

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования «Витебский государственный  
университет имени П.М. Машерова»  
Кафедра экологии и географии

# ГЕОЭКОЛОГИЯ

*Курс лекций*

*Витебск  
ВГУ имени П.М. Машерова  
2021*

УДК 574(075.8)

ББК 26.88я73

Г35

Печатается по решению научно-методического совета учреждения образования «Витебский государственный университет имени П.М. Машерова». Протокол № 7 от 28.06.2021.

Составитель: старший преподаватель кафедры экологии и географии ВГУ имени П.М. Машерова **Е.В. Шаматульская**

Рецензент:

заведующий кафедрой зоологии и ботаники ВГУ имени П.М. Машерова, кандидат биологических наук, доцент *С.А. Дорофеев*

**Геоэкология** : курс лекций / сост. Е.В. Шаматульская. – Витебск : ВГУ имени П.М. Машерова, 2021. – 96 с.

В издании в соответствии с учебной программой рассматриваются основные геоэкологические аспекты влияния человека на атмосферу, литосферу, гидросферу и биосферу, а также природные и социально-экономические факторы развития экосферы.

Курс лекций предназначен для студентов специальности 1-31 02 01-02 География (научно-педагогическая деятельность).

УДК 574(075.8)

ББК 26.88я73

© ВГУ имени П.М. Машерова, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....                                                                    | 4  |
| <i>Лекция 1</i> Геоэкология: система наук об интеграции геосфер и общества .....  | 5  |
| <i>Лекция 2</i> Природные факторы экосферы .....                                  | 12 |
| <i>Лекции 3–4</i> Социально-экономические факторы экосферы .....                  | 18 |
| <i>Лекция 5</i> Глобальные изменения и стратегия человечества .....               | 31 |
| <i>Лекция 6</i> Понятие устойчивого развития .....                                | 36 |
| <i>Лекция 7</i> Влияние деятельности человека на атмосферу .....                  | 39 |
| <i>Лекция 8</i> Основные нормативные требования к воздушной среде .....           | 47 |
| <i>Лекция 9</i> Влияние деятельности человека на гидросферу .....                 | 49 |
| <i>Лекция 10</i> Геоэкологические проблемы использования почвенных ресурсов ..... | 56 |
| <i>Лекция 11</i> Влияние деятельности человека на литосферу .....                 | 60 |
| <i>Лекция 12</i> Влияние деятельности человека на биосферу .....                  | 63 |
| <i>Лекция 13</i> Влияние деятельности человека на ландшафты Земли .....           | 66 |
| <i>Лекция 14</i> Геоэкологические аспекты природно-техногенных систем .....       | 75 |
| <i>Лекция 15</i> Геоэкологические аспекты урбанизации .....                       | 77 |
| <i>Лекция 16</i> Геоэкологические аспекты энергетики .....                        | 82 |
| <i>Лекция 17</i> Геоэкологические аспекты промышленности и транспорта .....       | 86 |
| <i>Лекция 18</i> Геоэкологические аспекты сельского хозяйства .....               | 91 |
| ЛИТЕРАТУРА .....                                                                  | 95 |

## ВВЕДЕНИЕ

Одна из важнейших проблем, стоящих перед мировым сообществом - защита окружающей среды и сохранение устойчивого развития человеческой цивилизации. Катастрофически быстрое увеличение численности населения Земли, неуклонный рост его материальных и духовных потребностей, расширение областей использования их использования, потребление природных ресурсов, внедрение новых технологий и увеличение производства происходит с глубоким преобразованием окружающей среды.

Возник новый круг задач междисциплинарного характера, для которых не существовало предыдущего опыта. В частности, возникли задачи взаимодействия геосфер Земли на различных иерархических уровнях, от планетарного до локального при неуклонно увеличивающемся антропогенном давлении. Возрастающая потребность решения этих задач привела к возникновению нового научного междисциплинарного направления, получившего название «геоэкология».

Курс лекций «Геоэкология» включает основные темы, в которых изложены основы геоэкологии, как междисциплинарного научного направления, изучающего экосферу – взаимосвязанную систему геосфер в процессе ее интеграции с обществом. Рассмотрены природные и социально-экономические факторы экосферы, проблемы глобальных изменений, геоэкологические проблемы атмосферы, гидросферы, педосферы, литосферы и биосферы.

