружающей среды в естественных и техногенных условиях.

Выбор проблемы геоэкологического прогнозирования должен основываться на следующих критериях: соответствии проблемы совре-

менным общественным и научно-техническим потребностям; актуальности значения проблемы на большой период времени (25–30 лет и более); наличии научных предпосылок, в частности, соответствующих методов решения проблемы.

Процесс прогнозирования начинается с определения его цели и объекта, так как именно они определяют тип прогноза, содержание и набор методов прогнозирования, его временные и пространственные параметры. Цели и объекты прогнозирования могут быть очень разными. Это могут быть процессы, явления, события социального, научно-технического, экономического, географического, экологического характера и многих других аспектов.

При выборе объекта прогноза необходимо учитывать следующие его признаки: природу объекта прогноза; масштабность объекта прогноза; сложность объекта прогнозирования; степень детерминированности; характер развития во времени; степень информационной обеспеченности. Главные операционные единицы прогнозирования – время и пространство. Пространственные или территориальные единицы прогнозирования могут быть локальными, региональными и глобальными.

По направленности действий все прогнозы можно разделить на два класса: поисковые (исследовательские) и нормативные (программные, проектные или целевые) прогнозы. В процессе поискового прогнозирования выявляются тенденции развития и возможное состояние объекта в будущем, факторы, его ограничивающие или активизирующие, новые возможные пути развития.

Основная задача нормативного прогноза в геоэкологии – определение набора и последовательности управленческих мероприятий, необходимых для нейтрализации неблагоприятной природной и социально-экономической ситуации, выявленной в процессе поискового прогноза. Поисковое и нормативное прогнозирование – единый процесс, их сопоставление позволяет выявить различия между желаемым и возможным состоянием прогнозируемого объекта.

В содержание нормативного прогнозирования входит выбор курса, стратегическое и тактическое планирование. Выбор курса – формулирование целей, чаще всего подразумевающих политическое и техническое решение поставленных задач. Стратегическое планирование – пути и средства достижения избранной цели. Тактическое планирование – последовательность действий организационных мероприятий, необходимых для реализации стратегического плана.

Оценка достоверности и точности или обоснованности прогноза называется верификацией прогноза. Несмотря на вероятностный характер прогнозов, многие из них достаточно надежны. Хотя абсолютно достоверных прогнозов нет. В целом надежность прогноза, т. е. вероятность наступления предсказываемого события, уменьшается с увеличением его временного горизонта, степени детальности и динамичности прогнозируемого явления.

Источники ошибок прогнозирования могут быть регулярными и нерегулярными. К регулярным источникам ошибок относятся неадекватный метод прогнозирования, недостоверные и недостаточные исходные данные. Нерегулярные ошибки – это непредсказуемые события: взрывы, скачки, резкие спады и перепады, нарушающие тенденции развития объекта.

Наиболее популярными в геоэкологии методами прогнозирования являются *логические методы*, основанные на применении определенной последовательности мыслительных операций (индукции, дедукции, экспертных оценок, аналогий, системного анализа и др.); *формализованные методы*, основанные на использовании источников фактографической информации (прогнозной экстраполяции и интерполяции, статистический, аналитический, моделирования и др.).

Выбор методов прогнозирования в каждом конкретном случае определяется рядом условий, среди которых наиболее важные: цель и задачи прогноза, величина прогнозируемого периода, специфика прогнозируемого объекта, полнота и достоверность исходной информации. Для геоэкологического прогнозирования необходим также учет масштаба территории, на которую распространяется прогноз.

ЛЕКЦИЯ 5. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ПРИРОДНЫХ И АНТРОПОГЕННЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

Основные понятия риска для человека и хозяйства. Под риском понимается возможность нежелательных последствий какого-либо действия или течения событий. Измеряется риск вероятностью таких последствий или вероятной величиной потерь. Заблаговременное предвидение риска и принятие мер по его снижению называется управлением риском. Управление ведется на основе оценки риска согласно его зависимости от подверженности рассматриваемого объекта опасным воздействиям, чувствительности, или уязвимости, его к этим воздействиям и защищенности от них. В одних случаях риск расчи-

тывают заблаговременно, в других его оценивают по величинам потерь, ущерба, понесенного в прошлом. Поэтому термины «риск» и «ущерб» иногда применяются как равнозначные.

Понятию риск противостоит понятие безопасность – такое состояние рассматриваемого объекта, при котором риск для него или от него не превышает некоторого приемлемого уровня, а возможно, и вовсе отсутствует. Целью управления риском является достижение безопасности. Основными видами риска являются природный, техногенный и социальный риск. Величины потерь по социальным причинам более значительны, чем от природных и техногенных опасностей.

Следует также отметить две наиболее общие закономерности изменения риска в связи с человеческой деятельностью. Первая – риск нарастает по мере продолжения деятельности так, что однажды величина потерь становится больше величины выгод; вторая – хотя риск может быть существенно снижен введением различных мер защиты, но, в принципе, не может быть сведен к нулю.

Необходимо рассматривать природный и иной риск и управление им в свете не только инженерно-экономических, как прежде, но и геоэкологических проблем. Поскольку для устойчивой эволюции человечества надо поддерживать в равновесии приблизительно два десятка балансов – социальных, технологических, природных, а природный и иной риск (ущерб) совместно угрожает этим балансам. Одни бедствия могут провоцировать другие. Кроме того, разные для специалиста виды риска воспринимаются подверженными риску людьми как нечто целое. Эти обстоятельства заслуживают учета при анализе природного риска.

В качестве объектов, подверженных риску, необходимо рассматривать не только отдельные сооружения, населенные пункты, группы людей некоторой численности, но также природно-антропогенные геосистемы (ПАГ) разного ранга, вплоть до глобального уровня.

При инженерно-экономическом подходе риск и ущерб измеряются в натуральных величинах потерь и квалифицируются как своего рода налог на природопользование. При геоэкологическом подходе требуется дополнить эту систему измерений оценками тяжести потерь по отношению к устойчивости ПАГ.

К неблагоприятным и опасным природным процессам и явлениям (НОЯ) относятся все те, которые отклоняют состояние окружающей среды от диапазона, оптимального для жизни человека и для ведущего им хозяйства. Число и разнообразие видов НОЯ растут по мере

усложнения производства и проникновения человека в районы с непривычной природной обстановкой.

Следует подчеркнуть относительность категории НОЯ. Природное явление, представляющее в одних случаях неудобство и опасность, в других может быть полезным. Неблагоприятные природные явления создают неудобства, преодоление которых отражается ростом предвидимых затрат на строительство, эксплуатацию, жизнеобеспечение ПАГ в целом. Опасные явления создают возможность больших непредвиденных потерь, чрезвычайных ситуаций, стихийных бедствий. Граница между неудобствами и опасностями условна и зависит от степени приспособленности ПАГ к природной обстановке, а также от повторяемости и интенсивности НОЯ. К часто повторяющимся, пусть и интенсивным воздействиям НОЯ, ПАГ приспосабливается опытным путем настолько, что эти воздействия воспринимаются лишь как неудобства. Однако более редкие, пусть и не столь интенсивные, воздействия оборачиваются опасностями. Обычно бедствия (неожиданные потери) создаются событиями, повторяющимися в среднем реже, чем один раз во много лет – от 5–10 до 100 лет и более. Интервал 5–10 лет отвечает активной памяти человека, потерпевшего ущерб и старающегося избегать его впредь. Более длинные интервалы отвечают «памяти» населенных пунктов, многие из которых перемещались на новые места после тяжелых стихийных бедствий. Так или иначе, величина интервала обозначает «норму» природных условий, к которой приспособился ПАГ. Строительные правила (нормативные документы), назначающие сроки безопасности для различных объектов, в некоторой степени отражают накопленный народный опыт.

Воздействия НОЯ на ПАГ и отдельные объекты различаются по характеру физической сути природного явления, длительности и площади воздействия, величине наносимых потерь, предсказуемости и типу самого ПАГ. По форме воздействия на те или иные объекты НОЯ могут быть разрушительными, парализующими (останавливающими движение транспорта и т. п.) и истощающими (снижающими урожай, плодородие почв, запасы воды и других природных ресурсов). Это подразделение, однако, весьма условно, поскольку форма воздействия зависит также от типа затронутого объекта.

По размеру разового ущерба воздействия НОЯ изменяются от мелких, рассеянных до создающих стихийные бедствия. Примеры рассеянных – удары молний, укусы ядовитых животных, автомобильные аварии по вине плохой погоды и т. д., они вызывают каждый раз

малочисленные, но в сумме значительные потери. Стихийное бедствие может быть определено как событие, значительно нарушающее обычную жизнедеятельность в ПАГ и вызывающее существенные жертвы и (или) экономический ущерб. Но по сути этого народного термина стихийное бедствие – прежде всего общее несчастье, означающее нечто большее, чем некоторое количество жертв и экономических потерь. Поэтому специалисты по управлению риском предпочитают термин «чрезвычайная ситуация» (ЧС), когда речь идет именно об измерении потерь. Кроме того, термин «ЧС» более общий по отношению к термину «стихийное бедствие».

При выборе мер управления природным риском и снижения потерь от природных и природно-техногенных ЧС прежде всего возникает вопрос, можно ли просто уйти от опасности. Участки проявления некоторых видов НОЯ ограничены настолько резко, что бывает достаточно отойти в сторону иногда лишь на немногие десятки метров, чтобы оказаться в безопасной зоне. Другие виды НОЯ не дают такой возможности, поскольку границы участков их проявления размыты.

Интенсивность опасного воздействия следует выражать показателями природного явления, минимальными по числу и отвечающими характеру поражаемого объекта (элемента ПАГ). Кроме того, при выборе этих показателей должна быть учтена необходимость оценки повторяемости воздействий разной интенсивности (и ЧС соответствующей тяжести) на основе знаний о геофизических условиях возникновения опасных природных явлений. Интенсивность опасных воздействий в общем случае определяется отклонением природной обстановки от нормы по интенсивности воздействующего фактора и (или) по площади его воздействия и (или) длительности.

Применение различных защитных мер определяется обстоятельствами и общей стратегией управления риском. Оценки социально-экономических эффектов НОЯ разнообразны. Они делятся на заблаговременные затраты для предотвращения потерь и не предотвращенные потери. Ущерб от НОЯ разделяется по объекту их воздействия на социальный, экономический и геоэкологический ущерб.

Социальный ущерб обычно измеряют числом жертв, раненых и пострадавших (потерявших кров и т. д.) в очаге ЧС; можно также принимать во внимание число людей, так или иначе затронутых последствиями ЧС за пределами ее очага.

Потери в виде жертв и увечий (утраты трудоспособности) могут быть оценены в денежной форме несколькими способами: через стои-

мость содержания инвалида, через утрату прибыли от потери работника, через величину доплаты за профессиональный риск, через стоимость мер, необходимых для снижения смертности.

В косвенном социальном ущербе от НОЯ можно выделить этнокультурную и социально-психологическую составляющие. Этнокультурный ущерб – это гибель не просто людей, но этносов, утрата этнического самосознания людьми, навсегда покидающими родину или теряющими ее вследствие разрушения исторических памятников, поселений традиционного вида (заменяемых стандартными городами) и т. д. Социально-психологический ущерб заключается в общем снижении ощущения счастья, благополучия под гнетом воспоминаний о случившемся бедствии, а то и прямо вследствие неблагоустроенности на слишком долго сохраняющихся развалинах. Восстановление затягивается, если стихийное бедствие приходится на период обострения социально-психологической обстановки, ЧС приобретает комбинированный характер и более высокую степень тяжести. Такое стечение обстоятельств, возможно, послужило причиной гибели некоторых этносов в историческом прошлом.

Экономический ущерб от воздействия НОЯ заключается прежде всего в непосредственных потерях зданий, сооружений, оборудования и т. п. (основные фонды), оборотных фондов (сырья, топлива, полуфабрикатов), готовой продукции, урожая, скота, яичного имущества и т. д. Это – прямой ущерб, полный перечень слагаемых которого может быть весьма длинным. Считается, что при оценке прямого ущерба от ЧС упускается из вида до 30 % его величины.

Косвенный экономический ущерб при ЧС образуется вследствие недополучения продукции за время остановки поврежденных и связанных с ними предприятий, отвлечения людей и техники на аварийно-спасательные и ремонтно-восстановительные работы, роста себестоимости или снижения качества продукции, смежников, вынужденных использовать иные варианты снабжения и транспорта и т. д. В зависимости от экономической «дистанции», на которую этот вид ущерба распространяется, он может быть подразделен на местный, народнохозяйственный и мирохозяйственный.

Экономический ущерб от слабых, рассеянных воздействий НОЯ создается множеством мелких поломок, ускоренным износом зданий и коммуникаций, повышенными потерями тепла и т. п. и выступает в форме предвидимого увеличения эксплуатационных расходов, сниже-

ния производительности труда, средней многолетней урожайности в сравнении с ее величиной в лучшие годы.

Геоэкологический ущерб природе возможен при событиях природно-антропогенного характера. Прямые потери эксплуатируемых природных ресурсов называют геоэколого-экономическим ущербом; потери природной среды как биосферы можно назвать собственно экологическим ущербом. Главная проблема стоимостной оценки природных ресурсов и геоэколого-экономического ущерба заключается в том, что природные ресурсы оцениваются в критериях индустриальной экономики столь низко, что их истощение неизбежно. В самом деле, минеральные ресурсы оцениваются лишь по затратам на разведку, разработку и доставку потребителю, водные – на подготовку (фильтрацию и пр.) и доставку, лесные – на рубку и доставку. Цена земли (пашня, пастбище, промысловые и рекреационные угодья) считается через получаемый доход; через величину затрат на возмещение участков, отбираемых в иное пользование (например, затапливаемых водохранилищами) или через стоимость возвращения (рекультивации) техногенной пустыни в земледельческое или хотя бы лесопарковое использование.

Собственно экологический ущерб «ничьей» природной среде, атмосфере, земным существам получает цену, имеющую, по сути, чисто договорный характер (сколько предприниматели готовы заплатить, чтобы хорошо выглядеть в глазах общественности, но отнюдь не проиграть конкуренцию между собой). Более того, по логике индустриального производства аварийная порча природной среды оказывается полезной, поскольку затраты на ликвидацию геоэкологических последствий аварий зачисляются в валовой национальный продукт, как бы увеличивают экономический рост.

Антропогенные воздействия «накладываются» на природные процессы, приводя к их изменениям. Они характеризуются высокой временной изменчивостью, преимущественно абиотическим характером, образованием неизвестных ранее химических соединений и т. д.

Среди всех видов антропогенных воздействий на природную среду можно выделить приоритетные виды, проявляющиеся наиболее отчетливо и поддающиеся параметрическим оценкам. К ним относятся устойчивые во времени воздействия, в результате которых изменяются природные условия на больших географических пространствах.

Виды антропогенной деятельности могут быть объединены в группы, отличающиеся по технологии, характеру, масштабу, скоро-

сти, продолжительности, месту воздействия на природу. В целом они соответствуют основным отраслям и секторам хозяйства. Рассматриваемая классификация антропогенных воздействий (АВ) состоит из трех классов, подразделяющихся на подклассы и группы.

К первому классу АВ относятся все виды эмиссионных антропогенных воздействий (ЭАВ), то есть различные виды выбросов загрязняющих веществ во все сферы природной среды (воздушный бассейн, поверхность почвы, водоемы всех типов и т. д.). Этот класс включает в себя выбросы всех видов источников загрязнений: площадных, локальных, грунтовых. В качестве загрязнителей могут быть газообразные, жидкие и твердые вещества в диспергированном (измельченном) состоянии. Первый подкласс ЭАВ – газообразные выбросы в атмосферу – подразделяется на следующие группы: нейтральные газовые выбросы, токсические газовые выбросы, термодинамически-активные газовые выбросы. Последние иногда называют малыми газовыми составляющими (МГС) атмосферы. Второй подкласс ЭАВ – выбросы аэрозолей в атмосферу – подразделяется на две группы: неорганические жидкие и твердые частицы, органические жидкие и твердые частицы. Третий подкласс ЭАВ – аэрозоли, седиментирующиеся на поверхностях (литосферы, гидросферы, криосферы), - разделяется по степени дискретности. От размера аэрозолей зависит скорость их осаждения из точек выбросов, расположенных над уровнем поверхности. Четвертый подкласс ЭАВ – выбросы, подразделяющиеся по степени биологической токсичности, а также по биогенным свойствам, зависящим от ионного состава.

Ко второму классу АВ относятся фоновые-параметрические антропогенные воздействия (ФПАВ). Принципиальная особенность таких воздействий состоит в их распространении на значительных пространствах поверхности планеты и окружающих ее геосфер. Это тепловое, радиоактивное, ионизационное, шумовое загрязнения. Они могут быть количественно оценены в любой точке пространства путем прямых измерений. Первый подкласс ФПАВ – это воздействия, приводящие к нагреву всех геокомпонентов природной среды, связанному с повышением энтропии всей системы геооболочек. Причина этого явления очевидна. Сгорание углеводородного топлива, источники гидро- и ветроэнергии, атомные и тепловые станции составляют основу промышленного производства и жизнеобеспечения общества. Но отсутствие механизмов и устройств с коэффициентом полезного действия, равным единице, приводит к тому, что значительная часть

энергии идет на повышение температуры среды. Другой стороной этого процесса в условиях относительной системной закрытости природной среды является повышение энтропии как меры статистической неупорядоченности. *Второй подкласс* ФПАВ связан с увеличением радиоактивного фона природной среды в результате деятельности атомной энергетики и испытаний ядерного оружия. Особо опасен процесс выброса радионуклидов при нештатных ситуациях, возникающих в реакторах атомных электростанций и в других видах реакторов. *Третий подкласс* ФПАВ на природную среду и особенно ее биосферу составляют шумовые воздействия. Этот вид загрязнения пока не привлек внимания исследователей. Между тем влияние шумов повышенного уровня катастрофически сказывается на биологических условиях жизни, сокращает продолжительность жизни и угнетает умственную деятельность человека. *Четвертый подкласс* ФПАВ выражается в изменении ионизационного состояния природной среды, главным образом верхних слоев атмосферы, под влиянием ряда производственных процессов. Невозмущенному состоянию атмосферы соответствует превышение количества отрицательных ионов над числом положительных в единице объема. Это положение благотворно сказывается на некоторых биохимических и физиологических процессах у живых организмов, в том числе и у человека. Мощным источником отрицательных ионов является растительность. В загрязненной атмосфере меняется общее число ионов. В ней начинают преобладать положительно заряженные ионы, что приводит к эффекту токсичности воздуха. Другим негативным следствием этого вида воздействий служит снижение атмосферой проводимости коротковолновых электромагнитных колебаний в ионосфере.