Лекционный материал предлагается для студентов четвертого курса специальности 1-31 02 01-02 «География». Данная дисциплина вводится, когда уже изучены ряд и географических и биологических дисциплин: биогеография, землеведение и др. Цель курса «Геоэкология» заключается в формировании представлений о сложности процессов, протекающих в экосфере и ответственности человечества перед будущими поколениями за все, что связано с деятельностью на планете.

Согласно учебной программе курс лекций состоит из 36 часов.

## *Лекция 1*

# **ГЕОЭКОЛОГИЯ: СИСТЕМА НАУК ОБ ИНТЕГРАЦИИ ГЕОСФЕР И ОБЩЕСТВА**

1. Междисциплинарное научное направление.
2. Основные понятия геоэкологии.
3. Взаимозависимость экосферы и общества.

**1. Междисциплинарное научное направление.** Термин «геоэкология» более 80 лет используется в экологии, географии, геологии для обозначения области междисциплинарных знаний. Однако его универсальное, общепризнанное определение пока формируется.

Пристальный интерес к этой науке со стороны исследователей разных научных направлений, широкий охват проблем предопределяют некоторые разногласия в понимании содержания этого научного направления.

Слово «геоэкология» состоит из трех корней греческого происхождения. Корень «гео» происходит от греческого «Гага», имени греческой богини Земли Геи, традиционно охватывает науки о Земле, подчеркивая их единство и взаимозависимость, и при этом ставит на первое место Землю в целом, обуславливая необходимость понимания, прежде всего, общеземных, глобальных процессов, а затем уже, на этой базе, явлений более низкого иерархического уровня, относящихся к отдельным регионам и местностям.

Корень «эко» происходит от греческого «ойкос», т.е. «дом». И означает, что в рамках геоэкологии Земля рассматривается как дом для живых существ разных уровней: видов, их комбинаций, складывающихся в экосистемы, биомов как крупных пространственных биологических систем и всей совокупности живого вещества Земли. Отсюда вытекает определение основной задачи геоэкологии: исследование Земли как системы, с первоочередным вниманием к глобальным (общемировым) вопросам. И в такой постановке неизбежным оказывается пересечение в рамках геоэкологии сфер интересов как естественных, так и общественных наук.

Корень «гео» отождествляет неживую природу, в то время как корень «эко» обозначает ее живую часть. В этом сочетании комбинация «геоэко» отражает единство неживой и живой природы.

Корень «лог» происходит от греческого «Хоуос» (логос) – слово, учение и является частью сложных слов, означающей науку, знание, учение. Этот корень используется достаточно широко для обозначения названия наук как естественного, так и общественного цикла, например геология, биология, филология, социология и т.п.

Таким образом, исходя из этимологии термина, геоэкология – это наука о единстве живой и неживой природы или, иными словами, наука о доме под названием «Земля».

Если рассматривать значение слов, входящих в состав рассматриваемого термина «геоэкология», то первоначально предложенный Эрнестом Геккелем в 1866 г. термин «экология» означал познание «экономики природы», одновременное исследование всех взаимоотношений живого с органическими и неорганическими компонентами среды. Под экологией понималась наука, изучающая все сложные взаимосвязи в природе, рассматриваемые как условия борьбы видов за существование, а также представляющая собой раздел биологии, исследующий взаимозависимости между живыми существами и их окружением. Современное же понимание экологии несколько шире.

Первым ученым, употребившим собственно термин «геоэкология», был немецкий географ К. Тролль, который понимал под ней одну из ветвей естествознания, объединяющую экологические и географические исследования в изучении экосистем. По его мнению, термины «геоэкология» и «ландшафтная экология» как раздел географии являются синонимами.

Тролль Карл – Troll Carl (1899–1975). Немецкий физико-географ, с 1930 г. профессор колониальной и «заморской» географии Берлинского университета, с 1938 г. профессор географии и директор Географического института Боннского университета (в 1960–1961 гг. ректор университета). Президент Международного географического союза (1960–1964 гг.). Основатель ландшафтной экологии (1939 г.), или геоэкологии (1968 г.), как учения о взаимодействии рельефа, климата, растительности и человеческого общества.