Наиболее обширная группа воздействий антропогенного происхождения составляет *третий класс АВ* – это *ландшафтно-деструктивные антропогенные воздействия* (ЛДАВ). Они объединяют все виды направленного или непреднамеренного изменения ландшафтов. К ним относятся вырубка лесов, исчезновение биологических видов, урбанизация, создание агроценозов вместо естественных биоценозов и многие другие формы деструкции природных ландшафтов. ЛДАВ носят ярко выраженный географический аспект. Из огромного числа различных форм воздействий этого класса выделим три основных подкласса. *Первый подкласс* ЛДАВ – урбанизация. Отмечают три основные характеристики этого процесса: рост и развитие городов с увеличением доли городского населения, приобретение сельской ме-

стностью черт, присущих городам и, наконец, повышение роли городов в ходе развития общества. *Второй подкласс* ЛДАВ связан с заменой естественных биогеоценозов агроценозами. Создаваемые для получения высокоурожайных сельскохозяйственных культур агроценозы, по своей сути, являются деградированными экосистемами, из которых принудительно изъяты многие растительные (и животные) сообщества. Поэтому без систематических внесений энергетических ресурсов самостоятельное существование агроценозов как устойчивых геоэкологических систем невозможно. *Третий подкласс* ЛДАВ – мелиорация естественных ландшафтов. Основным экологическим следствием этого является изменение микро- и мезоклимата мелиорированных регионов.

ЛЕКЦИЯ 6. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Современный этап развития мирового хозяйства отличается всевозрастающими масштабами потребления природных ресурсов, резким усложнением процесса взаимодействия природы и общества, интенсификацией и расширением сферы проявления специфических природно-антропогенных процессов, возникающих вследствие техногенного воздействия на природу. В этой связи большое значение приобретает изучение проблем природопользования.

Недоучет или игнорирование принципов научно обоснованного природопользования приводит к многочисленным кризисным явлениям в природе и хозяйстве, столь характерным для многих регионов мира.

Под *природопользованием* понимается – совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала и мер по его сохранению. Природопользование включает извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление или воспроизводство; использование и охрану природных условий окружающей среды; сохранение, воспроизводство и рациональное изменение геоэкологического баланса природных систем. Природопользование бывает *нерациональным*, когда деятельность человека не обеспечивает сохранения природно-ресурсного потенциала; и *рациональным*, когда она обеспечивает экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий и наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей.

Анализ природных ресурсов и разработка рекомендаций об их рациональном использовании предполагает следующие этапы научных изысканий: 1) изучение отдельных видов природных ресурсов в исследуемом регионе, их качественный и количественный учет на основе новейших методов оценки; картографирование выявленных природных ресурсов; 2) установление природно-ресурсного потенциала (ПРП) территории, т. е. совокупности естественных ресурсов, выступающих в качестве средств производства или предметов потребления в границах геосистем; 3) экономическую оценку природно-ресурсного потенциала геосистем; 4) установление приоритетных направлений в хозяйственном освоении ПРП территории; разработку схемы наиболее рационального освоения ПРП с учетом геоэкологических ограничений; 5) организацию охраны отдельных природных объектов и мероприятий по восстановлению и расширенному воспроизводству природных ресурсов. Для решения этих задач необходимо участие специалистов различного профиля – физико- и экономико-географов, экономистов, геоэкологов и др. Но полноценное, научно обоснованное решение проблемы рационального использования природно-ресурсного потенциала территории возможно лишь на основе комплексных геоэкологических работ.

В самом общем плане *ресурсы* – это любые источники и предпосылки получения необходимых людям материальных и духовных благ, которые можно реализовать при существующих технологиях и социально-экономических отношениях. Ресурсы принято делить на три основные группы: материальные, трудовые, в том числе интеллектуальные, и природные (естественные).

Природные ресурсы – часть всей совокупности природных условий и важнейших компонентов природной среды, которые используются либо могут быть использованы для удовлетворения разнообразных потребностей общества, поддержания условий существования человечества и повышения качества жизни. Они являются главным объектом природопользования и в интересах нынешнего и будущих поколений людей подлежат рациональной эксплуатации.

Природные ресурсы – пространственно-временная категория; их объем различается по регионам земного шара и в зависимости от стадии социально-экономического развития общества. Тела и явления природы выступают в качестве определенного ресурса в том случае, если в них возникает потребность. Но потребности в свою очередь по-

являются и расширяются по мере развития технических возможностей освоения природных богатств.

Территориальное расширение сферы хозяйственной деятельности человеческого общества и вовлечение в материальное производство новых видов природных ресурсов вызывало в природе разнообразные изменения, своего рода ответные реакции в виде различных природно-антропогенных процессов.

Во второй половине XX в. ресурсопотребление неизмеримо возросло, охватив практически всю сушу и известные в настоящее время природные тела и компоненты. Научно-технический прогресс непосредственным образом отразился на практике ресурсопользования. Разработаны технологии освоения таких видов природных богатств, которые до недавнего времени не включались в понятие «природные ресурсы». Возникло представление о потенциальных ресурсах или ресурсах будущего. *Потенциальные или общие ресурсы* – это ресурсы, установленные на основе теоретических расчетов, рекогносцировочных обследований и включающие помимо точно установленных технически извлекаемых запасов природного сырья или резервов еще и ту их часть, которую в настоящее время освоить нельзя по техническим или экономическим соображениям.

Техническое и технологическое несовершенство многих процессов извлечения и переработки природных ресурсов, соображения экономической рентабельности и недостаток знаний об объемах и величинах природного сырья заставляют при определении природно-ресурсных запасов выделять несколько их категорий по степени технической и экономической доступности и изученности. *Доступные, или реальные запасы* – это объемы природного ресурса, выявленные современными методами разведки или обследования, технически доступные и экономически рентабельные для освоения.

В связи с двойственным характером понятия «природные ресурсы», отражающим их природное происхождение, с одной стороны, и хозяйственную, экономическую значимость – с другой, разработаны и широко применяются в специальной и географической литературе несколько классификаций: по происхождению, по видам хозяйственного использования, по признаку истощаемости и др.

Природные ресурсы условно подразделяют на неисчерпаемые и исчерпаемые, заменимые и незаменимые. По отношению к тем или иным компонентам природы различают геологические, минеральные, климатические, водные, земельные, биологические и т. д. В зависимо-

сти от характера использования в производственной и непроизводственной сферах выделяют минерально-сырьевые, топливно-энергетические, промышленные, сельскохозяйственные, рекреационные и другие природные ресурсы. Несомненный познавательный и практический интерес, особенно с геоэкологических позиций, представляет характеристика природных ресурсов по источникам и местонахождению. При этом различают ресурсы: энергетические, атмосферные газовые, водные, литосферы, растений-продуцентов, консументов, редуцентов, климатические, рекреационные, познавательно-информационные, пространства и времени.

Основные отличительные признаки природных ресурсов: способность некоторых важных их видов в известных пределах и при определенных условиях к самовоспроизводству (саморегулированию) количественного и качественного состояния; способность переходить из одного качественного состояния в другое в результате естественной эволюции и под воздействием человека; связь конкретных состояний и оценок природных ресурсов с условиями жизнедеятельности человека; зависимость качественных состояний от технологического способа, характера, интенсивности производственной и непроизводственной деятельности людей; зависимость (количественная и качественная) каждого природного ресурса от других.

Пределы эксплуатации природных ресурсов определяет степень их истощения, делающая экономически нерентабельным их использование (издержки добычи, транспортировки, переработки и реализации выше получаемых доходов). Однако нередко геоэкологические пределы эксплуатации, связанные с угрозой полного исчезновения ресурса или катастрофического воздействия результатов эксплуатации ресурса на окружающую среду, наступают раньше экономического истощения.

Принципы рационального использования природных ресурсов: соответствие характера и способов использования конкретным местным условиям; предвидение и предотвращение негативных последствий природопользования; повышение интенсивности освоения; сохранение научных и эстетических ценностей; соблюдение целесообразной, экономически обоснованной очередности хозяйственного освоения; комплексное использование; уменьшение или устранение потерь на всех этапах природопользования; всемерная экологизация производственных процессов.

Понятие об геоэкологической экономике. Традиционные экономические показатели отражают объем производимых товаров и услуг, но не учитывают геоэкологические аспекты развития общества. Существует много ситуаций на всех уровнях, от отдельной фабрики до государства в целом, когда возникает конфликт интересов между экономическим ростом и необходимостью сохранения качества окружающей среды. Обычно достичь полного удовлетворения интересов обеих сторон невозможно. В этих случаях приходится идти на компромисс в поисках оптимального решения, которое бы лучшим образом удовлетворяло интересы обеих сторон.

Пока воздействие человека на среду не было столь большим, как сейчас, экономика могла обходиться без учета геоэкологических факторов. В настоящее время учет геоэкологических затрат становится необходимостью. Цена продукта должна отражать все виды затрат. Она должна включать затраты общества, связанные с загрязнением воды, воздуха и почвы, с болезнями, вызванными этими загрязнениями, с расходом возобновимых и не возобновляемых ресурсов, со снижением функций жизнеобеспечения окружающей среды и пр. Такое повышение цены за счет ее геоэкологической компоненты должно стать серьезным фактором регулирования ресурсов географической среды.

Задача интегрирования экономических и геоэкологических проблем изучается экономикой окружающей среды и экономикой природных ресурсов, но исследование всей сложной системы взаимоотношений природы и общества относится к новому междисциплинарному направлению – геоэкологической экономике.

Оценка истинного состояния экономики стран может основываться на анализе и оценке следующих показателей:

$$\text{ФУД} = (\text{ВНП} - \text{АМК}) + (\text{РПБ} - \text{АПБ} - \text{МПУ} - \text{ПНУ}),$$

где ФУД – фактический устойчивый доход, ВНП – валовой национальный продукт, АМК – амортизация материально-финансового капитала, РПБ – рост национального природного богатства, АПБ – амортизация национального природного богатства, МПУ – стоимость мер по предотвращению ущерба природным ресурсам, ПНУ – потери от непредотвращенного ущерба природным ресурсам.

При этом два первых члена правой части уравнения отражают традиционную оценку состояния экономики, а четыре последующих члена – геоэкологическую часть этой оценки.

В США группой частных исследователей разработан Индекс истинного прогресса (ИИП), отражающий изменения благосостояния этой страны. Он принимает во внимание более двадцати экономических, социальных и геоэкологических индикаторов. ИИП основан на данных ВВП, выражается в денежном исчислении и потому позволяет сравнивать ИИП и ВВП. Вместе с тем ИИП вносит поправки к некоторым показателям, учитываемым в ВВП. ИИП, например, учитывает неравномерность распределения дохода таким образом, что он уменьшается, если бедная часть населения получает меньшую, чем в среднем, долю национального дохода. ИИП добавляет к ВВП некоторые факторы, например, стоимость домашней или добровольной работы, или вычитает из ВВП такие показатели, как потери общества в связи с ростом преступности или загрязнением окружающей среды. ИИП учитывает ухудшение состояния природных ресурсов. В частности, увеличение объема добычи нефти учитывается как отрицательный показатель, в отличие от ВВП. Ухудшение состояния окружающей среды (изменение климата, разрушение озонового слоя или рост радиоактивного загрязнения) также приводят к снижению ИИП.

Проведенные расчеты ИИП для США за последние 25 лет показали, что экономический рост, как будто бы отражаемый в ВВП, на самом деле приводит к снижению ИИП и демонстрирует: а) исправление ошибок и социальных проблем предшествующего периода; б) заем ресурсов из будущего; в) усиление монетаризации экономики без ее фактического прогресса. Общественные настроения и изменения таких эмоциональных показателей, как ощущения благополучия, безопасности и счастья, также гораздо точнее отражаются через ИИП, чем через ВВП.

Аналогичные расчеты по Беларуси, России и странам СНГ не проводились, но нет сомнения, что фактический рост суммарного национального богатства этих стран давно остановился и стал отрицательным вследствие безудержного экспорта нефти, газа, леса, цветных металлов, других природных ресурсов и ухудшения состояния окружающей среды.

Более детальные, количественные оценки изменения национального богатства, включающие традиционные экономические и геоэкологические показатели, необходимы как индексы состояния стран и их эволюции. При этом должны учитываться компоненты, выражаемые в денежном и в материальном исчислении (например, в величинах запасов ресурсов), а также приниматься во внимание геоэкологи-

ческие неисчисляемые факторы, такие как красота ландшафта. Этот подход носит название бухгалтерии природных ресурсов. Ни одна из стран пока не ввела у себя эту бухгалтерию, полностью интегрирующую экономические и геоэкологические показатели, но проработки на государственном уровне в ряде стран показывают, что геоэколого-экономический индекс был бы более корректным и полезным, чем принятая сейчас система оценки экономического состояния государств, основанная на идеологии ВВП.

ЛЕКЦИЯ 7. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Обострение геоэкологических проблем и, как следствие, ухудшение условий жизнедеятельности и состояния здоровья людей объективно обусловили необходимость выделения специальных зон с серьезными нарушениями окружающей среды.

Несмотря на ряд мер, принимаемых для снижения негативного воздействия производства на окружающую среду, а также на проводимые природоохранные мероприятия, геоэкологическая обстановка в наиболее населенных и экономически развитых регионах остается неблагоприятной, а загрязнение окружающей среды – высоким. Регионы с очень острыми геоэкологическими ситуациями, при которых состояние окружающей среды начинает прямо угрожать условиям жизни населения, а отдельные геоэкологические проблемы или их совокупность достигают кризиса, различаются механизмом возникновения и возможными мерами нейтрализации негативных последствий сложившейся на той или иной территории неблагоприятной обстановки. Поэтому выделение зон чрезвычайной геоэкологической ситуации или зон геоэкологического бедствия должно способствовать решению геоэкологических проблем, например, путем приоритетного выделения финансовых и материальных ресурсов для внедрения соответствующих технологий производства, сооружений для очистки воздуха и воды, дополнительного строительства лечебно-оздоровительных объектов и др.

Наступление критической ситуации констатируется тогда, когда деградация окружающей среды превосходит возможности существующих социально-экономических и природных систем поддерживать сложившуюся систему хозяйствования и благосостояние населения в течение длительного периода.

Результаты исследования природно-антропогенных геосистем показали целесообразность выделения, наряду с зонами чрезвычайной геоэкологической ситуации и геоэкологического бедствия, также районов с напряженной геоэкологической обстановкой (зон геоэкологического риска), где в результате хозяйственной деятельности начались негативные изменения в состоянии окружающей среды и требуется проведение предупредительно-профилактических мероприятий.

Некоторые авторы для характеристики геоэкологической ситуации используют понятие потенциальной емкости (несущей способности) территории.

Потенциальная емкость (несущая способность) любой экологической или природно-ресурсной системы – это количество особей организмов какого-либо вида, которые могут устойчиво существовать неопределенно долгое время. Этот показатель может быть выражен, например, числом особей на квадратный километр.

В более сложных социальных ситуациях понятие «*потенциальная емкость территории*» может быть определено как некоторое значительно изменяющееся число людей, населяющих данную территорию, которые могут на обозримое будущее сохранять данный уровень жизни, используя имеющиеся природные ресурсы, свои трудовые навыки, общественные институты и обычаи.

В научно-методическом отношении более грамотно исходить из понятий «*полная геоэкологическая емкость территории*» (ПГЕТ). Полная геоэкологическая емкость территории как природно-антропогенной геосистемы определяется, во-первых, объемами основных природных резервуаров: воздушного бассейна, водоемов и водотоков, земельных площадей и запасов почв, биомассы флоры и фауны; во-вторых, мощностью потоков биогеохимического круговорота, обновляющих содержимое этих резервуаров, скоростью местного атмосферного газообмена, пополнения объемов чистой воды, процессов почвообразования и продуктивностью биоты; в третьих – максимальной техногенной нагрузкой, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени (годы) совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

По сути, ПГЕТ характеризует способность окружающей среды к самовосстановлению и нейтрализации вредных антропогенных воздействий, а также является мерой максимально допустимого вмешательства в процессе производственной и иной деятельности.

Показатель ПГЕТ может значительно меняться в каждой стране в зависимости от многих причин, например, от повышения урожайности без снижения потенциального плодородия почв, от различий в требованиях к качеству жизни, от соотношения рыночной экономики и экономики натурообмена, от изменений государственной политики, от внедряемых технологических открытий и многих других условий. Соотношение между антропогенным давлением и естественной потенциальной емкостью страны подвижно; оно может меняться в зависимости от изменений и того и другого фактора.

Многие страны мира значительно перенаселены, то есть численность населения превышает имеющиеся ресурсы. Иными словами, антропогенное давление превышает естественную несущую способность территории, и соответственно увеличиваются их геоэкологические проблемы.

Несмотря на невозможность получения однозначного ответа при оценке естественной ПГЕТ по сравнению с антропогенным давлением, концепция несущей способности является полезным инструментом для оценки геоэкологического состояния территорий и разработки национальных стратегий развития.

Более сложен вопрос оценки соотношения антропогенного давления и несущей способности для мира в целом. Во многом ответ зависит от желаемого уровня благосостояния людей как в среднем для мира, так и по отдельным регионам или странам. Ресурсов Земли уже сейчас недостаточно для того, чтобы материальный уровень жизни всех людей соответствовал современному стандарту развитых стран, и с этой точки зрения антропогенное давление уже превысило потенциальную емкость географической среды. Для обеспечения минимально низкого уровня жизни несущая способность Земли еще не достигнута. Существует, разумеется, много промежуточных вариантов между этими двумя крайними ситуациями.

При рассмотрении неблагополучных в геоэкологическом отношении районов принципиально важно определить тактические и стратегические направления оздоровления обстановки, снижения степени воздействия на окружающую среду, для чего разрабатывают специальные программы. При оценке окружающей среды и к выбору наиболее емких и информативных критериев оценки состояния геосистем, их природной и антропогенной составляющих целесообразно использовать комплексный геоэкологический подход.

В соответствии с основными положениями действующих директивных документов *геоэкологическую обстановку* можно классифицировать по возрастанию степени (уровня) геоэкологического неблагополучия в результате природно-антропогенных нарушений. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений геосистем по глубине и необратимости, т. е. по реальным, имеющим физическое выражение морфологическим факторам. Принято различать следующие *классы состояний и зоны нарушений*:

- *геоэкологической нормы*, или класс удовлетворительного (благоприятного) состояния окружающей среды, включающей территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости геосистем, ее относительной стабильности; удовлетворительного здоровья населения. Значения прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых (деградация земель менее 5 % площади);

- *геоэкологического риска*, или класс условно удовлетворительного (неблагоприятного) состояния окружающей среды, имеющей территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости геосистем, их нестабильным состоянием, ведущим в дальнейшем к спонтанной деградации геосистем, но еще с обратимыми нарушениями. Территории требуют разумного хозяйственного использования и планирования мероприятий по их улучшению; здоровье населения ухудшено частично. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон (деградация земель 5–20 % площади);

- *геоэкологического кризиса*, или класс неудовлетворительного состояния окружающей среды или чрезвычайной геоэкологической ситуации. В эту зону входят территории с сильным снижением продуктивности и потерей устойчивости геосистем, с труднообратимыми нарушениями; отмечена серьезная угроза здоровью населения. Происходят устойчивые отрицательные изменения состояния естественных геосистем (уменьшение видового разнообразия, исчезновение отдельных видов растений и животных, нарушение генофонда). Необходимо выборочное хозяйственное использование территорий и планирование их глубокого улучшения. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон (деградация земель 20–50 % площади);

- *геоэкологического бедствия* – катастрофы, или класс катастрофического состояния окружающей среды. Она включает территории с полной потерей продуктивности, глубокими практически необратимыми нарушениями геосистем; здоровье населения значительно

ухудшено. Происходит разрушение естественных геосистем (нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда). Значения прямых критериев оценки многократно превышают ПДК или фон (деградация земель более 50 % площади).

Характеристика зон и определение классов геоэкологического состояния территории дается по наиболее репрезентативным показателям, но обязательно с использованием и взаимным учетом тематических, пространственных и динамических критериев оценки. Важно подчеркнуть, что единого интегрального показателя состояния (или оценки) геосистем пока не разработано, однако число наиболее репрезентативных показателей может быть сведено к оптимальному минимуму. Следовательно, оценка геоэкологического состояния территории может состоять из интегральной морфологической оценки состояния геосистемы с расшифровкой ее через характеристику состояния отдельных компонентов окружающей среды. Только так можно оценить современное состояние геосистемы, а также и причины этого состояния с учетом влияния техногенеза.

Глубокие необратимые изменения необходимо рассматривать за относительно короткий исторический срок, но не менее продолжительности жизни одного поколения людей. Особое внимание необходимо обращать на выбор и обоснование критериев, по которым оценивают геоэкологическое состояние отдельных территорий.

К основным *медико-демографическим показателям* относят заболеваемость, детскую смертность, медико-гигиенические нарушения, специфические и онкологические заболевания, связанные с загрязнением окружающей среды.

Под существенным ухудшением здоровья населения понимают увеличение необратимых, несовместимых с жизнью нарушений здоровья, изменение структуры причин смерти и появление специфических заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды. Под угрозой здоровью населения понимают существенное увеличение частоты обратимых нарушений здоровья (неспецифические заболевания, отклонения физического и нервно-психического развития и др.), связанных с загрязнением окружающей среды.

Медико-демографические показатели геоэкологически неблагоприятных геосистем сравнивают с аналогичными показателями контрольных (фоновых) территорий в тех же природных зонах. В качестве контрольных (фоновых) принимают населенные пункты (либо отдельные их части), где зарегистрированы более благоприятные значе-

ния медико-демографических показателей. Эти показатели рекомендуют определять отдельно для городской и сельской местности по нескольким (трем и более) пунктам с благоприятной санитарно-гигиенической ситуацией. Среднее значение из нескольких минимальных показателей принимают в качестве контрольного (фонового). В качестве контрольных значений нельзя использовать только средние показатели по республике, краю, области. Предпочтение отдают показателям, рассчитанным за 10 лет, и (или) их динамике за этот период. Исключением является лишь относительно редко встречающиеся заболевания, а также специфические заболевания и некоторые другие нарушения состояния здоровья, этиологически связанные с факторами окружающей среды антропогенного происхождения. В качестве контрольных цифр допускается использование данных по территории за предшествующие годы.

Состояние окружающей среды также характеризуют критерии загрязнения воздушной среды, воды, почв, истощения природных ресурсов и деградации геосистем. Существует несколько подходов к классификации и иерархии показателей оценки состояния геосистем различного уровня и их компонентов.

Под *критерием* подразумевают описание совокупности показателей, позволяющих охарактеризовать ухудшение состояния здоровья населения и окружающей среды. *Показатели* означают размер, а *параметры* – границы интервалов, соответствующих степеням экологического неблагополучия территорий. Параметры приняты либо на основании научных, экспериментальных данных, либо экспертных оценок специалистов.

Выделяются *три класса критериев*: тематические, пространственные и динамические – и *два типа оценочных показателей*: прямые и индикационные.

Тематические критерии характеризуют состояние и ресурсный потенциал анализируемого компонента. В состав тематических входят ботанические, зоологические, почвенные и другие оценочные критерии.

Ботанические критерии имеют наибольшее значение, поскольку они не только чувствительны к нарушениям окружающей среды, но и наилучшим образом прослеживают зоны геоэкологического состояния по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени. Ботанические показатели весьма специфичны, так как разные виды растений и различные растительные ассоциации в неодинаковых геогра-

фических условиях имеют разную чувствительность и устойчивость к нарушающим воздействиям и, следовательно, одни и те же показатели для классификации зон геоэкологического состояния могут существенно варьировать для разных геосистем. При этом учитывают признаки негативных изменений на разных уровнях: организменном, популяционном и экосистемном.

Зоологические критерии можно рассматривать на ценотическом и на популяционном уровнях. По ним выделяют ряд стадий геоэкологического нарушения геосистем. Зону риска определяют главным образом по геоэкологическим критериям начальной стадии нарушения – синатропизации, потере стадного поведения, изменении путей миграции, реакции толерантности. Последующие стадии нарушения оценивают дополнительно по пространственным, демографическим и генетическим критериям. Зона кризиса характеризуется нарушением структуры популяций, групп и стай, сужением ареала распространения и обитания, нарушением продуктивного цикла. Зона бедствия отличается исчезновением части ареала или местообитания, массовой гибелью возрастных групп, резким ростом численности синатропных и нехарактерных видов, интенсивным ростом антропо-зооновых и зооновых заболеваний. Ввиду сильной разногодичной изменчивости зоологических показателей (не менее 25 %) некоторые из применяемых критериев берут за 5–10-летний период.

Почвенные критерии рассматривают в статусе оценочных критериев геосистем, так как ухудшение свойств почв является одним из наиболее значимых факторов формирования зон геоэкологического риска, кризиса и бедствия. Прежде всего это снижение плодородия почв на большой площади и с высокой скоростью. Почвенно-эрозионные критерии связаны с вторично-антропогенными геоморфологическими процессами, ускоренными неблагоприятной хозяйственной деятельностью человека. Эти процессы наблюдаются и в естественных условиях, но нарушение человеком устойчивости растительного и почвенного покровов (вырубка лесов, распашка земель, перевыпас пастбищ и т. п.) значительно ускоряет эти процессы и увеличивает площади распространения, что приводит к формированию зон геоэкологического риска, кризиса и бедствия. Интегральные показатели загрязнения почвы – ее фитотоксичность (свойство почвы подавлять рост и развитие высших растений) и генотоксичность (способность влиять на структурно-функциональное состояние почвенной биоты).

Пространственные критерии наряду с учетом степени нарушения имеют большое значения для оценки площади пораженности геосистемы. Если площадь изменения невелика, то при равной глубине воздействия малая по площади нарушенная система восстановится быстрее, чем обширная. Если площадь нарушения превышает предельно допустимые размеры, то разрушение среды практически необратимо и относится к уровню катастрофы. Размер катастрофического нарушения достаточно велик и превышает площадь 10–100 тыс. га в зависимости от типа растительности и геоэкологических условий.

Чем серьезнее нарушение, тем больше репрезентативная площадь его влияния. Пространственным критерием зон геоэкологического нарушения служит относительная площадь земель (в %), выведенных из землепользования в пределах исследуемой геосистемы. Даже в норме относительная площадь нарушенных земель может достигать 5 %, а в зонах геоэкологического бедствия превышает 50 %. При одной и той же стадии нарушения, выявленной по тематическим критериям, увеличение относительной площади нарушения соответствует более высокому уровню опасности. Это может быть выражено в виде матрицы для административного района площадью 100–200 тыс. га.

Если нарушено менее 5 % территории, то изменение квалифицируется в пределах нормы, но умеренное нарушение на относительной площади более 50 % оцениваемой территории уже является основанием для объявления ее зоной геоэкологического риска.

Для классификации зон геоэкологического риска, кризиса и бедствия необходимо учитывать пространственную неоднородность нарушенных зон и наличие в ней комбинаций относительной площади разной степени нарушения.

Так, зона риска может составлять комбинацию из слабоизмененных площадей (менее 30 %), средне- и сильноизмененных (менее 40 %) геосистем, зона кризиса – из слабо- и среднеизмененных площадей (менее 30 %), сильно- и очень сильноизмененных (более 40 %), очень сильноизмененных (менее 30 %) геосистем; зона бедствия – из очень сильноизмененных площадей (более 40 %), слабо- и среднеизмененных (менее 20 %), очень сильноизмененных (более 30 %) геосистем.

Динамические критерии наиболее достоверны для выявления зон геоэкологического нарушения по скорости нарастания неблагоприятных изменений окружающей среды. Статические критерии выявления зон геоэкологических нарушений при всей их очевидности недоста-

точны для объективной оценки изучаемых ситуаций, поскольку они не дают полного представления об истинной картине бедствия. Следует иметь в виду, что имеются природные стабильные зоны с кризисными и бедственными признаками, которые не являются не только антропогенными, но и динамичными. Так, известные биогеохимические провинции по статичным биогеохимическим показателям могут быть отнесены к зонам экологического кризиса. Вместе с тем по динамичным критериям они таковыми не являются, так как повышенные концентрации металлов в почвах и растениях были здесь до антропогенеза. Точно так же нельзя считать зонами экологического бедствия изначально не закрепленные пески, устойчивые природные эрозионные комплексы и т. п.

Для выявления скорости смен и исключения разногодичных колебаний при выделении зон геоэкологического бедствия необходима представительная продолжительность наблюдений. Считается, что минимальный срок для определения линейной скорости изменений составляет 8–10, а нелинейной – 20–30 лет.

Главная задача оценки геоэкологических ситуаций – отразить степень деградации разных геосистем с тем, чтобы сфокусировать внимание не только на «горящих точках» – районах геоэкологических катастроф, – но и предупредить о степени приближения к порогу необратимых изменений: выявить районы, требующие стабилизации ситуации (разной срочности и масштабов), а также определить районы относительно благополучных геоэкологических ситуаций, которые могут стать «опорами» создания каркаса геоэкологической стабилизации в региональных и глобальных масштабах.

ЛЕКЦИЯ 8. ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА АТМОСФЕРУ И КЛИМАТ

Процессы и особенности атмосферы изменяются под воздействием деятельности человека. Крупномасштабные антропогенные изменения поверхности Земли (обезлесение, опустынивание, деградация внутренних морей и озер и др.) обуславливают изменения особенностей энергетического и водного режима атмосферы. Локальные изменения состояния геосистем, такие как возникновение и развитие городов, оросительных и других земледельческих систем, антропогенные преобразования пастбищ, возникновение водохранилищ и т. д. ведут к локальным вариациям климата. Наряду с изменениями физических особенностей атмосферы, происходят антропогенные трансформации

ее газового состава, в совокупности создающие ряд серьезных геоэкологических проблем. К их числу относятся антропогенное изменение климата и его последствия, нарушение естественного состояния озонового слоя, асидификацию окружающей среды, включая кислотные осадки, и локальное загрязнение атмосферы.

Парниковый эффект. Источником энергии атмосферных процессов является солнечная радиация. К земной поверхности приходит коротковолновая радиация, тогда как нагреваемая таким образом Земля испускает в атмосферу и далее за ее пределы энергию в виде длинноволнового (инфракрасного, или теплового) излучения. Некоторые газы в атмосфере, включая водяной пар, отличаются парниковым эффектом, то есть способностью в большей степени пропускать к поверхности Земли солнечную радиацию по сравнению с тепловым излучением, испускаемым нагретой Солнцем Землей. В результате температура поверхности Земли и приземного слоя воздуха выше, чем она была бы при отсутствии парникового эффекта. Средняя температура поверхности Земли равна плюс 15 °С, а без парникового эффекта она была бы минус 18 °С. Парниковый эффект – один из механизмов жизнеобеспечения на Земле.

Ведущую роль в парниковом эффекте играет водяной пар, находящийся в атмосфере. Большое значение также имеют газы, не отличающиеся высокой концентрацией в атмосфере. К ним относятся: углекислый газ (диоксид углерода) (CO_2), метан (CH_4), оксиды азота, в особенности N_2O , и озон (O_3). В эту же категорию следует включить не встречающуюся в природе группу газов, синтезируемых человеком, под общим названием хлорфторуглероды. Деятельность человека за последние 200 лет привела к повышению концентрации в атмосфере газов, обладающих парниковым эффектом. Реакция атмосферы на этот процесс заключается в антропогенном усилении естественного парникового эффекта.

Парниковый эффект каждого из парниковых газов зависит от трех основных факторов: а) ожидаемого парникового эффекта на протяжении ближайших десятилетий или веков, вызываемого единичным объемом газа, уже поступившим в атмосферу, по сравнению с эффектом от углекислого газа, принимаемым за единицу; б) типичной продолжительности его пребывания в атмосфере; в) объема эмиссии газа.

Комбинация первых двух факторов носит название «Относительный парниковый потенциал», выражается в единицах от потен-

циала CO_2 и является показателем текущего состояния парникового эффекта.

Для понимания глобального парникового эффекта необходимо понять роль каждого из газов. Роль водяного пара, содержащегося в атмосфере, в общемировом парниковом эффекте велика, но не определяется однозначно. В основном при потеплении климата содержание водяного пара в атмосфере будет увеличиваться тем самым, усиливая парниковый эффект.

Диоксид углерода, или углекислый газ (CO_2), отличается, по сравнению с другими парниковыми газами, относительно низким потенциалом парникового эффекта, но довольно значительной продолжительностью существования в атмосфере – 50–200 лет и сравнительно высокой концентрацией. Доля диоксида углерода в парниковом эффекте составляет в настоящее время около 64 %, но эта относительная величина неустойчива, поскольку зависит от изменяющейся роли других парниковых газов.

Основной источник антропогенного поступления углекислого газа в атмосферу – сжигание горючих ископаемых (угля, нефти, газа) для производства энергии. При современном уровне эмиссии углекислого газа концентрация его в атмосфере будет неуклонно увеличиваться. Стабилизация концентрации может быть достигнута посредством значительного сокращения объема выбросов.

Метан (CH_4) также играет заметную роль в парниковом эффекте, составляющую приблизительно 19 % от общей его величины. Метан образуется в анаэробных условиях, таких как естественные болота разного типа, толща сезонной и вечной мерзлоты, рисовые плантации, свалки, а также в результате жизнедеятельности жвачных животных и термитов. Около 20 % суммарной эмиссии метана связаны с технологией использования горючих ископаемых (сжигание топлива, эмиссии из угольных шахт, добыча и распределение природного газа, переработка нефти). Всего антропогенная деятельность обеспечивает 60–80 % суммарной эмиссии метана в атмосферу.

В атмосфере метан неустойчив. Он удаляется из нее вследствие взаимодействия с ионом гидроксила (OH) в тропосфере. Несмотря на этот процесс, концентрация метана в атмосфере увеличилась примерно вдвое по сравнению с доиндустриальным временем и продолжает расти со скоростью около 0,8 % в год.

Доля оксида азота (N_2O) в суммарном парниковом эффекте составляет всего около 6 %. Концентрация оксида азота в атмосфере

также увеличивается. Его антропогенные источники приблизительно вдвое меньше естественных. Источниками антропогенного оксида азота является сельское хозяйство, сжигание биомассы и промышленность, производящая азотсодержащие вещества. Его относительный парниковый потенциал (в 290 раз выше потенциала углекислого газа) и типичная продолжительность существования в атмосфере (120 лет) значительны и компенсируют его невысокую концентрацию.

Хлорфторуглероды (ХФУ) – это вещества, синтезируемые человеком, и содержащие хлор, фтор и бром. Они обладают очень сильным относительным парниковым потенциалом и значительной продолжительностью жизни в атмосфере. Их итоговая роль в парниковом эффекте составляет приблизительно 7 %. Производство хлорфторуглеродов в мире в настоящее время контролируется международными соглашениями по защите озонового слоя, включающими и положение о постепенном снижении производства этих веществ, замене их на менее озонразрушающие с последующим полным его прекращением. В результате концентрация ХФУ в атмосфере начала сокращаться.

Озон (O_3) – важный парниковый газ, находящийся как в стратосфере, так и в тропосфере. Он влияет как на коротковолновую, так и на длинноволновую радиацию, и потому итоговое направление и величина его вклада в радиационный баланс в сильной степени зависят от вертикального распределения содержания озона, в особенности на уровне тропопаузы, где надежных наблюдений пока недостаточно. Поэтому определение вклада озона в парниковый эффект сложнее по сравнению с хорошо перемешиваемыми газами. Его территориальное распределение очень изменчиво, а масса в тропосфере составляет не более 10 % массы стратосферного озона. Под воздействием солнечной радиации оксиды азота, выделяемые главным образом автомобильным транспортом, распадаются с выделением озона. Образуется так называемый фотохимический смог, опасный для здоровья человека и наносящий серьезный ущерб растениям, в том числе сельскохозяйственным культурам.

На образование парникового эффекта также оказывают воздействие тропосферные аэрозоли. Аэрозоли – это твердые частицы в атмосфере диаметром от 10^{-9} до 10^{-5} м. Они образуются вследствие ветровой эрозии почвы, извержений вулканов и других природных процессов, а также благодаря деятельности человека (сжигание горючих ископаемых и биомассы). Антропогенные аэрозоли влияют на радиационный баланс Земли непосредственно через поглощение и рассеива-

ние солнечной радиации, и косвенно, как ядра конденсации, играющие важную роль в образовании и развитии облаков. Существует много неопределенностей в понимании роли аэрозолей в парниковом эффекте из-за высокой региональной изменчивости их концентрации и химической композиции. В целом антропогенные аэрозоли снижают величину радиационного баланса, то есть несколько компенсируют антропогенный парниковый эффект. В отличие от парниковых газов, типичный срок существования аэрозолей в атмосфере не превышает нескольких дней. Поэтому их радиационный эффект быстро реагирует на изменения эмиссии загрязнений и столь же быстро прекращается. В отличие от глобального воздействия газов с парниковым эффектом эффект атмосферных аэрозолей является локальным.