В период экологического «алармизма», начавшегося с 1950-х гг., все проблемы взаимодействия технически вооруженного человечества с окружающей средой стали относить к области экологии. Однако термином «экология», с одной стороны, стали обозначать научное направление, предложенное Э. Геккелем, а с другой – науку о взаимодействии общества и природы. В отношении второй его функции было крайне неверно относить экологию к биологической области знаний, поскольку научные корни так называемой большой экологии преимущественно формировались за пределами биологии. В связи с этим назрела необходимость обозначения нового научного направления и определения его отличия собственно от экологии, как раздела биологии. Достаточно активно подобный процесс начал происходить в конце 60-х годов XX в., когда и началось активное употребление термина «геоэкология».

В СССР широкое использование термина «геоэкология» началось с 1970-х гг., после упоминания его известным советским географом В.Б. Сочавой, который определил геоэкологию как науку о состоянии геологической среды и всех ее компонентов, о происходящих в ней процессах, активизация которых может отражаться (в том числе и негативно) на состоянии других геосфер Земли. В таком понимании содержание геоэкологии принципиально отличалось от введенного К. Троллем и, по суще-

ству, представляло собой новую геологическую науку. Однако В.Б. Сочаве не суждено было в дальнейшем развить это научное направление.

И все же, учитывая насущную необходимость появления подобной науки и отчасти благодаря усилиям ученого-энциклопедиста Н.Ф. Реймерса, термин «геоэкология» стал утверждаться особенно быстро в 80–90-х годах прошлого века. Н. Ф. Реймерс предложил классическую экологию называть «биоэкологией», для того чтобы отличать ее от социальной экологии и геоэкологии. Геоэкология, по мнению Н.Ф. Реймерса, представляет собой раздел экологии, исследующий экосистемы (геосистемы) высоких иерархических уровней – до биосферы включительно.

В последней четверти XX в. термин стал широко использоваться почти во всех естественных науках, потерял свою четкость и стал термином «свободного пользования». Термин «геоэкология» с 1980-х гг. появился в названиях некоторых кафедр и даже факультетов белорусских и российских вузов, на обложках книг, журналов, а также в названиях лекционных курсов. Считается, что как отдельная наука геоэкология окончательно сложилась в начале 90-х годов XX в.

**2. Основные понятия геоэкологии.** Геоэкология – это междисциплинарное научное направление, изучающее экосферу как взаимосвязанную систему геосфер в процессе ее взаимодействия с обществом.

Геоэкология имеет дело не с Землей в целом, а лишь с относительно тонкой поверхностной оболочкой, где пересекаются геосферы (атмосфера, гидросфера, литосфера и биосфера) и где живет и действует человек. Из имеющихся нескольких названий этой комплексной оболочки термин экосфера наиболее точно отражает ее суть и потому является наиболее подходящим, хотя пока не общепринятым.

Экосфера представляет собой всемирную область интеграции геосфер и общества и именно экосфера является объектом изучения геоэкологии.

**Геоэкология и природопользование.** В настоящее время складываются два междисциплинарных научных направления, переплетенных друг с другом и пока еще слабо дифференцированных: геоэкология и природопользование.

Природопользование – это междисциплинарное научное направление, исследующее общие принципы использования обществом природных ресурсов и геоэкологических «услуг». В понятие геоэкономические «услуги» входят разнообразные явления:

- процессы поддержания устойчивости экологических и других природных систем,
- механизмы естественной самоочистки природных и природно-техногенных систем от загрязнения,
- комплексная роль биологических систем в качестве источника возобновляемых ресурсов, резервуара биологического разнообразия, механизма поддержания качества воды и воздуха, объекта наслаждения природой и пр.

Геоэкология и природопользование тесно взаимосвязаны: без понимания процессов (как естественных, так и антропогенных) на глобальном уровне невозможно устойчивое использование природных ресурсов, тогда как без понимания проблем использования ресурсов геоэкология оказывается недостаточной.