Извержения вулканов – нерегулярный, но существенный фактор образования высоких концентраций аэрозольных частиц, вызывающих рассеивание солнечной радиации и поэтому заметное похолодание, сравнимое в некоторых случаях по масштабам с глобальным парниковым эффектом. Накопление парниковых газов в атмосфере и последующее усиление парникового эффекта приводит к повышению температуры приземного слоя воздуха и поверхности почвы. За последние сто лет средняя мировая температура повысилась приблизительно на 0,3–0,6 °C. Наблюдаемый рост температуры обусловлен не только естественными колебаниями климата, но и деятельностью человека. Прогрессирующее антропогенное накопление парниковых газов в атмосфере может привести к дальнейшему усилению парникового эффекта.

Изменение климата и его последствия. Климат всегда оказывал существенное воздействие как на естественные, так и на социально-экономические процессы. Потепление климата привлекло к себе внимание мирового сообщества и побудило ученых, практиков и политиков рассматривать климат как важнейший природный ресурс, перераспределение которого между государствами имеет серьезные социально-экономические и политические последствия, определяющие благосостояние государств мира.

Оценки ожидаемых изменений климата обычно производятся на основе использования глобальных моделей циркуляции атмосферы. Их сложность постоянно увеличивается по мере совершенствования технических качеств компьютеров и накопления новых данных наблюдений. Однако точность моделей все еще не высока даже для расчетов на глобальном уровне. Прогноз же изменений по регионам ми-

ра, чрезвычайно важный для практических целей, пока еще вряд ли надежен. Кроме того, необходимо учитывать возможные изменения в деятельности человека, осознанные или неосознанные, приводящие к изменениям в накоплении парниковых газов, а значит и к последующим изменениям парникового эффекта. Эти обстоятельства учитываются посредством составления различных сценариев.

В соответствии со сценариями наиболее низкой и высокой вероятной величины эмиссии парниковых газов средняя мировая температура приземного слоя воздуха за период с 1990 по 2100 г. увеличится соответственно на 1 и 3,5 °C. В любом варианте потепление будет значительно больше, чем все колебания климата в течение последних 10000 лет, и это является серьезной проблемой для человечества. Рост температуры воздуха будет сопровождаться увеличением количества осадков, хотя картина пространственного изменения распределения осадков будет более пестрой, чем распределение температуры воздуха. Вариация изменения осадков будет находиться в пределах от –35 % до +50 %. Надежность оценки изменений влажности почвы, что столь важно для сельского хозяйства, также значительно ниже, чем оценки изменения температуры воздуха. Очень важно, что относительно небольшие изменения средних показателей климата будут, по всей вероятности, сопровождаться повышением частоты редких катастрофических событий, таких как тропические циклоны, штормы, засухи, экстремальные температуры воздуха и пр.

Следует также отметить, что в больших многокомпонентных системах между временем наступления причины и следствия существует определенное запаздывание. Очень высокая инерционность всех событий вызывает большие трудности при разработке и осуществлении стратегий взаимодействия общества с изменяющимся климатом.

Согласно данным Межправительственного комитета по изменению климата (IPCC), имея в виду, что неопределенность развития событий весьма велика, можно все же ожидать нижеследующие последствия изменения климата.

Изменения ландшафтов суши. В средних широтах повышение температуры на 1–3,5 °C за ближайшие сто лет будет эквивалентно смещению изотерм на 150–550 км по широте в сторону полюсов, или на 150–550 м по высоте. Соответственно начнется перемещение растительности. Флора и фауна отстанут от того климата, в котором они развивались, и будут существовать в другом климатическом режиме. Скорость изменений климата будет, по-видимому, выше, чем способ-

ность некоторых видов приспосабливаться к новым условиям, и ряд видов может быть потерян. Могут исчезнуть некоторые типы лесов. Экосистемы не будут передвигаться вслед за климатическими условиями как нераздельная единица; их компоненты будут перемещаться с различной скоростью, в результате чего сформируются новые комбинации видов, то есть возникнут новые экосистемы и их наборы более высоких рангов. Леса умеренного пояса потеряют часть деревьев при сопутствующем увеличении эмиссии углекислого газа, образующегося при окислении отмирающей биомассы.

Пространственное приспособление экосистем к новым климатическим условиям, связанное с миграцией видов, будет осложняться антропогенными препятствиями, такими как сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, дороги и пр. Наибольшие изменения произойдут в арктическом и субарктическом поясах. Сократятся компоненты криосферы: морские льды, горные и небольшие покровные ледники, глубина и распространение вечной и сезонной мерзлоты, площадь и продолжительность залегания сезонного снежного покрова. Ландшафты сдвинутся в сторону полюса при их значительной трансформации. Можно ожидать развития пока еще плохо предсказуемых обратных связей.

Частичная деградация вечной и сезонной мерзлоты повлияет на увеличение эмиссии углекислого газа и перестройку процессов эмиссии метана в атмосферу. От трети до половины массы горных ледников растает, в то время как ледниковые покровы Антарктики и Гренландии в ближайшие сто лет практически не изменятся. Пустыни станут еще более аридными вследствие более значительного повышения температуры воздуха по сравнению с осадками. Прибрежные морские системы вследствие их разнообразия будут по-разному реагировать на увеличение температуры воздуха и рост уровня океана.

В последнее столетие происходил неуклонный рост среднего уровня Мирового океана, составивший 10–25 см. Основные причины роста уровня океана - термическое расширение воды вследствие ее нагревания из-за потепления климата, а также дополнительный приток воды вследствие сокращения горных и небольших полярных ледников. Эти же факторы будут работать и в дальнейшем, с постепенным подключением в более отдаленном будущем талых вод Гренландского, а затем и Антарктического ледниковых щитов. В соответствии со сценариями для минимального и максимального повышения температуры уровень Мирового океана поднимется к 2100 г. соответ-

ственно на 15 и 95 см. Уровень океана будет продолжать расти в течение нескольких столетий после 2100 г., даже если концентрация парниковых газов стабилизируется.

Рост уровня океана с сопутствующим увеличением частоты и силы штормовых нагонов приведет к затоплению низко расположенных территорий, разрушению берегов с угрозой сооружениям, на них находящимся, увеличению солености рек в их устьях и подземных вод, изменению условий транспорта наносов и растворенных веществ и многим другим, зачастую плохо предсказуемым последствиям. В особенности пострадают низкие острова и плоские побережья, в том числе многие крупные и сверхкрупные города. Могут возникнуть весьма значительные миграции населения с серьезными экономическими и политическими последствиями.

В прибрежной зоне живет более половины человечества. Поэтому проблемы последствий изменения климата добавятся к уже существующим проблемам, возникшим вследствие высокой и увеличивающейся антропогенной нагрузки на прибрежные системы. В настоящее время около 46 млн чел. подвержены риску затопления от морских штормов. При росте уровня океана на 1 м этот показатель возрастает до 118 млн чел. даже без учета ожидаемого прироста населения. Некоторые островные страны практически перестанут существовать.

Океан. Изменение климата может также воздействовать на изменения циркуляции вод океана, что в свою очередь повлияет на обилие питательных веществ, биологическую продуктивность, структуру и функции морских экосистем с последующим воздействием на потоки углерода и, следовательно, на режим парниковых газов и климат.

Водные ресурсы. Климат и его изменения в первую очередь оказывают влияние на гидрологический режим; использование, локальное и глобальное перераспределение водных ресурсов; работу водохозяйственных систем; поиск новых водных ресурсов и обоснование строительства гидротехнических сооружений.

Изменения климата приведут к интенсификации глобального гидрологического цикла и заметным региональным изменениям, хотя конкретный региональный прогноз пока ненадежен. Относительно небольшие изменения климата могут вызвать нелинейные изменения суммарного испарения и влажности почвы, что приведет к относительно большим изменениям стока, в особенности в аридных районах. В отдельных случаях при росте средней температуры на 1–2 °С и сокращении осадков на 10 % средний годовой сток может сократиться

на 40–70 %. Потребуется значительные капиталовложения для приспособления водохозяйственных систем к новым условиям. В особенности серьезные проблемы возникнут там, где водопотребление уже значительно, или где велико загрязнение вод.

Сельское хозяйство. Оценки показывают, что в СНГ и США около 70 % потерь, связанных с неблагоприятными погодными и климатическими условиями, приходится на сельское хозяйство. Изменение климата окажет серьезное влияние как вследствие непосредственного климатического воздействия на агроэкосистемы, так и из-за необходимости приспособления сельского хозяйства к новым условиям.

Воздействия на агроэкосистемы будут весьма сложными и неоднозначными. Вследствие увеличения концентрации углекислого газа несколько возрастут величины фотосинтеза и, возможно, урожай. Зависимость продуктивности сельскохозяйственного производства от изменений климата определяется географическим районом. В районах, где земледелие лимитируется притоком тепла, вероятность повышения урожая увеличится. В аридных и семиаридных районах, где оно ограничено наличием доступной для растений влаги, изменение климата отразится неблагоприятным образом. Потребности в воде для орошения найдут серьезную конкуренцию с другими потребителями водных ресурсов – промышленностью и коммунальным водоснабжением. Более высокие температуры воздуха будут способствовать ускорению естественного разложения органического вещества почвы, снижая ее плодородие. Увеличится вероятность распространения вредителей и болезней растений.

Нельзя оставить без внимания влияние потепления климата и на животноводство. Продуктивность скота (мясомолочная продукция) будет возрастать в теплые зимние сезоны и уменьшаться в теплые летние сезоны. Высокие летние температуры могут увеличивать смертность старых животных в результате тепловых стрессов и других явлений.

В целом ожидается, что общемировой уровень производства продуктов сельского хозяйства может быть сохранен, но региональные последствия будут варьироваться в широких пределах. На территории СНГ ожидаемые урожаи пшеницы изменятся от –19 до +41 %. Вариации урожая пшеницы в Канаде и США будут очень значительными, от –100 до +234 %, а риса в Китае, например, от –78 до +28 %. В развивающихся районах мира возрастет риск голода. Общая картина ми-

ровой торговли продуктами сельского хозяйства может существенно измениться.

Энергетика. Влияние метеорологических и климатических факторов на энергетику осуществляется через изменение условий производства энергии, эксплуатации и содержания энергетических систем, а также колебания спроса на энергию со стороны потребителей. Наиболее чувствительна к погодным и климатическим факторам гидроэнергетика.

Возобновляемые энергоресурсы зависят от климатических условий даже при самом благоприятном развитии технологического процесса. В настоящее время роль возобновляемых источников в общем энергетическом балансе весьма небольшая, хотя и имеет тенденцию к увеличению. Экспертные оценки показывают, что к 2020 г. доля возобновляемых источников энергии в мировом балансе может составить не более 15 % и прирост будет достигнут в основном за счет использования гидроресурсов.

Использование ветровой и солнечной энергии в ближайшие десятилетия не даст существенного вклада в развитие мировой энергетики в силу того, что концентрация солнечной и ветровой энергии потребует огромных материальных вложений и удорожания электроэнергии.

Развитые страны используют около 17 % общей энергии на производство продовольствия. В развивающихся странах количество потребляемой на эти нужды энергии – от 30 до 60 %. Для получения урожаев с ирригационных площадей использование энергии возрастает на 400 %. Следовательно, в случае потепления климата для сохранения сборов зерна на современном уровне должно произойти увеличение используемой энергии. Это приведет в том числе к увеличению сжигания органического топлива, следовательно, к возрастанию концентрации CO_2 в атмосфере и еще большему потеплению климата. В этой связи необходимо ограничивать сжигание органического топлива и предварительно извлекать из него серу, поскольку имеется серьезная проблема влияния кислых дождей на растительность и воду. С целью исключения указанных воздействий следует увеличить использование возобновляемых, экологически чистых источников энергии, а также термоядерной энергии.

Ожидаются также значительные изменения, касающиеся проблем здоровья людей, транспорта, промышленности и многих других аспектов. Предстоящее изменение климата и его последствия – это крупнейшая проблема выживания человечества, требующая междуна-

родного сотрудничества по координации действий каждой страны. Стратегия сотрудничества распадается на два основных компонента: управление и приспособление. При стратегии управления проблемой основные усилия направлены на снижение эмиссии парниковых газов, прежде всего углекислого газа. При осуществлении стратегии приспособления разрабатываются, например, комплексные проекты защиты конкретных прибрежных зон (систем) от растущего уровня моря. Основным документом, регулирующим сотрудничество в области изменения климата, – Конвенция ООН по изменению климата, принятая в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и развитию. В соответствии с Конвенцией, страны-участники должны взять на себя обязательство по сокращению эмиссии парниковых газов и прежде всего углекислого газа.

Проблема деградации озонового слоя. Максимальная концентрация озона сосредоточена в тропосфере на высотах 15–30 км, где существует озоновый слой. При нормальном приземном давлении весь атмосферный озон образовал бы слой всего 3 мм толщиной.

Озоновый слой тоньше в экваториальных районах и толще в полярных. Он отличается значительной изменчивостью во времени и по территории (до 20 %) вследствие колебаний солнечной радиации и циркуляции атмосферы, что маскирует антропогенные воздействия.

Даже при столь малой мощности озоновый слой в стратосфере играет очень важную роль, защищая живые организмы Земли от вредного воздействия ультрафиолетовой радиации Солнца. Озон поглощает ее жесткую часть с длинами волн 100–280 нм и большую часть радиации с длинами волн 280–315 нм. Кроме того, поглощение озоном ультрафиолетового излучения приводит к нагреванию стратосферы и в значительной степени определяет ее тепловой режим и динамические процессы, протекающие в ней. С воздействием жесткой ультрафиолетовой радиации связаны неизлечимые формы рака кожи, болезни глаз, нарушения иммунной системы людей, неблагоприятные воздействия на жизнедеятельность планктона в океане, снижение урожая зерновых и другие геоэкологические последствия.

Предполагается, что жизнь на Земле возникла после образования в атмосфере Земли озонового слоя, когда сформировалась ее надежная защита. Особенно большой интерес к озону возник в 70-е гг., когда были обнаружены антропогенные изменения содержания озона в результате выбросов в атмосферу окислов азота в результате атомных взрывов в атмосфере, полетов самолетов в стратосфере, при использо-

вании минеральных удобрений и сжигании топлива. Однако наиболее мощным антропогенным фактором, разрушающим озон, являются фтор-, хлорпроизводные метана, этана и циклобутана. Этим соединениям дано название фреоны. Они широко используются при производстве холодильников и кондиционеров, аэрозольных упаковок. Еще более эффективно разрушают озон бромсодержащие соединения, которые также являются продуктом человеческой деятельности. Они выбрасываются в атмосферу в результате сельскохозяйственного производства, при сжигании биомассы, работе двигателей внутреннего сгорания и т. д.

Вследствие деятельности человека с конца 1960-х гг. до 1995 г. озоновый слой потерял около 5 % массы. Ожидается, что максимум потерь стратосферного озона будет достигнут к началу XXI в. с последующим постепенным восстановлением в течение первой его половины в соответствии с Конвенцией по защите озонового слоя.

В связи с исключительной важностью озонового слоя для сохранения жизни на Земле в 1985 г. в Вене была подписана Конвенция по охране озонового слоя. В 1987 г. был подписан Монреальский протокол по запрещению выбросов озоноразрушающих веществ в атмосферу. В 1990 г. в Лондоне и в 1992 г. в Копенгагене были внесены поправки к последнему протоколу. Генеральная Ассамблея ООН в декабре 1994 г. приняла решение объявить 16 сентября международным днем охраны озонового слоя Земли.

Проблема кислотных осадков и асидификации окружающей среды. Асидификация – это антропогенный природный процесс повышения кислотной реакции компонентов окружающей среды, прежде всего атмосферы, гидросферы и педосферы, а также усиления воздействия повышенной кислотности на другие природные явления.

В естественных условиях атмосферные осадки обычно имеют нейтральную или слабокислую реакцию, то есть показатель их кислотности обычно меньше 7,0 ($pH \leq 7$). Кислотные осадки ($pH < 5$) бывают двух типов: сухие, обычно выпадающие вблизи источника их поступления в атмосферу, и влажные (дождь, снег и пр.), распространяющиеся на большие расстояния, соизмеримые с размерами континентов, и потому зачастую превращающие проблему кислотных осадков в международную.

Основные компоненты кислотных осадков – аэрозоли аммиака, оксидов серы и азота, которые при взаимодействии с атмосферной, гидросферной или почвенной влагой образуют серную, азотную и

другие кислоты. Кислотные осадки имеют как естественное, так и антропогенное происхождение. Основные природные источники – извержения вулканов, лесные пожары, дефляция почв и др. Источниками антропогенных кислотных осадков являются процессы сжигания горючих ископаемых, главным образом угля, в тепловых электростанциях, в котельных, в металлургии, нефтехимической промышленности, на транспорте и пр.

В настоящее время антропогенная эмиссия кислотных соединений для мира в целом превышает их суммарные естественные выбросы. В Северном полушарии это соотношение достигает 90:10, вследствие широкого использования ископаемого топлива в Европе и Северной Америке. Эти территории выбрасывают в атмосферу около 70 % общемирового объема веществ, образующих антропогенные кислотные осадки, при населении, составляющем только 14 % населения мира. Основные области распространения кислотных осадков – промышленные районы (Северная Америка, Западная Европа, Япония, Корея и Китай, промышленные узлы в России, отдельные пятна в развивающихся странах). Доля развивающихся стран в распространении кислотных осадков постоянно нарастает и будет еще увеличиваться. В особенности заметным будет усиление асидификации в Азии.

Основной путь контроля кислотных осадков – применение технологических приемов, снижающих эмиссию оксидов серы и азота: использование менее загрязняющего топлива благодаря промывке измельченного угля перед его сжиганием, понижение температуры сжигания угля, извлечение серы из отходящих газов и т. п. Другой путь – экономия в использовании энергии.

При оценке реального воздействия кислотных осадков на ландшафты и их компоненты необходимо сравнивать величины осадков с буферной способностью почв и почвообразующих пород. В целом в зонах недостаточного увлажнения кислотные осадки нейтрализуются и потому серьезной проблемы не представляют. Наоборот, в зонах избыточного увлажнения воздействие кислотных осадков на почвы, леса, водные объекты сказывается наиболее неблагоприятным образом.

Поскольку кислотные осадки переносятся на значительные расстояния, возникает необходимость в международном сотрудничестве в этой области. С этой целью в 1979 г. заключена европейская (с участием США и Канады) Конвенция по трансграничному переносу загрязнений воздуха, к которой впоследствии добавился ряд протоколов по сокращению эмиссии оксидов серы и азота. В процессе выполне-

ния Конвенции достигнуты значительные успехи в снижении асидификации. В большей степени успехи относятся к соединениям серы, в меньшей – к соединениям азота.

Одной из серьезных локальных универсальных геоэкологических проблем является **загрязнение воздуха**. Фоновое загрязнение воздуха охватывает площади, соизмеримые с площадью континентов или всего мира. Оно связано с поллютантами, отличающимися относительно продолжительным временем жизни в атмосфере. К ним относятся парниковые газы, оксиды азота и серы и некоторые другие вещества. Рост их концентрации в атмосфере свидетельствует о том, что естественный экологический баланс нарушен и природная поглотительная емкость атмосферы исчерпана. На фоновое загрязнение воздуха наложены крупные пятна локального загрязнения. Это в основном проблема больших городов и крупных промышленных предприятий и узлов. Она возникла как одна из первых экологических проблем в промышленно развитых странах, где достигла своего пика приблизительно в 1960-х гг. С тех пор благодаря осуществляемым целенаправленным стратегиям качество воздуха в городах Западной Европы, Северной Америки и Японии в целом улучшилось.

Практически во всех больших городах развивающихся стран качество воздуха весьма низкое и продолжает ухудшаться. Это одна из важнейших проблем, влияющая на здоровье людей и состояние городских и пригородных экосистем.

Основными источниками загрязнения воздуха являются теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, химическая промышленность, транспорт, нефте- и газопереработка. Каждый индустриальный источник загрязнения выделяет в воздух десятки тысяч веществ. По некоторым основным группам предприятий-загрязнителей они распределяются следующим образом: теплоэнергетика (оксиды углерода, серы и азота, пыль, металлы); транспорт (оксиды углерода и азота, углеводороды, тяжелые металлы); черная металлургия (пыль, диоксид серы, фтористые газы, металлы); нефтепереработка (углеводороды, сероводород, дурнопахнущие газы); производство цемента (пыль).

Последствия локального загрязнения воздуха столь же многообразны, как и загрязнители. По статистике, собранной в США, в городах с высоким загрязнением воздуха заболеваемость выше, чем в сельской местности на 15–17 %. Есть все основания полагать, что этот показатель для ряда городов СНГ еще хуже. В экосистемах городов и прилегающих территорий накапливаются вредные вещества (напри-

мер, тяжелые металлы), а растительность трансформирована или угнетена. Радиус зоны вредных воздействий достигает нескольких десятков километров.

Основными направлениями защиты воздушного бассейна являются: а) санитарно-технические мероприятия (строительство сверхвысоких труб, установка газопылеочистного оборудования, герметизация производственных процессов и др.). Основная масса очищаемых и улавливаемых веществ – твердые частицы; б) технологические мероприятия (внедрение малоотходных или безотходных технологий, соответствующая подготовка сырья, замена сухих технологических процессов на мокрые и т. п.); в) пространственно-планировочные мероприятия (выделение санитарно-защитных зон, планировка городской и промышленной застройки в соответствии с преобладающими ветрами, озеленение и пр.); г) контрольно-запретительные мероприятия (введение величин предельно допустимых концентраций веществ и предельно допустимых выбросов в окружающую среду, запрещение производства отдельных веществ, временная приостановка загрязняющей деятельности, мониторинг загрязнения воздуха).

ЛЕКЦИЯ 9. ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ГИДРОСФЕРУ

Вода – важнейший агент и фактор географической среды. Во многих странах мира отмечается ухудшение геоэкологического состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий, связанное в первую очередь со значительно возросшим антропогенным воздействием на природные воды. Оно проявляется в изменении как водных запасов и гидрологического режима водотоков и водоемов, так и качества вод. Своей производственной деятельностью человек оказывает влияние на все основные элементы гидрологического цикла: осадки, испарение, сток, однако степень этого влияния на разные компоненты далеко не одинакова. Следует отметить, что гидрологический цикл является важнейшим процессом в географической среде, зависящий в то же время от изменения ее состояния. Он служит основой единства географической оболочки, играя важнейшую роль во всемирном обмене веществом и энергией.

Наращение дефицита водных ресурсов и прогрессирующее ухудшение их качества объединяются под общим понятием деградации природных вод. В пределах крупных речных водосборов и обширных территорий, расположенных в наиболее освоенных в хозяй-

ственном отношении районах Земли, на водные объекты оказывают влияние одновременно многие *антропогенные факторы*. По характеру воздействия на ресурсы, режим и качество водных объектов суши их можно объединить в несколько групп:

- непосредственно воздействующие на водный объект путем прямых изъятий воды и сбросов природных и сточных вод (системы промышленного и коммунального водоснабжения, каналы переброски стока, коллекторы сточных вод) или за счет преобразования морфологических элементов водотоков и водоемов (создание в руслах рек водохранилищ и прудов, обвалование и спрямление русел рек и берегов озер, выемки грунта из рек и водоемов и т. п.).

- воздействующие на водный объект посредством изменения поверхности речных водосборов и отдельных территорий (агротехнические мероприятия, осушение болот и заболоченных земель, вырубка и посадка лесов, урбанизация и т. п.).

- воздействующие на основные элементы влагооборота в пределах конкретных речных водосборов и отдельных территорий посредством изменения климатических характеристик в глобальном и региональном масштабах (промышленные и энергетические объекты, нарушающие газовый состав и загрязняющие атмосферу, а также крупномасштабные водохозяйственные мероприятия).

Наиболее существенное влияние на водные объекты суши оказывают факторы первой группы, которые непосредственно связаны с масштабами водопотребления и водоотведения.

В настоящее время наибольшее антропогенное воздействие испытывают речные системы. Масштабы воздействия хозяйственной деятельности на ресурсы и качество воды болот, озер и месторождений подземных вод гораздо меньше по сравнению с антропогенным воздействием на речные системы.

Водные ресурсы и водообеспеченность. Водные ресурсы – это пригодные для употребления пресные воды, заключенные в реках, озерах, ледниках, подземных горизонтах. Пары атмосферы, океанические и морские соленые воды в хозяйстве пока используются незначительно и поэтому составляют потенциальные водные ресурсы.

В мировом хозяйстве вода используется практически во всех отраслях экономики: в энергетике, для орошения сельскохозяйственных угодий, для промышленного и коммунально-бытового водоснабжения. Часто водные источники служат не только для целей водозабора, но и являются объектами хозяйственного использования в качестве

транспортных магистралей, рекреационных зон, водоемов для развития рыбного хозяйства.

Забор воды из всех источников мира составляет около 4000 км^3 в год. Объем других широко используемых природных ресурсов, таких как уголь или нефть, примерно на три порядка меньше. За последние 80 лет сельскохозяйственное использование воды увеличилось в 6 раз, коммунальное – в 7 раз, промышленное – в 20 раз, а общее – в 10 раз. Громоздкость воды как ресурса приводит к необходимости использования его поблизости от местонахождения или к большим трудностям и высокой стоимости передачи воды на значительные расстояния. Таким образом, водные ресурсы локальны.

Хозяйственная ценность или качество водно-ресурсного потенциала региона тем выше, чем значительнее доля устойчивой составляющей стока. Ее величина количественно определяется объемом подземного стока и меженным русловым стоком. Общий объем доступных водных ресурсов мира оценивается в 41 тыс. км^3 в год, из них лишь 14 тыс. км^3 составляют их устойчивую часть.

Одним из показателей состояния водных и связанных с ними геоэкологических проблем в той или иной стране является доля используемой воды по отношению к имеющимся ресурсам. Другой показатель степени напряженности с обеспечением водными ресурсами – это количество водных ресурсов на каждого жителя. Для стран с преимущественно транзитным стоком и крупных стран с разнообразными региональными условиями формирования стока этот показатель нерепрезентативен. Однако для всей совокупности стран мира он полезен для сравнительной оценки ситуации с водными ресурсами.

Водообеспеченность изменяется от страны к стране на несколько порядков. Уровень 500 м^3 на человека в год и менее является чрезвычайно низким, даже пороговым, для устойчивого развития. Уровень 1000 м^3 на человека обычно принимается в качестве критического, указывающего на то, что страна находится в состоянии острого дефицита водных ресурсов. В настоящее время 15 стран (из 145, по которым были данные) с населением 110 млн чел. располагают менее чем 500 м^3 на чел. Весьма низкий уровень водных ресурсов ($500\text{--}1000 \text{ м}^3$ на чел.) характерен еще для 12 стран с населением 120 млн чел. Для этих 27 стран дефицит водных ресурсов определяет существование их населения, это вопрос жизни и смерти и причина важнейших стратегических решений правительств. Еще 58 стран с населением 3,4 млрд чел. живут в условиях малого количества водных ресурсов

(1000–5000 м³/чел.). Всего к 1990 г. 85 стран с 70 % населения мира стояли перед проблемами дефицита водных ресурсов. Это в основном развивающиеся страны, где недостаток водных ресурсов является одним из важнейших препятствий их социального и экономического развития. Многие страны с ресурсами, превышающими 5000 м³/чел, выглядят благополучными, но на самом деле средняя цифра часто скрывает серьезные региональные различия внутри стран. Поскольку численность населения мира будет увеличиваться, а объем имеющихся водных ресурсов останется постоянным, ситуация дефицита водных ресурсов будет и далее ухудшаться, вызывая дальнейшее углубление противоречий, связанных с использованием водных ресурсов как на международном, так и на национальном уровнях. К 2025 г. уже 1,4 млрд чел. в 45 странах мира будут располагать менее чем 1000 м³ на чел. за год. Около 75 % населения мира приблизительно в 100 странах будет жить в условиях дефицита воды, или, иными словами, под угрозой экологической, экономической и политической неустойчивости. Если существующие в настоящее время способы ведения хозяйства не изменятся, будет продолжаться и ухудшение качества воды, что еще более осложнит ситуацию.

Регулирование и переброска речного стока. Когда на какой-либо территории потребность в воде начинает превосходить величину устойчивого речного стока и другие источники водных ресурсов отсутствуют или почему-либо не могут быть использованы, возникает необходимость в регулировании речного стока, то есть в строительстве плотин и создании водохранилищ.

В настоящее время в мире существует около миллиона созданных человеком водохранилищ разного размера. Их общий объем превышает 6000 км³ и полезный объем – 3000 км³. При этом полезном суммарном объеме водохранилища увеличивают устойчивый сток, то есть возобновимые ресурсы, пригодные к использованию, на 25 %. С другой стороны, средняя мировая продолжительность водообмена в речных системах увеличилась с 20 до 100 суток, что указывает на ухудшение их экологического состояния.

Гидроэлектрические станции не загрязняют окружающую среду. Они играют также важную роль в энергетических системах. В особенности важно их свойство практически мгновенно реагировать на изменения спроса на энергию: вечерние и утренние пиковые нагрузки в энергосистемах, связанные с повседневной жизнью людей, наиболее эффективно покрываются гидроэлектростанциями. Развитие ороше-

ния во многих районах мира невозможно без создания водохранилищ. Водоохранилища на крупных реках улучшают также условия навигации. В экономически развитых районах мира плотины задерживают загрязняющие вещества, переносимые рекой, переводя их в донные отложения. Плотины с сопутствующими сооружениями (водохранилищами, ирригационными системами, гидроэлектростанциями, шлюзами и пр.) составляют важную часть стратегии развивающихся стран.

Вместе с тем многие отрицательные последствия строительства плотин и водохранилищ являются серьезным аргументом против их дальнейшего развития. Это – высокая стоимость строительства и переселения жителей из зоны затопления; большие потери земельных ресурсов высокого качества; серьезные и плохо предсказуемые геоэкологические последствия; глубокие изменения гидрологического режима в верхнем и нижнем бьефах плотин; перехват стока биогенных элементов (фосфора и азота) и, соответственно, снижение биологической продуктивности морей; подъем уровня грунтовых вод с сопутствующими изменениями продуктивности природных и антропогенных ландшафтов; ухудшение условий для рыбного хозяйства; нарушение установившегося уклада жизни и хозяйства; несовместимость интересов различных социальных групп населения, которые могли быть затронуты в результате строительства и др.

На определенной стадии развития водного хозяйства некоторой территории, когда не только устойчивая часть речного стока и доступная часть ресурсов подземных вод, но и дополнительный ресурс, получаемый вследствие регулирования стока приближаются к экономически и экологически рациональному пределу, возникает интерес к осуществлению проектов передачи части речного стока из водообеспеченного в водедефицитный регион. Масштабы крупнейших перебросок в мире выросли на порядок, от 0,5–1 км³ в год в начале этого века примерно до 10 км³ в год.

Таким образом, водохранилища и переброска речного стока, с одной стороны выполняют задачу увеличения и перераспределения объема возобновимых водных ресурсов. С другой стороны, приносят много неблагоприятных последствий. Поэтому при проектировании нового гидротехнического объекта, в особенности крупного, необходимо проводить его геоэкологическую экспертизу с целью поиска оптимального решения, учитывающего инженерные, экономические и экологические аспекты проекта, в котором сумма выгод в конечном

итоге должна превышать сумму потерь, и в каждом случае это решение должно быть индивидуальным.

Геоэкологические аспекты водного хозяйства. Эффективное водное хозяйство – это умение уравновесить имеющиеся водные ресурсы территории и спрос на них, не допуская при этом ухудшения качества окружающей среды. Иными словами, это искусство соблюдать водохозяйственный баланс. Имеются два принципиально различных пути его достижения. Как правило, при традиционном водном хозяйстве потребность в воде постоянно возрастает, и баланс достигается системой мер, обеспечивающих увеличение подачи воды. Но баланс между спросом и предложением может быть достигнут также посредством регулирования спроса на воду. Здесь огромное поле деятельности, потому что водные ресурсы используются неэффективно практически во всех странах и во всех отраслях водного хозяйства. Кроме того, снижение водопотребления вызывает меньший ущерб окружающей среде. И, наконец, регулирование спроса – это единственный путь замкнуть водный баланс, когда все ресурсы уже использованы и подача воды уже не может быть увеличена.

В современном хозяйстве главными потребителями вод являются промышленность, сельское хозяйство и коммунально-бытовые службы. Они изымают из естественных и искусственных водоемов для своих нужд определенные объемы воды, которые составляют водозабор. Очень много воды идет на ирригацию, что составляет около 65 % всей забираемой воды. В аридных районах этот показатель намного выше и достигает в отдельных случаях 98 %. Доля промышленности в водопотреблении мира составляет около 25 %. В странах с достаточным увлажнением, где интенсивное орошение не требуется, эта доля достигает 71–87 % от суммарного водопотребления. Городское население потребляет не более 10 % всего объема забираемой воды, но это очень дорогая вода, потому что строительство и эксплуатация весьма сложных систем водоснабжения обходится весьма дорого.

В процессе использования некоторое количество изъятой воды теряется на испарение, просачивание, технологическое связывание и т. д., причем у различных потребителей масштабы такого расхода неодинаковы. Для небольших по площади территорий эти потери рассматриваются как безвозвратные. Наиболее значителен их объем (до 80–90 %) при сельскохозяйственном использовании. В некоторых отраслях промышленности разработаны и продолжают интенсивно совершенствоваться схемы замкнутого или многократного водопользо-

вания, при помощи которых существенно снижаются как объемы водозабора в целом, так и величины безвозвратных потерь. Неоднократное использование одного и того же объема воды сокращает водозабор, но заставляет ввести в водохозяйственный баланс еще одну категорию – водопотребление – общий объем воды, используемый данной отраслью хозяйства за определенный отрезок времени. В сфере коммунального хозяйства водопотребление и водозабор равны между собой, потому что обратное водоснабжение в данной отрасли на современном уровне практически не осуществляется. В промышленности водозабор оказывается намного ниже водопотребления за счет применения замкнутых циклов водоснабжения, когда из источников вода забирается лишь для компенсации безвозвратных потерь. В сельском хозяйстве водопотребление тоже может количественно превышать водозабор из источников, поскольку для орошения часто используются органические стоки городских коммунальных систем или частично очищенные отработанные воды некоторых промышленных предприятий. В региональном плане структура водозабора и водопотребления может существенно меняться, отражая и общий уровень экономического развития хозяйства, и его специализацию, и в незначительной степени специфику природных условий.

Коммунальное и сельское хозяйство, промышленность и гидроэнергетика предъявляют различные требования к качеству воды. Наиболее высокими санитарными и вкусовыми качествами должны обладать воды, используемые в питьевых целях и в некоторых отраслях промышленности (пищевой, химической и др.). Metallургическое или, например, горнорудное производство может обходиться водами низкого качества, использовать оборотные системы водоснабжения.

Любое хозяйственное использование вод различными потребителями сопровождается появлением отработанных вод или стоков. Они перегружены огромным количеством инородных веществ промышленного, сельскохозяйственного или коммунального происхождения, изменяющих физические и химические свойства водной массы. Различают химические воздействия – поступления в водные объекты загрязняющих веществ, вызывающих изменение химического состава вод, сформированного естественным путем, и физические воздействия – изменения физических параметров водных экосистем, которые приводят к нарушению естественных гидрохимических процессов и формированию вод нового состава. Следствием химических и физических воздействий является изменение состава донных отложений и живого

вещества водных объектов. Существуют две основные категории источников загрязнения водных объектов: источники точечного загрязнения и рассеянного загрязнения.

Вследствие накопления в воде биогенных элементов происходит усиление биологической продуктивности водоемов. Эвтрофикация приводит к ряду неблагоприятных экономических последствий: ухудшению качества воды, снижению рекреационной ценности озера, снижению рыбной популяции, блокированию водосбросов, каналов и даже навигационных путей.

Даже если применяются наиболее совершенные из известных современной науке методы очистки отработанных вод (механические, химические, биологические), для разбавления 1 м³ таких стоков необходимо потратить не менее 8–10 м³ чистых природных вод. Если же сбрасываются неочищенные стоки, то расход воды возрастает в несколько раз. В настоящее время в мире среди хозяйственных стоков, сбрасываемых в естественные водоемы, превалируют категории слабо очищенных или вообще неочищенных вод. Наряду с «обычным» загрязнением воды, увеличивается число случаев катастрофических ситуаций, когда вследствие технологической аварии в реку, озеро или подземные воды попадает значительный объем высокотоксичных вод, наносящих серьезный и долговременный ущерб. В результате кризисные явления поражают не только районы, изначально обедненные водными запасами, но и такие, где существуют благоприятные природные предпосылки для образования значительных объемов воды.

Стандарты качества воды – важный инструмент управления состоянием окружающей среды. Предприятия могут платить штрафы, если сбросы воды не соответствуют стандартам, или налоги, пропорциональные степени вклада в загрязнение воды. Эти меры помогают в решении проблем качества воды в развитых странах. Однако по ряду разнообразных причин они не действенны в большинстве развивающихся стран и стран с переходной экономикой. Следует также отметить, что экономика использования водных ресурсов требует большего внимания. Пока что вода во всем мире имеет низкую цену, а то и вовсе бесплатна, что ведет к неэффективному использованию водных ресурсов и, как следствие, к серьезным экологическим проблемам.