Основные различия между геоэкологией и природопользованием в том, что (1) первое в большей степени направлено на понимание сверхсложной системы, называемой экосфера, в то время как второе больше ориентировано на рациональное использование ее ресурсов. Можно сказать, что (2) геоэкология в большей степени основана на естественных науках о Земле, в то время как природопользование в такой же степени базируется на экономических науках, но в обоих случаях это междисциплинарные направления, относящиеся и к естественным, и к общественным наукам.

Наряду с понятием «экосфера» существует еще несколько важных понятий, используемых в литературе: географическая оболочка, окружающая среда, геологическая среда, биосфера и др. Как правило, они плохо определены и границы между ними нечетки.

**3. Взаимозависимость экосферы и общества.** В основе существования общества лежит использование ресурсов экосферы. Они включают как собственно природные ресурсы, так и геоэкологические «услуги».

Природные ресурсы – это полезные ископаемые (нефть, уголь, руды различных металлов, другие минеральные ресурсы), ресурсы биосферы (урожай сельскохозяйственных культур, лесные ресурсы, рыбные, другие растительные и животные ресурсы), почвы, вода, воздух и пр. В результате приложенного труда природа предоставляет человеку основные категории товаров. К их числу относятся: продовольствие, одежда, строительные материалы, используемые в медицине растения, дикие прародители домашних растений и животных и пр.

К категории геоэкологических «услуг» можно отнести многочисленные природные механизмы и процессы, объединяемые понятием «системы жизнеобеспечения». Это, например, механизмы естественной самоочистки природных и природно-технических систем от загрязнения и процессы, поддерживающие качество воды и воздуха. К этой же категории относятся естественные экологические системы, отличающиеся разнообразным набором услуг. Так, лесные экосистемы – это резервуар биологического разнообразия, это богатейший источник биологических ресурсов, мощнейший фактор поддержания качества воды и воздуха. К категориям услуг можно отнести процессы синтеза и деструкции органического вещества, поддержание круговорота воды (гидрологического цикла), относительно устойчивый для данного места климат, сохранение химического состава атмосферы, очистку воды и воздуха от загрязнений, формирование почв и сохранение их устойчивости, опыление диких и культурных растений,

поглощение и детоксикацию загрязнителей, накопление и циркуляцию питательных для растений веществ (биогенов). Сюда же относится и наслаждение природой, использование ее в качестве рекреационного ресурса.

Опыт последнего времени показывает, что относительная важность и приоритетность объектов природопользования постепенно смещается от природных ресурсов к геоэкологическим «услугам». В дальнейшем мы будем понимать под словом «ресурсы» как собственно ресурсы, так и геоэкологические «услуги». По мере развития человечества изменялся характер использования ресурсов экосферы.

**Этапы взаимодействия экосферы и общества.** 1. Первый этап. Человек собирал плоды экосистем суши (леса, степи, саванны и пр.), съедобные водоросли, моллюсков, ракообразных и др., ловил рыбу и охотился. Это был период собирательства и охоты, когда человек зависел от ресурсов биосферы и для поддержания своего устойчивого состояния инстинктивно должен был действовать, не нарушая эти ресурсы, а существуя за счет ежегодного прироста биомассы. Охотничье-собирательские, так же как и примитивные скотоводческие и земледельческие типы хозяйства, не выходили за пределы устойчивого использования ресурсов биосферы и практически не влияли на другие геосферы Земли.

Известно, что для пропитания каждому человеку нужна была большая территория. Первобытные охотники и скотоводы использовали не менее 100 км<sup>2</sup>/чел. При этом человек ежедневно должен был проходить расстояние, наибольшее по сравнению со всеми другими живыми существами, что предопределило его эволюцию в направлении развития его умственных способностей.

По мере роста численности населения, хотя и весьма неинтенсивного, при таком типе хозяйства неизбежно возникали локальные экологические кризисы, когда на определенной территории (или прибрежной акватории) удовлетворяемые потребности человека устойчиво превышали ежегодно возобновляемую часть биологических ресурсов.

Кризисы разрешались (1) через снижение потребления привычного продукта (гибель части населения от голода, (2) миграцию населения, (3) полное или частичное переключение на другую пищу и пр.). Вместе с тем, иногда человек начинал потреблять продукции больше, чем данная экосистема могла устойчиво производить, трансформируя или даже полностью преобразуя ее. Это оттягивало наступление кризиса, но делало его в конечном итоге более сильным и более катастрофическим.

Примером экологического кризиса такого типа были, возможно, события на равнинах умеренного пояса Евразии, когда человек, способствуя исчезновению мамонтов, лишал себя тем самым источника белковой, высококалорийной пищи.

2. Второй этап. Дальнейший рост населения и его потребностей не мог быть обеспечен посредством охоты, рыбной ловли и собирательства: этих ресурсов стало недостаточно. Это привело часть человеческого общества к одомашниванию диких животных с постепенной селекцией их пород и,

следовательно, к пастбищному скотоводству, а другую часть – ко все более усложняющемуся земледелию. Тем самым человек перешел к преобразованию экосферы.

На открытых ландшафтах (степях, саваннах, прериях), которые относятся к аридным областям разной степени засушливости, начали возникать расширяющиеся очаги скотоводства, в сильной степени преобразующего исходные природные ландшафты (изменение состава и состояния растительного покрова, почвы вследствие выпаса скота, запланированных или естественных пожаров травы и пр.).

Очаги земледелия появились на границе лесных и открытых ландшафтов, внутри лесных территорий или же в интразональных ландшафтах (речных долинах), способствовавших возникновению орошения. Превращение природных экосистем в пашню – основная линия трансформации ландшафтов при неорошаемом земледелии. При этом происходят очень глубокие преобразования, затрагивающие все компоненты ландшафтов.

Возникшие скотоводство и земледелие позволили временно разрешить геоэкологический кризис, связанный с дефицитом земельных ресурсов при уровне технологии прошлого. В то же время увеличение потребления человеком ресурсов биосферы и начавшееся преобразование естественных ландшафтов Земли стали первым, очень серьезным шагом в сторону антропогенного преобразования экосферы.

3. Третий этап. Следующим серьезным шагом в развитии человечества, а также и в антропогенном преобразовании экосферы стало обращение к ресурсам литосферы, а именно добыча полезных ископаемых. Сначала это были металлические руды, в основном для изготовления орудий труда, а затем во все большей степени и другие полезные ископаемые. Роль полезных ископаемых для человеческого общества все более усиливалась, дойдя до такой степени, что добыча и использование горючих ископаемых (нефть, газ, уголь) стали одним из краеугольных камней современной экономики, но в то же время и одним из важнейших неблагоприятных факторов состояния экосферы.

4. Четвертый этап. Развитие промышленности стало следующим важнейшим фактором в антропогенной эволюции экосферы. Промышленность, которая использует продукты литосферы и биосферы, обязательно нуждается в ресурсах гидросферы, а при отсутствии специальных мероприятий неизбежно влияет на загрязнение атмосферы и гидросферы. Таким образом, все геосферы Земли подвергаются антропогенному влиянию и преобразованию. Для периода развития промышленности обычно характерны локальные геоэкологические кризисы, связанные чаще всего с тем, что выбросы индустриальных отходов в воду или воздух превосходят самоочищающую способность рек или местных воздушных бассейнов.

5. Пятый этап – современный период. Развитие современного сельского хозяйства идет двумя пересекающимися путями, экстенсивным и интен-

сивным. С одной стороны, расширяются площади, используемые под пашню и выпас скота, с соответствующим глубоким преобразованием ландшафтов. С другой стороны, при интенсивном развитии сельского хозяйства растет площадь орошаемых и осушаемых земель, увеличивается использование сельскохозяйственных машин, применения химических веществ, стойлового содержания скота. Состояние используемых земель во многих случаях ухудшается вследствие эрозии почв, изменения их химических и физических свойств. Эти факторы и процессы привели к значительному преобразованию ландшафтов Земли и к изменению атмосферы, гидросферы, литосферы. Современное сельское хозяйство основано на интегрированном подходе: применение современной техники, ограниченное использование химических удобрений, открытий в области генетики (генной инженерии), применение биологических методов защиты растений. Формируются антропогенные и техногенные ландшафты. Города и сопутствующие им инженерные сооружения, промышленные зоны, склады, дороги, аэродромы, порты, очистные сооружения, свалки постепенно увеличивались в размерах и по интенсивности своего воздействия на экосферу. Они практически полностью преобразовали первичные ландшафты в антропогенные.