Управление водными ресурсами удобнее всего осуществлять для всего бассейна реки или озера или бассейна подземных вод. Однако политические и административные границы, как правило, не совпадают с водоразделами. Внутри стран это приводит к неудобной си-

туации, когда водное хозяйство осуществляется по речным бассейнам, в то время как большая часть другой экономической деятельности привязана к административному делению. На международном уровне это может приводить к конфликтам, связанным с использованием водных ресурсов. Около половины населения мира живет в не менее чем 220 международных речных и озерных бассейнах, причем более 25 бассейнов принадлежат четырем и более странам.

Комиссия ООН по вопросам права сформулировала принципы международного сотрудничества в области водных ресурсов. Они включают четыре межгосударственных обязательства: 1) информировать соседние государства и консультироваться с ними, прежде чем предпринимать какие-либо действия, которые могут привести к изменениям состояния разделяемых водных ресурсов; 2) регулярно обмениваться гидрологическими данными; 3) избегать причинения ущерба другим пользователям водных ресурсов; 4) распределять воду из общего водного источника «разумно и справедливо».

Таким образом, стратегия решения водных проблем, успешное водное хозяйство – это поддержание баланса между спросом и предложением без ухудшения (по крайней мере) геоэкологического состояния территории. Необходимо сбалансировать также различные, часто конфликтные интересы и задачи различных общественных групп и секторов экономики. Водное хозяйство региона (бассейна) должно базироваться на многокритериальной и междисциплинарной основе. Необходимо комбинировать инженерные, экономические, экологические, юридические, социальные, политические действия, потому что ни одно из них, взятое в отдельности, не может обеспечить эффективные и долговременные решения водных проблем.

Геоэкологические проблемы Мирового океана. Современное общество все больше осознает всеобъемлющее значение Мирового океана как источника колоссальных запасов полезных ископаемых, биологических ресурсов, средства для межконтинентальных связей, генератора и регулятора климата нашей планеты. Но в то же время человечество истощает природные ресурсы океана и загрязняет его акваторию. С каждым днем влияние антропогенной деятельности на Мировой океан, во многих случаях превосходящее естественные процессы, становится все более заметным и приводит к существенному нарушению его геоэкологического баланса.

Под загрязнением моря в международной практике и в Конвенции ООН по морскому праву 1982 г. понимается введение человеком

непосредственно или косвенно вещества или энергии в морскую среду, которое приводит или может привести к вредным последствиям в виде нанесения ущерба живым ресурсам, опасности для здоровья человека, создания помех морской деятельности, включая рыболовство и т. д. Источников и каналов загрязнения океана очень много. По месту возникновения они подразделяются на наземные, атмосферные и морские; по временному признаку – на постоянные (выпаривание и вымывание загрязняющих веществ из атмосферы, сброс с суши, эксплуатационные сливы судов и т. д.) и случайные (аварии кораблей, катастрофы при добыче полезных ископаемых, в результате военных действий и т. д.), по источнику поступления – на точечные (от коллекторов сточных вод, морских судов, нефтяных платформ и т. д.) и сливные (с сельскохозяйственных угодий, урбанизированных территорий). В зависимости от площади распространения различают локальные загрязнения (радиус до 10 км); субрегиональные (до 100 км); региональные (до 1000 км) и глобальные, охватывающие весь Мировой океан.

Устойчивость геосистемы Мирового океана основана на постоянстве среды. Это состояние учитывает поступление в океан вредных веществ, но в концентрациях, не вызывающих неблагоприятные последствия. Воздействие загрязнителей на биоту океана зависит от степени опасности, стойкости, агрегатного состояния, масштаба, продолжительности воздействия загрязнения и вида организма.

Одним из основных загрязнителей Мирового океана являются нефтяные углеводороды – нефть и нефтепродукты. Наиболее загрязнены нефтью районы интенсивного судоходства и морских нефтепромыслов. Разлитая по поверхности океана нефть нарушает процесс тепло-, водо- и газообмена на границе океана и атмосферы. Являясь токсичным веществом, нефть отрицательно воздействует на все виды морских организмов. Больше всего нефти в океан поставляет суша посредством атмосферных осадков, речного и ливневого стока. Около трети нефти попадает в океан при морских перевозках, из нее более половины приходится на эксплуатационные сливы судов (0,4 % от перевозимого объема). Кроме того, источниками загрязнения нефтяными углеводородами являются аварии танкеров, морские нефтяные промыслы (1–2 %) и естественное просачивание нефти из морского дна (10 %). Всего в океан ежегодно поступает около 5–6 млн т нефти. Океан не способен нейтрализовать всю нефть, поступающую вследствие антропогенной деятельности. Только около одной четверти ее

окисляется бактерионейстоном океана. Существуют механические, физико-химические, химические и биологические методы борьбы с нефтяным загрязнением.

Следующий загрязнитель океана – химические вещества, производимые человеком. Это кислоты, щелочи, продукты коксохимии, растворители, спирты, пестициды, гербициды, детергенты и т. д. Они оказываются в океане в результате аварий морских химовозов и поступлений с суши. В настоящее время в Мировой океан ежегодно сбрасывают около 30000 различных химических соединений, объемом до 1,2 млрд т. Повышение содержания в воде органических соединений – нитратов и фосфатов – ведет к бурному развитию бактерий, синезеленых и диатомовых водорослей и тем самым вторичному загрязнению моря продуктами их метаболизма и распада.

Глобальный характер носит загрязнение океана тяжелыми металлами, прежде всего ртутью, свинцом, кадмием. Они попадают в океан главным образом через атмосферу и с речным стоком. От одной трети до половины промышленного производства ртути (3–5 тыс. т) и около 2 млн т свинца ежегодно попадает в океан.

Значительную опасность представляет загрязнение океана отходами атомной и военной промышленности. Оно связано с захоронением радиоактивных отходов, авариями судов с атомными реакторами и сбросом теплой воды, используемой для охлаждения реакторов АЭС.

Быстро растет загрязнение океана твердым мусором. Ежегодно в океан только с судов сбрасывается около 7 млн металлических, 430 тыс. стеклянных, 640 тыс. бумажных и пластмассовых предметов. Эти отходы, как правило, не разрушаются и накапливаются в океане.

Современное загрязнение Мирового океана характеризуется распространением на открытые районы океана, переносом загрязняющих веществ в более глубокие слои воды и их накоплением в морских организмах. Локальные загрязнения и их экологические последствия все чаще приобретают глобальный характер.

Общие последствия загрязнения проявляются в накоплении химических, токсических веществ в биоте, микробиологическом загрязнении прибрежных районов, снижении биологической продуктивности, прогрессирующей эвтрофикации, возникновении мутагенеза и канцерогенеза, нарушении устойчивости экосистем. Кроме того, загрязнение океана сказывается на хозяйственной деятельности человека и его здоровье. Токсические вещества через трофические цепи вызывают у людей ряд специфических заболеваний.

Под экономическим ущербом, вызванным загрязнением морской среды, понимаются фактические и возможные потери в производственной и непроизводственной сфере, выраженные в стоимостной форме. Потери в результате снижения оздоровительной, спортивной, эстетической ценности водоемов плохо поддаются подсчетам. Обычно представляется возможным определить локальный ущерб, нанесенный отдельным видам морского хозяйства в пределах небольших акваторий, обусловленный залповым выбросом загрязнителей. Например, экономический ущерб от загрязнения нефтью включает прямые потери от загрязнения, затраты на его ликвидацию и стоимость недополученного продукта (рыбы, услуг рекреантам и т. д.).

Долгое время океан полностью перерабатывал поступающие в него вредные вещества, но сейчас загрязнение достигло такого масштаба, что природных процессов самоочищения недостаточно. Кроме загрязнения отрицательное влияние на морскую среду оказывает добыча полезных ископаемых, нерациональное использование биологических и других природных ресурсов океана, строительная, военная и другая деятельность человека.

Природные геосистемы океана испытывают постоянно возрастающее антропогенное давление. Для их оптимального функционирования, динамики и прогрессивного развития необходимы специальные мероприятия по охране морской среды. Они должны включать ограничение и полное запрещение загрязнения Мирового океана; регулирование использования его природных ресурсов, создание охраняемых акваторий, геоэкологический мониторинг и т. д.

В настоящее время существуют международные соглашения по отдельным морям, регулирующие совместные действия по борьбе с загрязнением, предотвращению и ликвидации экологических катастроф, по организации совместных наблюдений за качеством воды, по охраняемым акваториям и территориям и другим вопросам, требующим совместных согласованных действий. Помимо региональных, существуют и другие международные соглашения, регулирующие различные геоэкологические проблемы морей и океанов.

ЛЕКЦИЯ 10. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛИТОСФЕРЫ

Литосфера представляет собой верхнюю твердую оболочку планеты толщиной от 50 до 200 км, имеющую большую прочность и переходящую без определенной резкой границы в нижележащую асте-

носферу. Сверху литосфера ограничивается гидросферой и атмосферой, частично проникающими в нее. Литосфера является геологической основой ландшафта, почв, средой обмена веществом и энергией с атмосферой и поверхностной гидросферой, через нее осуществляется круговорот воды в природе. Она служит накопителем пресных вод, входящих в структуру наземной биоты, обеспечивая процессы ее жизнедеятельности. Литосфера – среда сосредоточения природных минеральных ресурсов, необходимых для функционирования и развития человечества как общественной социальной структуры. В связи с этим свойства литосферы требуют особого рассмотрения в первую очередь с позиции ее геоэкологических функций, как продукта природного и техногенного развития верхней части земной коры.

Под геоэкологическими функциями литосферы понимается все многообразие функций, определяющих ее роль и значение, в жизнеобеспечении биоты и человеческого общества. Все геоэкологические функциональные зависимости между природной и техногенно преобразованной литосферой, с одной стороны, и биотой и человечеством, с другой, можно свести к четырем основным группам: ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической.

При этом следует учитывать, что геоэкологические функции литосферы и их современная выраженность обусловлены эволюционным развитием Земли под воздействием природных и техногенных факторов. На фоне эволюции природных сред в геологической истории Земли с рассматриваемых нами позиций (тенденции в развитии геоэкологических функций литосферы) можно выделить два основных временных этапа. Первый этап – природный, охватывает временной период от зарождения жизни на Земле (около 3,5 млрд лет назад) до появления человеческой цивилизации и второй этап – природно-техногенный, охватывающий временной интервал порядка 200 лет и являющийся главным образом порождением техногенеза.

Ресурсы литосферы на первом из этих этапов характеризовались накопительной функцией, сделавшей возможным не только эволюционное развитие органического мира, но и создавшей материальный базис для появления человеческой цивилизации. Это период накопления минеральных ресурсов литосферы, ее топливно-энергетического потенциала. Со вторым, природно-техногенным этапом развития, связано коренное изменение сущности ресурсной функции. Период накопления многих ресурсов сменился периодом интенсивного и прогрессирующего их потребления, в том числе и ресурсов не возобновляе-

мых. В настоящее время мировое сообщество уже ставит вопрос о приближении периода их полной сработки. Сказанное в равной мере касается и дефицита геологического пространства, наиболее острого в малых по площади странах с большей численностью населения.

Геодинамическая функция литосферы более сжата в геологическом времени по сравнению с ресурсной и в качестве таковой рассматривается с момента альпийского орогенеза и особенно новейшего этапа его проявления, когда сформировался современный рельеф планеты, а в голоцене – и основные черты ее ландшафтно-климатической зональности. Более ранний период, когда этапы активизации геологических процессов сменялись этапами относительного покоя, не имеет четкого выражения в закономерностях пространственного развития современных геологических процессов. За рамками рассмотрения остается и оценка влияния прошлых геологических процессов на органический мир. И хотя сам факт такого влияния сомнений не вызывает, значимость этого фактора разными учеными трактуется далеко не однозначно и до сих пор остается предметом острых дискуссий. Это касается и крупномасштабных, и глобальных катастроф. Их связывают как с земными, так и с космическими причинами.

На втором, природно-техногенном этапе развития, ведущая роль в становлении геодинамической функции переходит к техногенному воздействию, с которым связана не только интенсификация деструктивных процессов, но и их динамика. Можно уверенно говорить о резком возрастании роли геодинамической функции литосферы на современном этапе развития и о принципиально новом, более интенсивном, уровне ее влияния на биоту и комфортность существования человека. Одновременно следует учитывать, что техногенез не только вызывает к жизни новые негативные процессы или активизирует природные, но в ряде случаев позволяет снижать их активность и осуществлять локализацию. Последнее можно рассматривать как отличительную, специфическую черту геодинамической функции, открывающей возможность управления экзогенными геологическими процессами с помощью мер инженерной защиты объектов, сооружений и территорий.

Геофизическая и геохимическая функции литосферы как продукт эволюции Земли занимают свою геоэкологическую нишу. Первый этап их становления охватывает весь период развития Земли до начала техногенеза и является временем формирования подавляющей части

аномалий геохимических и геофизических полей, включая геопатогенные. Динамика и масштабы этого процесса тесно связаны с этапами эволюции Земли и определялись только природными факторами.

На природно-техногенном этапе развития эти функции получили четкую техногенную обусловленность и часто являются ведущими при оценке современного состояния геосистем. На урбанизированных территориях, в промышленных и горнодобывающих районах, в зонах интенсивного земледелия именно они стали во многом определять комфортность существования, а часто и медико-санитарные условия жизни человека. По сути, такое качество рассматриваемые функции приобрели только в эпоху техногенеза, когда стали формироваться техногенные геохимические и физические аномалии. По площади распространения и глубине воздействия на биоту, включая человека, они значительно опаснее многих природных аномалий.

Ресурсная геоэкологическая функция литосферы определяет роль минеральных, органических и органоминеральных ресурсов, геологического пространства литосферы для жизнедеятельности биоты и человеческого общества. Она включает в себя минеральные ресурсы литосферы, необходимые для жизни биоты; минеральные ресурсы, необходимые для человеческого общества как социальной структуры; ресурсы геологического пространства – площадные и объемные ресурсы литосферы, необходимые для расселения и существования биоты, включая человека как биологический вид и человечество как социальную структуру. Первые два аспекта связаны с изучением и оценкой минеральных, органических и органоминеральных ресурсов литосферы, в том числе подземные воды. Последний вид ресурсов обусловлен геоэкологической емкостью геологического пространства, охватывающего приповерхностную часть литосферы как в площадном, так и объемном измерении.

Ресурсы литосферы, необходимые для жизни биоты, включая человека как биологический вид, представлены четырьмя составляющими: 1) горными породами, включающими в себя элементы биофильного ряда – растворимые элементы, жизненно необходимые организмам и называемые биогенными элементами; 2) кудюритами – минеральными веществами кудюров, являющихся минеральной пищей животных – литофагов; 3) подземными водами.

Элементы и их соединения, составляющие основу биофильного ряда и требующиеся биоте в больших количествах, называют макробиогенными (углерод, кислород, азот, водород, кальций, фосфор, се-

ра), а в малых количествах – микробиогенными. Для растений это *Fe, Mn, Cu, Zn, B, Si, Mo, Cl, V, Ca*, которые обеспечивают функции фотосинтеза, азотного обмена и метаболическую функцию. Для животных требуются как перечисленные элементы (кроме бора), так и дополнительно селен, хром, никель, фтор, йод и олово. Несмотря на малые количества, все эти элементы необходимы для жизнедеятельности биосистем и выполнения живыми организмами биогеохимических функций.

Важным аспектом, связанным с пониманием жизнедеятельности биоты, являются биогеохимические циклы. Это в большей или меньшей степени замкнутые пути циркуляции химических элементов, входящих в состав клеточной протоплазмы из внешней среды в организм и опять поступающих во внешнюю среду. В таком круговороте вещества различают два фонда – резервный и обменный. Первый, как правило, небιологический компонент – большая масса медленно движущихся веществ, второй – быстрый обмен между организмами и их окружением. На этой основе выделяются два типа биогеохимических циклов: 1) круговорот газообразных веществ с резервным фондом в атмосфере и океане; 2) осадочный цикл с резервным фондом в земной коре, который является предметом изучения геологических наук. Он включает в себя такие элементы, как фосфор, железо, сера и др.

Минеральные вещества кудюров являются эпизодической пищей травоядных и всеядных животных, употребляемой ими два раза в год с целью регуляции солевого состава организма. В основном это минералы группы цеолитов. Эта группа минеральных ресурсов включает в себя так называемые «нетрадиционные» источники минерального сырья, к которым относятся цеолиты, бентониты, полыгорскиты, глаукониты, диатомит. Все они являются стимуляторами роста растений, животных и рыб.

Подземные воды как основа существования биоты пояснений не требуют. Как отмечал В. И. Вернадский, «живое вещество в течение всего 7–10 млн лет пропускает через себя такое количество воды, которое равно по объему и количеству Мировому океану».

Минеральные ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества относятся к категории исчерпаемых ресурсов и группе невозобновляемых, за исключением пресных подземных вод. Особенно важную роль они играют в социально-экономическом развитии человеческого общества. По сути, минеральные ресурсы являются базисом пирамиды, отражающей социально-экономические и

геоэкологические проблемы развития материальной основы современного общества. Эти проблемы взаимосвязаны между собой и в сумме определяют роль ресурсной функции литосферы (состояние ее минерально-сырьевой базы) в функционировании геосистем высокого уровня организации.

В настоящее время из недр извлекается около 200 видов полезных ископаемых, включающих все элементы таблицы Менделеева, а годовой объем мировой добычи минерального сырья достигает порядка 17–18 млрд т. горной массы в год. По прогнозам некоторых экономистов запасы многих видов минерального сырья иссякнут к 2050 г., а свинца и цинка хватит лишь до начала XXI в.

Геоэкологическое значение подземных вод определяется объемами и направлениями их использования. Основными из них являются: хозяйственно-питьевое водоснабжение, техническое водоснабжение, орошение земель, обводнение пастбищ, лечебное (использование минеральных вод в бальнеологических целях), геотермальные (использование геотермальных вод для отопления и получения электроэнергии), промышленное (использование подземных вод для извлечения ряда полезных компонентов – йода, брома, бора, лития, стронция, поваренной соли и др.).

Рассматривая геологическое пространство как ресурс, необходимый для расселения и существования биоты, можно констатировать, что и здесь его резервы лимитированы. В настоящее время на нашей планете освоено 56 % поверхности суши. Интенсивно осваивается подземное пространство литосферы на урбанизированных территориях и в местах захоронения и складирования экологически опасных (токсичных и радиоактивных) отходов.

Геодинамическая геоэкологическая функция литосферы отражает свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления. Отличительной чертой геодинамической функции является возможность ее реализации как непосредственно, в виде негативного по отношению к биоте явления, так и опосредованно, через ресурсную, геофизическую или геохимическую функции.