Увеличивающееся использование человеком богатств экосферы сформировало противоречие между постоянно растущим воздействием общества на экосферу и ограниченными размерами ресурсов Земли. Это важнейшее обстоятельство поставило на повестку дня проблему выживания человечества. Отсюда на данном этапе вытекает неизбежность глобального экологического кризиса.

Таким образом, человек значительно и по большей части бессознательно преобразовал Землю в результате своей хозяйственной деятельности. В особенности большие изменения произошли и происходят в последние десятилетия, причем они охватывают как природную, так и общественную сферу. К наиболее существенным, общепланетарным изменениям следует отнести: трансформацию ландшафтов Земли; изменения глобальных биогеохимических циклов вещества; изменения особенностей и режима геосфер; сокращение биологического разнообразия.

Эти изменения столь значительны, что для их обозначения в научной и политической литературе на английском языке возник и стал общепринятым и общепонятным специальный термин «глобальные изменения».

#### ***Основные особенности взаимодействия человека и природы:***

– Существование и развитие человечества основано на постоянном использовании природных ресурсов экосферы (биологических, почвенных, земельных, водных, минеральных) и ее пространства, а также ее систем жизнеобеспечения (геоэкологических «услуг»).

– В процессе своей деятельности человечество во все большей степени влияет на системы жизнеобеспечения Земли.

– В процессе развития человечества взаимодействие человека и природы началось в пределах биосферы, пришло в гидросферу, продолжилось в литосфере и в атмосфере, охватив тем самым всю экосферу.

– Использование природных ресурсов и систем жизнеобеспечения приводило к геоэкологическим кризисам. Частные, или локальные, геоэкологические кризисы – неизбежная особенность системы взаимоотношений природы и человеческого общества.

– Ресурсы и размеры экосферы, как и мощность систем ее жизнеобеспечения, ограничены. Очевидна неизбежность глобального геоэкологического кризиса, связанного с противоречием между ограниченными ресурсами и размерами Земли и возрастающими потребностями человека.

## *Лекция 2*

### **ПРИРОДНЫЕ ФАКТОРЫ ЭКОСФЕРЫ**

1. Геосферы и экосфера.
2. Земля как планета: геоэкологические следствия.
3. Энергетические и вещественные особенности экосферы.
4. Роль биоты в функционировании экосферы.

**1. Геосферы и экосфера.** Экосфера – область взаимного проникновения и взаимодействия атмосферы, биосферы, гидросферы и верхней части литосферы. Экосфера не имеет четких границ и простирается на первые десятки километров в атмосферу и на первые сотни метров в литосферу, включая в себя помимо этих двух сфер также и всю биосферу, педосферу и практически всю гидросферу.

Экосфера – целостная, внутренне связанная система, обладающая определенной устойчивостью по отношению как к внутренним процессам, так и внешним воздействиям. Основные черты пространственной структуры экосферы следующие: экосфера по форме близка к шару; экосфера трехмерна; поверхность суши и океана («дневная поверхность») – это зона наибольшего взаимодействия геосфер; верхняя и нижняя границы экосферы размыты; поверхности контактов между различными компонентами экосферы наиболее активны. К ним относятся такие контактные зоны, как атмосфера – суша, атмосфера – океан, суша – океан; поверхности раздела между воздушными и водными массами с различными свойствами (фронты); границы между различными экологическими системами (экотоны).

**2. Земля как планета: геоэкологические следствия.** Положение Земли в Солнечной системе, ее размеры, форма, особенности движений

предопределяют несколько основных свойств планеты, в том числе особенности, важные с точки зрения геоэкологии.

1. Земля – планета относительно небольшая. Площадь ее поверхности составляет 510 млн. км<sup>2</sup>, из них суша – 149 млн. км<sup>2</sup>, а свободная от ледников суша – 133 млн. км<sup>2</sup>. Ограниченность пространства и ресурсов, заключенных в этом пространстве, при возрастающей численности населения мира и росте его потребностей, приведет к неизбежности возникновения, рано или поздно, глобального геоэкологического кризиса.