Все катастрофические и неблагоприятные природные и антропогенные геологические процессы по негативному воздействию на биоту можно подразделить на две принципиально различные группы. Процессы и явления первой группы представляют непосредственную угрозу существованию биоты и в том числе человека. Они образуют

следующий классификационный ряд (по убыванию негативного воздействия): землетрясение, извержение вулканов, цунами, оползни, сели, лавины, отвалы и провалы. Процессы и явления второй группы не несут непосредственной угрозы существованию биоты, но влияют на изменение условий ее жизнедеятельности, комфортность проживания человека: новообразования и деградация мерзлоты, дефляция и ветровая эрозия, заболачивание, термокарст, водная площадная эрозия, суффозия. Такие геологические процессы, как абразия, линейная водная эрозия, карст и некоторые другие, в зависимости от характера проявления могут быть отнесены как к первой, так и ко второй группам.

Рассматривая геодинамическую функцию литосферы, необходимо учитывать особенности ее развития во времени и пространстве. В отличие от атмосферы, где любые возмущения достаточно краткосрочны с быстрым восстановлением фонового состояния, литосфера характеризуется высокой инерционностью возмущающего фактора. В недрах складываются критические и надкритические состояния, которые воздействуют на окружающую среду в течение длительных отрезков времени. Учет адаптивности и инерционности литосферы расширяет понимание ее геодинамической функции и ставит вопрос не только об изучении геоэкологических последствий того или иного геологического процесса, но и процессов эволюции литосферы, влияющих на условия жизнеобитания человека.

При этом следует учитывать, что любые природные и техногенные возмущения в литосфере запускают цепочки наведенных процессов, которые могут развиваться во времени со все более возрастающей интенсивностью.

Следует отметить, что без знаний природы и характера проявления процессов, протекающих в недрах Земли, невозможно ни объективно оценить, ни обеспечить нормальное функционирование геосистем высокого уровня организации. Оценки дискомфорта жизни человечества в прямых количественных показателях пока не существует. На практике оценка геоэкологической обстановки с позиций комфорта и безопасности проживания человека осуществляется для каждого процесса или их парагенетического комплекса, ведущих для данной территории. В качестве косвенных показателей обычно используют оценку ущерба.

Геохимическая геоэкологическая функция литосферы отражает свойство геохимических полей (неоднородностей) литосферы

природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты и человека.

Под геохимической аномалией понимается участок территории, в пределах которого хотя бы в одном из слагающих его природных тел статистические параметры распределения химических элементов отличаются от геохимического фона (средней величины природной вариации содержания химических элементов). По природным средам они могут быть литохимическими (в почвах, горных породах, донных осадках), снеохимическими (в снеговом покрове), гидрохимическими (в поверхностных и подземных водах), атмохимическими (в воздухе), биохимическими (в живых организмах). Кроме этого, различают аномалии избытка и аномалии дефицита.

Зона загрязнения – часть техногенной геохимической аномалии, в пределах которой загрязняющие вещества достигают концентрации, оказывающей неблагоприятное воздействие на живые организмы.

Все многообразие патогенных геохимических аномалий в зависимости от их генезиса можно разделить на две группы: «геопатогенные геохимические аномалии», связанные с природными процессами, и «технопатогенные геохимические аномалии», связанные с техногенезом.

Геопатогенные литогеохимические аномалии, как уже отмечалось выше, характеризуются аномально повышенным или сниженным содержанием ряда элементов в приповерхностной части литосферы и почвах. Их становление происходило в геологическом времени, что обусловило возможность развития на этих территориях специфических биоценозов. Большинство аномалий является одновременно местом, биологически дискомфортным для проживания людей, приводя к повышенной эндемической заболеваемости и снижению продолжительности жизни. Эти ореолы распространения в приповерхностной части литосферы токсичных металлов и их соединений связаны с месторождениями полезных ископаемых. Общим свойством этих аномалий является полиэлементность, включающая как рудообразующие минералы, так и элементы-спутники. Площадь ореолов отдельных месторождений изменяется от долей до первых квадратных километров. При блокировании они образуют поля оруденений, площадь которых достигает десятков и сотен квадратных километров. Как правило, средний уровень концентрации химических элементов в ореолах месторождений, за исключением центральных частей, не более чем в 10–15 раз превышает фоновые значения.

Аналогичные аномалии формируются и в почвах, но они менее интенсивны и характеризуются незначительным превышением фоновых значений ряда металлов (свинец, ртуть, реже мышьяк, медь, цинк и другие). Однако суммарные (аддитивные) концентрации химических элементов в почвах весьма велики.

Региональные геохимические поля (металлогенические зоны) с концентрацией нескольких элементов на уровне 2–3 кларков в меньшей мере, но тоже обуславливают некоторые эндемические заболевания человека и животных (медно-цинковая провинция Южного Урала, сурьмяные провинции Ферганской долины, молибденовые провинции Северной Америки) и требуют к себе внимания и оценки с геоэкологических позиций.

Недостаток ряда биогенных элементов в природной среде также может быть причиной эндемических заболеваний растений, животных и человека. Например, в Белоруссии отмечается полегание злаков (недостаток Cu), гнили корня (недостаток B), заболевания щитовидной железы (недостаток J), акабальтозы (недостаток Co).

Технопатогенные литогеохимические аномалии, обусловленные техногенезом, по силе и глубине воздействия на биоту и здоровье людей значительно превышают очаги загрязнения природного происхождения. Это связано не только с доминантом технопатогенных аномалий по площади, но и с более высокой концентрацией токсичных элементов. Кроме того, для техногенных очагов характерна высокая скорость протекания процесса загрязнения, опережающая возможность биоты адаптироваться к изменяющейся среде обитания, что не свойственно природным геохимическим аномалиям.

Зоны техногенного загрязнения чаще всего связаны с извлечением из недр Земли токсичных элементов; накоплением в процессе переработки и обогащения первичного минерального сырья высокотоксичных подвижных соединений. В ряде случаев зоны загрязнения связаны с низкой культурой производства: небрежным хранением и технологически необоснованным использованием в сельском хозяйстве химических соединений, ядохимикатов. Специфические многокомпонентные и высокотоксичные загрязнения территории формируются в местах захоронения промышленных и бытовых отходов. Особую опасность для биоты и здоровья людей представляют собой зоны загрязнения, связанные с авариями на промышленных объектах (прорывы ограждающих дамб со сбросом токсичных отходов в реки и водоемы, аварии на продуктопроводах и емкостях хранения и т. д.). Таким

образом, зоны техногенного загрязнения имеют четкую социально-техническую обусловленность и территориальную привязку к районам интенсивного промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортным артериям и населенным пунктам.

Кроме рассмотренных выше литогеохимических в составе геохимических аномалий выделяют гидрогеохимические и атмогеохимические (газовые) аномалии.

Геофизическая геоэкологическая функция литосферы отражает свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека.

Геофизическая аномалия – отклонение значений физического поля Земли от нормального, обусловленное различием физических свойств горных пород и неоднородностью ее состава и строения. Выделяются естественные физические поля – магнитное, гравитационное, геотермическое – и искусственно возбужденные – электрические поля постоянных токов.

Геопатогенные зоны – области аномального проявления свойств атмосферы, гидросферы, литосферы и глубинных недр планеты, негативным образом отражающегося на состоянии фито-, биоценозов и человеческого организма. Геопатогенез – совокупность геолого-геофизических условий, сопутствующих развитию патологических отклонений в живых организмах.

Аномалии геофизических полей связаны с зонами тектонических нарушений, повышенной трещиноватостью, погребенными речными долинами, рифтовыми структурами и другими неоднородностями литосферы, влияющими на биоту. К таким аномалиям относятся очаги повышенной заболеваемости и проявления функциональных расстройств живых организмов. По сути, это зоны с дисбалансом ряда геофизических полей, которые негативно воздействуют на человека в целом или его отдельные органы, являющиеся генераторами этих полей, что и приводит к заболеваниям или развитию «социоповеденческого» синдрома.

В составе рассматриваемых полей выделяются магнитное поле, электрическое поле, вибрационное поле, акустическое поле, гравитационное поле и радиационное. Магнитные поля относятся к сильным и специфическим раздражителям, действующим непосредственно на нервные клетки мозга.

Сильные электрические поля неблагоприятно влияют на человеческий организм, особенно на центральную нервную систему. В настоящее время доказано, что любой живой организм реагирует на электромагнитные поля, причем дозы воздействия последних даже в условиях совершенно нормального режима работы электротехнических и радиотехнических устройств негативны и проявляются в потере аппетита, головной боли, ослаблении памяти, быстрой утомляемости. Высказываются гипотезы о том, что акселерация молодежи обусловлена повышенным электромагнитным фоном планеты.

Вибрационные поля отрицательно сказываются на физиологическом состоянии человека, приводя к повышенной утомляемости, торможению двигательных реакций, нарушению координации движения. Длительное воздействие вибрации приводит к нарушению сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, нервным расстройствам, поражению мышечных тканей и суставов. При землетрясениях и релаксации сейсмических напряжений возникают ультразвуковые и инфразвуковые волны (акустические поля). Человек, как биофизический объект, реагирует на них. Ультразвуковые волны вызывают у него галлюцинации, а инфразвуковые – страх и панику. При этом такие ситуации возможны не только в случае сильных землетрясений, но и при постоянном воздействии роев слабых землетрясений (2–3 балла).

Воздействие гравитационного поля Земли на человека практически не изучено. Пока только можно предполагать, что переменная составляющая гравитационного поля Земли, связанная с солнечной активностью, вероятно, оказывает влияние на организм человека, его психику, в особенности в период формирования его органов.

Действие ионизирующей радиации радиационного поля на живые организмы изучается с конца прошлого века. Большие дозы радиации разрушают клетки, повреждают ткани органов и могут быть причиной лучевой болезни с быстрым летальным исходом. Малые дозы радиоактивного облучения приводят к раковым заболеваниям, проявляющимся чаще всего через одно-два десятилетия, и серьезным генетическим отклонениям, сказывающимся на потомках облученного индивидуума.

Таковы в общих чертах биологические последствия воздействия природных и техногенно обусловленных физических полей. Не вдаваясь в детали проблемы, выделим главное: человек, являясь биофизическим объектом, реагирует на изменение физических полей природ-

ного и техногенного происхождения. Медико-санитарная ориентированность геофизической и геохимической функций литосферы определяет их принципиальное отличие от ресурсной и геодинамической.

Основные причины и следствия нарушения геоэкологических функций литосферы. Под нарушением геоэкологических функций литосферы понимается их негативное изменение, оказывающее прямое или опосредованное влияние на комфортность существования растительного, животного мира и человеческого общества и в экстремальных случаях приводящее к их гибели (вымиранию). Исходя из представлений о формировании геоэкологических функций литосферы, как результата эволюционного развития Земли, под влиянием природных и техногенных факторов вычленяются две причины их нарушения (трансформации) – природная и антропогенная.

Первая, природная, причина связана с естественными катаклизмами: периодами активизации вулканической деятельности, тектонических движений и глубокими перестройками палеогеографических условий. Вызывается она целым рядом факторов как земного (проявление вулканизма), так и космического (столкновение Земли с астероидами и планетами) происхождения. С ними связывают проявления региональных и глобальных катастроф и катаклизмов в эволюции Земли. В качестве альтернативной гипотезы выдвигаются глобальные лесные пожары на рубеже позднего мела и палеогена.

Все перечисленные причины могли вызвать резкое увеличение содержания углекислоты в атмосфере, повышение температуры морской воды, что привело к массовому вымиранию организмов. Не менее глобальным могло быть и их прямое воздействие на биоту. Следствием природных катаклизмов в эволюции Земли (а значит, и геоэкологических функций литосферы) является массовое вымирание живых организмов и гибель растительности.

Вторая причина нарушения геоэкологических функций литосферы – техногенез, неразрывно связанный с развитием человеческого сообщества и приводящий к истощению минеральных и органических ресурсов, активизации опасных геологических процессов и загрязнению поллютантами и радионуклидами мест обитания биоты. Следствием таких нарушений является снижение комфортности существования биоты, миграция отдельных видов, заболеваемость и вымирание.

Изложенное выше позволяет заключить, что истощение природных ресурсов и потеря возможности поддержания химического гомеостаза в геосферных оболочках Земли – основные причины на-

рушения геоэкологических функций литосферы в эпоху техногенеза. Следствием являются геоэкологические кризисы, деградация и частичное вымирание биоты. Например, современный геоэкологический кризис, признаваемый многими учеными. Сделанные выводы указывают на необходимость разработки проблемы управления геоэкологическими функциями геосферных оболочек Земли, пока человеческая цивилизация не стала прошедшим эпизодом в эволюции Земли.

ЛЕКЦИЯ 11. ОСНОВНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ БИОСФЕРЫ

Биосфера – одна из геосфер Земли, область распространения живого вещества. Она не может функционировать без тесного взаимодействия с атмосферой, гидросферой и литосферой.

Наличие биосферы отличает Землю от других планет Солнечной системы. Особо следует подчеркнуть, что именно биота играет важнейшую роль в стабильном функционировании географической среды.

В пределах биосферы биота сохраняет способность контролировать условия окружающей среды, если человек в процессе своей деятельности использует не более 1 % чистой первичной продукции биоты. Остальная часть продукции должна распределяться между видами, выполняющими функции стабилизации окружающей среды. Следовательно, с точки зрения человечества, биота представляет собой механизм, обеспечивающий человека питанием (энергией) с коэффициентом полезного действия 1 %, а 99 % идет на поддержание устойчивости окружающей среды.

Если рассматривать человека как биологический вид, находящийся на вершине экологической пирамиды, то ему, по законам биологической экологии, полагалось бы на питание лишь несколько процентов производимой на суше первичной биологической продукции, то есть порядка 10 млрд т в год. Фактически, благодаря использованию пашни, пастбищ и лесов, человек поглощает сельскохозяйственные и лесные продукты общей массой 31 млрд т. Кроме того, вследствие деятельности человека, современная первичная продуктивность меньше исходной на 27 млрд т по следующим причинам: а) деградации естественных ландшафтов и б) превращения естественных экосистем в антропогенные. Тогда общее количество потребляемой и разрушаемой человеком биомассы суши равно 58 млрд т в год, или почти 40 % первичной биологической продукции суши.

Таким образом, в настоящее время потребление первичной биологической продукции человеком превосходит все допустимые пределы. При дальнейшем росте населения мира его потребности можно будет удовлетворять только за счет потребностей других живых организмов, а это неизбежно приведет к катастрофической деградации биосферы и, следовательно, географической среды в целом.

Среди геоэкологических проблем биосферы есть две наиболее серьезные: первая – чрезмерное, не соответствующее установленному природой уровню, антропогенное поглощение и разрушение возобновимых биологических ресурсов и вторая – снижение роли биосферы в стабилизации состояния географической среды. Обе проблемы чрезвычайно серьезны, но, вероятно, вторая проблема более важна, потому что она затрагивает основные, глубинные, системные процессы функционирования географической среды. Можно считать, что величина антропогенной доли поглощения и разрушения первичной биологической продукции суши – важнейший геоэкологический индекс уровня кризисного состояния географической среды.

Геоэкологические аспекты современных ландшафтов мира. Деятельность человека весьма значительно преобразовала первичные, или потенциальные ландшафты Земли. На 20–30 % площади суши человек преобразовал ландшафты практически полностью. На территориях с высокой плотностью населения естественные экосистемы почти не сохранились. Вместо этого, их территории на 40–80 % заняты сельскохозяйственными землями, населенными пунктами, дорогами, промышленными сооружениями и прочими результатами деятельности человека. На остальной части встречаются вторичные, или специально выращиваемые леса, деградировавшие земли и водохозяйственные системы, находящиеся, как правило, в далеко не идеальном состоянии. При этом внешне такие территории могут выглядеть благополучно, но фактически это области дестабилизации географической среды.

В результате некоторые зональные типы ландшафтов исчезли, другие были трансформированы, так что возникли антропогенные модификации природных ландшафтов. Из 96 зональных типов ландшафтов, выделенных на равнинах мира, 40 типов исчезли или были коренным образом преобразованы.

На других территориях произошли менее заметные изменения, часто невидимые, такие как изменения потоков химических веществ, изменения теплового или водного баланса и многие другие. Всего

около 60 % территории мира в той или иной степени преобразовано человеком.

Территорий, совсем не измененных человеком, в мире не осталось. Но еще довольно значительные участки на Земле остаются почти нетронутыми. Они играют огромную, общепланетарную роль в сохранении гомеостаза географической среды и являются ценнейшим достоянием человечества.

Основные особенности антропогенной трансформации ландшафтов заключаются в следующем: геосистема из почти полностью замкнутой превращается в разомкнутую (открытую), главным образом вследствие отчуждения биомассы в виде продукции, используемой человеком; увеличивается однообразие ландшафтов; интегральное антропогенное давление за определенный интервал времени нарушает эволюционное развитие ландшафтов и снижает их продуктивность; нарушается химическое равновесие, сложившееся в ландшафтах в процессе их эволюции в доантропогенную эпоху; антропогенные потоки химических элементов и их соединений часто на один–два порядка превышают уровень естественных потоков химических веществ; происходит непрерывная трансформация земельного фонда. Общей геоэкологической особенностью ландшафтов мира является ухудшение их состояния, выражающееся прежде всего в снижении их естественной биологической продуктивности. При этом главные процессы – это обезлесение в сравнительно влажных ландшафтах, опустынивание в относительно сухих ландшафтах и деградация почв.

Проблемы обезлесения. Под обезлесением понимают исчезновение леса в результате естественных причин или антропогенных воздействий.

Леса составляют около 85 % фитомассы мира. Они играют важнейшую роль в формировании глобального цикла воды, а также биогеохимических циклов углерода и кислорода. Леса мира регулируют климатические процессы и водный режим мира. Экваториальные леса являются важнейшим резервуаром биологического разнообразия, сохраняя 50 % видов животных и растений мира на 6 % площади суши. Вклад лесов в мировые ресурсы не только значителен количественно, но и уникален, поскольку леса – это источник древесины, бумаги, лекарств, красок, каучука, плодов и пр. Леса с сомкнутыми кронами деревьев занимают в мире 28 млн км² при примерно одинаковой их площади в умеренном и тропическом поясе. Общая площадь сплошных и разреженных лесов, согласно Международной организации по

продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО), в 1995 г. покрывала 26,6 % свободной ото льда суши, или примерно 35 млн км².

В результате своей деятельности человек уничтожил не менее 10 млн км² лесов, содержащих 36 % фитомассы суши. Главная причина уничтожения лесов – увеличение площади пашни и пастбищ, вследствие роста численности населения. Обезлесение приводит к прямому уменьшению органического вещества, потере каналов поглощения углекислого газа растительностью и проявлению широкого спектра изменений круговоротов энергии, воды и питательных веществ. Уничтожение лесной растительности воздействует на глобальные биогеохимические циклы основных биогенных элементов и, следовательно, оказывает влияние на химический состав атмосферы. Около 25 % углекислого газа, поступающего в атмосферу, обусловлено обезлесением. Сведение лесов приводит к заметным изменениям климатических условий на локальном, региональном и глобальном уровнях. Эти климатические изменения происходят в результате воздействия на компоненты радиационного и водного балансов.

Особенно велико воздействие сведения лесов на параметры седиментационного цикла (увеличение поверхностного стока, размыв, транспортировка, аккумуляция осадочного материала) при образовании обнаженной, не защищенной растительностью, поверхности; в такой ситуации смыв почвы на наиболее сильно эродированных землях, которые составляют 1 % общей площади распаханых сельскохозяйственных угодий, достигает от 100 до 200 тыс га в год. Хотя, если, сведение леса сопровождается его немедленным замещением другой растительностью, величина эрозии почв значительно снижается.

Воздействие обезлесения на круговороты питательных веществ зависит от типа почв, способа сведения леса, использования огня и типа последующего землепользования. Возрастающее беспокойство вызывает влияние обезлесения на уменьшение биологического разнообразия Земли. Обезлесение умеренного пояса к настоящему времени в основном прекратилось, но продолжается сокращение площади тропических и экваториальных лесов. Потери находятся в пределах 11–20 млн га в год.

В ряде стран имеются государственные программы хозяйственного освоения лесных территорий. Но при управлении лесами часто не принимается во внимание, что выгоды от использования лесов в их устойчивом состоянии могут приносить больше дохода, чем выгоды, связанные с расчисткой лесов и использованием древесины. Кроме

того, следует помнить, что экосистемная функция лесов незаменима и они играют важнейшую роль в стабилизации состояния географической среды. Стратегия управления лесами должна основываться на признании леса как общего достояния человечества. Необходимо разработать и принять международную конвенцию по лесам, которая определила бы основные принципы и механизмы международного сотрудничества в этой области с целью поддержания устойчивого состояния лесов и его улучшения.

Проблемы опустынивания. Международная Конвенция по борьбе с опустыниванием, заключенная в 1994 г., дает следующее определение процесса опустынивания: «Опустынивание означает деградацию земель в засушливых... районах, которая происходит вследствие различных факторов, включая колебания климата и деятельность человека. Деградация земель означает сокращение или полную потерю... биологической или экономической продуктивности... неорошаемых и орошаемых земель, или же пастбищ и лесов, вследствие использования земель, или других действий, ведущих к таким процессам как ветровая и водная эрозия почв, ухудшение физических, химических и биологических свойств почв, и к долгосрочной потере естественной растительности».

Почвы районов опустынивания отличаются низким плодородием, что в сочетании с малыми и изменчивыми осадками приводит к тому, что биологическая продуктивность в районах значительного опустынивания не превышает 400 кг/га в год сухого вещества. В соответствии с климатическими условиями пустыни должны занимать в мире площадь около 48 млн км² (включая ледниковые покровы, то есть ледяные пустыни). Фактически, в соответствии с почвенно-ботаническими данными, их площадь достигает 57 млн км². Разность между этими двумя цифрами, равная 9 млн км², представляет антропогенные пустыни. Опустынивание различной степени развивается еще на 25 млн км². Около 3/4 аридных территорий Африки и Северной Америки подвержены деградации, то есть опустыниванию. Одна шестая часть населения мира живет в зоне угрозы опустынивания. Ежегодные мировые экономические потери от опустынивания оцениваются в 42 млрд долларов.

Признаками опустынивания являются: сокращение степени покрытости почвы растительностью, увеличение отражательной способности поверхности почвы, значительная потеря многолетних растений, особенно деревьев и кустарников, деградация и эрозия почвы,

кое-где наступление песков и засоление почв. Все эти природные процессы типичны для аридных ландшафтов, и они регулируются естественным образом. Но, когда они усиливаются в результате действий человека, многие изменения становятся необратимыми.

Важнейшим естественным фактором формирования территорий различной степени опустынивания является климат. С климатической точки зрения, согласно Международной Конвенции по борьбе с опустыниванием, зона риска опустынивания находится в следующих пределах: $P/PET = 0,05-0,65$, где P – осадки за год, и PET – потенциальная эвапотранспирация. В эту категорию попадают аридные земли различной степени засушливости. Эффективная борьба с опустыниванием должна основываться на глубоком понимании системы взаимодействующих естественных и социально-экономических факторов и в конечном итоге на стратегии социально-экономического преобразования стран, страдающих от опустынивания.

Проблемы деградация почв. Почвы – важнейший компонент биосферы. Основными функциями почвенного покрова являются: биоэкологическая; биоэнергетическая; фиксации азота и образования белков; активного агента в глобальных биогеохимических циклах основных химических элементов; выветривания; гидрологическая; метеорологическая. Эти функции определяют многие взаимосвязи в глобальном механизме функционирования географической среды. Почва играет определяющую роль в производстве первичной биологической продукции как основы возобновимых природных ресурсов и главного источника питания человечества, через нее осуществляется обмен веществом и энергией во многих звеньях глобальных биогеохимических циклов и регулируется химический состав вод и воздуха.

Деградация почв – процесс, приводящий к уменьшению продуктивности почв, обеспечивающих население продовольствием. Начиная со времен ранних цивилизаций, она является непреднамеренным последствием землепользования и часто связана с процессами обезлесения и опустынивания. В последнее время концепция деградации почв была расширена и в нее включили широкий спектр взаимосвязанных почвенных процессов, которые могут повлиять на снижение продуктивности почвы. Многие процессы деградации почв являются в то же время естественными процессами почвообразования. Процессы деградации почв – это неблагоприятные изменения свойств почв по сравнению с их оптимальным состоянием, необходимым для обеспечения потребностей населения. Они включают уменьшение содержа-

ния в почве органического вещества, изменение температуры почв и процессов вымывания глинистых частиц, коллоидов, а также выщелачивание.

Уменьшение содержания в почве органического вещества ухудшает структуру почвы, снижая емкость поглощения, уменьшает активность почвенных организмов и может привести к окислению почвы или «дисбалансу питательных веществ». Изменение температуры может приводить к деградации почв, увеличивая или уменьшая скорость минерализации органического вещества, изменяя интенсивность прорастания семян, замедляя созревание урожая и нарушая почвенные биотические сообщества. Изменение процессов вымывания глинистых частиц, коллоидов и выщелачивание почвенного профиля могут привести к изменению интенсивности поверхностной эрозии, условий фильтрации почвенного стока, вызывая изменения влажности почвы и запасов содержащихся в ней питательных веществ, прочности структуры и емкости поглощения.

К деградации почв можно также отнести такие «искусственные» процессы, как орошение, изменение свойств почв путем внесения городского или промышленного шлама, синтетических удобрений, гербицидов или пестицидов и даже отложение частиц, образующихся в результате сжигания ископаемого топлива. Многие процессы почвенной деградации могут быть результатом или причиной развития водной или ветровой эрозии почв и их воздействия на содержание питательных веществ и характеристики влажности почв.

Проблемы сохранения биологического разнообразия Земли. Биологическое разнообразие (БР) – это совокупность всех форм жизни, населяющей нашу планету. Это то, что делает Землю не похожей на другие планеты Солнечной системы. БР – это богатство и многообразие жизни и ее процессов, включающее разнообразие живых организмов и их генетических различий, а так же разнообразие мест их существования. БР делится на три иерархические категории: разнообразие среди представителей тех же самых видов (генетическое разнообразие), между различными видами и между экосистемами. Исследования глобальных проблем БР на уровне генов - дело будущего.

Наиболее авторитетная оценка видового разнообразия выполнена в ЮНЕП в 1995 г. Согласно этой оценке, наиболее вероятное количество видов – 13–14 млн, из которых описаны лишь 1,75 млн, или менее 13 %. Наивысший иерархический уровень биологического разнообразия – экосистемный, или ландшафтный. На этом уровне законо-

мерности биологического разнообразия определяются в первую очередь зональными ландшафтными условиями, затем местными особенностями природных условий (рельефа, почв, климата), а также историей развития этих территорий. Наибольшим видовым разнообразием отличаются (в убывающем порядке): влажные экваториальные леса, коралловые рифы, сухие тропические леса, влажные леса умеренного пояса, океанические острова, ландшафты средиземноморского климата, безлесные (саванновые, степные) ландшафты.

В последние два десятилетия биологическое разнообразие стало привлекать внимание не только специалистов-биологов, но и экономистов, политиков, а также общественность в связи с очевидной угрозой антропогенной деградации биоразнообразия, намного превышающей нормальную, естественную деградацию.

Согласно «Глобальной оценке биологического разнообразия» ЮНЕП (1995), перед угрозой уничтожения стоят более чем 30000 видов животных и растений. За последние 400 лет исчезли 484 вида животных и 654 вида растений.

Причины современного ускоренного снижения биологического разнообразия – 1) быстрый рост населения и экономического развития, вносящие огромные изменения в условия жизни всех организмов и экологических систем Земли; 2) увеличение миграции людей, рост международной торговли и туризма; 3) усиливающееся загрязнение природных вод, почвы и воздуха; 4) недостаточное внимание к долгосрочным последствиям действий, разрушающих условия существования живых организмов, эксплуатирующих природные ресурсы и интродуцирующих неместные виды; 5) невозможность в условиях рыночной экономики оценить истинную стоимость биологического разнообразия и его потерь.

За последние 400 лет основными непосредственными причинами исчезновения видов животных были: 1) интродукция новых видов, сопровождавшаяся вытеснением или истреблением местных видов (39 % всех потерянных видов животных); 2) разрушение условий существования, прямое изъятие территорий, заселенных животными, и их деградация, фрагментация, усиление краевого эффекта (36 % от всех потерянных видов); 3) неконтролируемая охота (23 %); 4) Прочие причины (2 %).

Основные причины необходимости сохранения генетического разнообразия. Все виды (какими бы вредными или неприятными они ни были) имеют право на существование. Это положение записано во

«Всемирной хартии природы», принятой Генеральной Ассамблеей ООН. Наслаждение природой, ее красотой и разнообразием имеет высочайшую ценность, не выражающуюся в количественных показателях. Разнообразие – это основа эволюции жизненных форм. Снижение видового и генетического разнообразия подрывает дальнейшее совершенствование форм жизни на Земле. Экономическая целесообразность сохранения биоразнообразия обусловлена использованием дикой биоты для удовлетворения различных потребностей общества в сфере промышленности, сельского хозяйства, рекреации, науки и образования: для селекции домашних растений и животных, генетического резервуара, необходимого для обновления и поддержания устойчивости сортов, изготовления лекарств, а также для обеспечения населения продовольствием, топливом, энергией, древесиной и т. д.

Имеется много способов защиты биологического разнообразия. На уровне видов выделяются два основных стратегических направления: в месте и вне места обитания. Охрана биоразнообразия на уровне видов – дорогой и трудоемкий путь, возможный только для избранных видов, но недостижимый для охраны всего богатства жизни на Земле. Главное направление стратегии должно быть на уровне экосистем, чтобы планомерное управление экосистемами обеспечивало охрану биологического разнообразия на всех трех иерархических уровнях.

Наиболее эффективный и относительно экономичный способ охраны биологического разнообразия на экосистемном уровне – *охраняемые территории*. В соответствии с классификацией Всемирного союза охраны природы, выделяются 8 видов охраняемых территорий:

1. Заповедник. Цель – сохранение природы и природных процессов в ненарушенном состоянии.

2. Национальный парк. Цель – сохранение природных областей национального и международного значения для научных исследований, образования и отдыха. Обычно это значительные территории, в которых использование природных ресурсов и другие материальные воздействия человека не допускаются.

3. Памятник природы. Это обычно небольшие территории.

4. Управляемые природные резерваты. Сбор некоторых природных ресурсов разрешается под контролем администрации.

5. Охраняемые ландшафты и приморские виды. Это живописные смешанные природные и окультуренные территории с сохранением традиционного использования земель.

В статистику по охраняемым территориям обычно включают земли категорий 1–5.

6. Ресурсный резерват, создаваемый чтобы предотвратить преждевременное использование территории.

7. Антропологический резерват, создаваемый для сохранения традиционного образа жизни коренного населения.

8. Территория многоцелевого использования природных ресурсов, ориентированная на устойчивое использование вод, леса, животного и растительного мира, пастбищ и для туризма.

Имеются еще две дополнительные категории, накладывающиеся на вышеперечисленные восемь.

9. Биосферные заповедники. Создаются с целью сохранения биологического разнообразия. Включают несколько концентрических зон различной степени использования: от зоны полной недоступности (обычно в центральной части заповедника) до зоны разумной, но достаточно интенсивной эксплуатации.

10. Места всемирного наследия. Создаются для охраны уникальных природных особенностей мирового значения. Управление осуществляется в соответствии с Конвенцией по всемирному наследию.

Всего в мире насчитывается около 10000 охраняемых территорий (категорий 1–5) общей площадью 9,6 млн км², или 7,1 % от общей площади суши (без ледников). Цель, которую ставит перед мировой общественностью Всемирный Союз охраны природы, – добиться расширения охраняемых территорий до размеров, составляющих 10 % площади каждой крупной растительной формации (биома) и, следовательно, мира в целом. Это способствовало бы не только охране биоразнообразия, но и повышению устойчивости географической среды в целом.

Стратегия расширения числа и площади охраняемых территорий находится в противоречии с использованием земли для других целей, в особенности имея в виду растущее население мира. Поэтому для охраны биологического разнообразия необходимо, наряду с охраняемыми территориями, в возрастающей степени совершенствовать использование «обычных», заселенных, земель и управление популяциями диких видов, причем не только исчезающих, и местами их обитания на таких землях. Необходимо применять такие приемы, как зонирование территорий по степени использования, создание коридоров, соединяющих массивы земель с меньшим антропогенным давлением, сокращение степени фрагментации очагов биоразнообразия, управле-

ние экотонами, сохранение природных переувлажненных земель, управление популяциями диких видов и местами их обитания.

К эффективным способам защиты биологического разнообразия относятся биорегиональное управление значительными территориями и акваториями, а также международные соглашения по этой проблеме. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (1992) приняла Международную конвенцию по охране биологического разнообразия.

Важным соглашением является Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой уничтожения. Существует также ряд других конвенций, охраняющих различные аспекты биологических ресурсов и биоразнообразия: Конвенция по охране мигрирующих видов диких животных, Конвенция по охране водно-болотных угодий, Конвенция по защите китов и др. Наряду с глобальными конвенциями существуют и многочисленные региональные и двухсторонние соглашения, регулирующие конкретные вопросы биоразнообразия.

К сожалению, пока можно констатировать, что, несмотря на многочисленные меры, ускоренная эрозия биологического разнообразия мира продолжается. Однако без этих мер защиты степень потери биоразнообразия была бы еще выше.

ЛИТЕРАТУРА

- Агаджанян Н. А., Трошин В. И.* Экология человека. М.: КРУК, 1992. 255 с.
- Безопасность жизнедеятельности / Под ред. С. В. Белова. М.: Высш. шк., 1999. 448 с.
- Бертокс П.* География природного риска. М.: МГУ, 1995. 224 с.
- Географические проблемы конца XX века. СПб.: РГО, 1998. 250 с.
- Глобальные изменения и региональные взаимосвязи. М.: ИГАН СССР, 1992. 332 с.
- Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. В.* Экономические основы экологии. СПб.: Спец. литература, 1995. 244 с.
- Голубев Г. Н.* Геоэкология. М.: ГЕОС, 1999. 338 с.
- Гродзинский М. Д.* Основы ландшафтной экологии. Киев: Вища шк., 1993. 222 с.
- Коммонер Б.* Замыкающий круг: природа, человек, технология. Л.: Гидрометеиздат, 1994. 264 с.
- Логинов В. Ф.* Причины и следствия климатических изменений. Мн.: Навука і тэхніка, 1992. 320 с.
- Логинов В. Ф.* Основы экологии и природопользования. Полоцк: ПГУ, 1998. 322 с.
- Мазур И. И., Молдаванов О. И.* Курс инженерной экологии. М.: Высш. шк., 1999. 447 с.
- Миллер Т.* Жизнь в окружающей среде: В 2-х т. М.: Прогресс – Пангея, 1993–1994. 256 с. и 336 с.
- Мишон В. М.* Поверхностные воды Земли: ресурсы, использование, охрана. Воронеж: Изд-во ВГУ, 1996. 220 с.
- Небел Б.* Наука об окружающей среде: Как устроен мир: В 2-х т. М.: Мир, 1993–1994. 424 с. и 336 с.
- Одум Ю.* Экология. М.: Мир, 1986. Т. 1. 328 с., Т. 2. 376 с.
- Реймерс Н. Ф.* Экология. М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. 376 с.
- Реймерс Н. Ф.* Природопользование. М.: Мысль, 1990. 637 с.
- Романова Э. П. и др.* Природные ресурсы мира. М.: Изд-во МГУ, 1993. 304 с.
- Руководство по медицинской географии / Под ред. А. А. Келлера, О. П. Щепина, А. В. Чаклина. СПб.: Гиппократ, 1993. 352 с.
- Рюмина Е. В.* Анализ эколого-экономических взаимодействий. М.: Наука, 2000. 158 с.
- Сосунова И. А.* Социальная экология. М.: Высш. шк., 1996. 362 с.
- Шилов И. А.* Экология. М.: Высш. шк., 1997. 512 с.
- Шимова О. С., Соколовский Н. К.* Основы экономики природопользования. Мн.: НКФ Экоперспектива, 1995. 126 с.
- Челноков А. А., Ющенко Л. Ф.* Основы промышленной экологии. Минск: Вышэйш. шк., 2001. 343 с.
- Экологические функции литосферы / Под ред. В. Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000. 432 с.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Л е к ц и я 1. Введение.....	4
Л е к ц и я 2. Теоретические и методологические основы геоэкологии.....	10
Л е к ц и я 3. Балансовые уравнения геосистем. Роль биоты в геосистемах.....	15
Л е к ц и я 4. Основные методы геоэкологии.....	20
Л е к ц и я 5. Геоэкологические аспекты неблагоприятных природных и антропогенных процессов и явлений.....	30
Л е к ц и я 6. Геоэкологические аспекты природопользования.....	38
Л е к ц и я 7. Критерии оценки геоэкологической напряженности окружающей среды.....	44
Л е к ц и я 8. Влияние деятельности человека на атмосферу и климат.....	52
Л е к ц и я 9. Влияние деятельности человека на гидросферу.....	66
Л е к ц и я 10. Геоэкологические функции литосферы.....	77
Л е к ц и я 11. Основные геоэкологические проблемы биосферы.....	89
Литература.....	100