2. Главный источник энергии, необходимой для функционирования экосферы – это Солнце. Положение Земли по отношению к Солнцу оптимально по сравнению с другими планетами.

3. Наклон земной оси к плоскости движения Земли вокруг Солнца обуславливает изменяющееся в течение года неравномерное распределение солнечной радиации по земной поверхности и, таким образом, (1) смену времен года. Оно обеспечивает также различную продолжительность (2) светового дня и ее (3) внутригодовую изменчивость в зависимости от широты.

4. Параметры движений Земли изменяются с определенной периодичностью. Среди многих периодов выделяются вариации средней продолжительностью 92, 40 и 21–23 тыс. лет, связанные с закономерными изменениями параметров движений Земли. Это приводит к периодичности изменений геоэкологической обстановки, таких как потепление или похолодание климата, повышение или понижение уровня океана, развитие или сокращение оледенения и пр. Периодичность различной продолжительности – отличительная особенность многих природных явлений.

5. Форма Земли не соответствует в точности какой-либо геометрической фигуре, но для текущих задач геоэкологии она может быть аппроксимирована как шар.

**3. Энергетические и вещественные особенности экосферы.** Наиболее характерными особенностями любой сложной природной системы являются ее энергетическое, вещественное состояние и режим. В этой связи важнейшими факторами, определяющими режим и эволюцию экосферы, являются ее тепловой баланс и глобальные циклы веществ.

**Тепловой баланс экосферы.** Солнце – главный источник энергии, которая необходима для функционирования экосферы как системы. Общее количество солнечной энергии, достигающей верхней атмосферы, составляет  $5,49 \times 10$  Дж / год.

Другой источник энергии экосферы – поток из недр Земли к ее поверхности, который в 20-30 тыс. раз меньше, чем поступление энергии от Солнца. Человек использует сейчас почти такое же количество энергии, как и поток из недр Земли.

Солнечную энергию, приходящую к верхней границе атмосферы, постигают затем сложные преобразования: она частично рассеивается

в атмосфере; отражается от нее в мировое пространство; достигает поверхности Земли.

В среднем для Земли почти половина солнечной радиации, приходящей на верхнюю границу атмосферы, достигает поверхности океанов и суши.

С точки зрения энергетического баланса, экосфера – открытая система, потому что происходит свободный обмен энергией через границы системы. Несмотря на это приходные и расходные части энергетического бюджета экосферы в высочайшей степени сбалансированы.

Таким образом, экосфера получает и теряет одинаковое количество энергии, что удерживает ее в относительно стабильном термическом состоянии. Антропогенные изменения теплового баланса в отдельных точках, или территориях (акваториях), могут вызывать изменения в циркуляции атмосферы с соответствующими воздействиями на климат.

**Глобальные циклы вещества.** Что касается обмена веществом, то он также происходит через границы экосферы, но интенсивность обмена по сравнению с потоками вещества внутри системы ничтожно мала. Из космоса сквозь атмосферу на поверхность Земли выпадает примерно 40 млн. т метеоритного вещества в год. Процессы обмена веществом внутри экосферы отличаются значительно большими размерами. Например, реки мира выносят в океаны около 20 млрд. т наносов в год, или в 2 тыс. раз больше, чем приносится метеоритами. Поэтому можно сказать, что с точки зрения геоэкологии Земля и ее экосфера – это закрытые системы.

В закрытой системе неизбежно возникают циркуляционные движения вещества, что и происходит на Земле. Это круговороты вещества, такие как (1) большой («геологический») круговорот, объединяющий разрушение и снос горных пород с аккумуляцией и трансформацией продуктов разрушения, (2) круговорот воды, (3) биогеохимические циклы химических элементов, таких, например, как углерод, азот, фосфор, сера. В сущности, эти круговороты – один большой круговорот, разделяемый нами на отдельные составляющие для удобства понимания глобальных процессов.

Любой сложный круговорот вещества состоит из запасов (резервуаров) и потоков. Одна из важнейших количественных характеристик – среднее время оборота вещества, вычисляемое как отношение его запаса к потоку. Все естественные глобальные круговороты вещества отличаются чрезвычайно высокой степенью замкнутости.

Поэтому даже малые, но устойчивые антропогенные воздействия могут приводить к существенным изменениям естественных круговоротов. Отсюда вытекает важнейшая роль деятельности человека в возникновении и усилении несбалансированности круговоротов с серьезными последствиями глобальных размеров.

Важнейшими для состояния экосферы являются биогеохимические циклы углерода, азота, фосфора и серы.

**Глобальный цикл углерода.** Углерод является наиболее важным химическим элементом экосферы и основные экосферные резервуары углерода находятся в гидросфере, биосфере и атмосфере. Основной запас углерода, принимающего активное участие в биогеохимическом цикле, находится в Мировом океане, где он содержится в различных формах.

Основной антропогенный поток в глобальном цикле углерода образуется в результате сжигания горючих ископаемых в процессе производства энергии. Второй поток – различные виды деструкции органического вещества биоты и почв, которые возникают при антропогенном преобразовании экосистем суши. Эти антропогенные потоки относительно невелики, но они устойчиво возрастают. В чрезвычайно сбалансированном цикле углерода антропогенное воздействие приводит уже сейчас к заметному усилению парникового эффекта с соответствующими серьезными последствиями для экосфер.

**Глобальный цикл азота.** Азот – ключевой ингредиент жизни, поскольку этот элемент обязательный компонент всех белковых соединений. Большие запасы соединений азота сосредоточены в литосфере. Остальные запасы азота представлены в виде химически малоактивного газа, составляющего 79% атмосферы. Запасы азота в биосфере и гидросфере – на три порядка меньше, чем в атмосфере. Среднее соотношение массы углерода и азота в наземной биомассе и почвах  $C:N = 160 : 15$ .

Несмотря на относительно малые запасы азота в биосфере и гидросфере, это активный элемент, быстро обменивающийся между геосферами. Важнейший антропогенный поток в цикле азота – использование азотных удобрений.

Другим фактором антропогенной интенсификации потоков азота является энергетика, поскольку при сжигании угля, нефти и ее продуктов, сланцев, торфа увеличивается эмиссия в атмосферу аммиака и оксидов азота. В свою очередь, оксиды азота и аммиак играют решающую роль в процессах асидификации окружающей среды.

**Глобальный цикл фосфора.** Фосфор – необходимый компонент ДНК и фосфолипидных молекул клеточных мембран. Наряду с азотом, фосфор контролирует биологическую продуктивность наземных и морских экосистем вследствие невысокого содержания этих элементов в экосистемах.

Основные резервуары фосфора – экосистемы суши, океаны и отложения наносов в водоемах. Газообразные формы фосфора практически не существуют, и поэтому в атмосфере его нет. В литосфере подавляющая часть фосфора кристаллических пород содержится в апатитах (95%). Первоначально почти весь фосфор на суше образовался вследствие выветривания апатитов. Осадочные отложения вторичного характера – фосфориты, дающие около 80% всей мировой добычи фосфора.

В естественных экосистемах связывание фосфора растениями находится в состоянии баланса с возвратом фосфора из растений благодаря

распаду органического вещества. В почвах и растительности среднее соотношение концентрации углерода и фосфора равно:  $C : P = 750 : 1$ .

Биогеохимия фосфора отличается от биогеохимии других биогенных элементов (углерода, кислорода, азота, серы), поскольку фосфор, в отличие от других биогенов, практически не встречается в газообразной форме. Это создает односторонний поток фосфора вниз по уклону под действием силы тяжести, главным образом в виде тонкодисперсных наносов, на поверхности которых адсорбированы соединения фосфора. Таким образом, происходит транспорт этого элемента реками в системы с замедленным водообменом (озера, водохранилища, моря), где и отлагаются наносы, относительно богатые фосфором. Противоположного потока не существует, что создает реальную опасность значительного обеднения фосфором экосистем суши (в том числе и агроэкосистем) с соответствующим снижением их биологической продуктивности.

Антропогенный возврат фосфора из водоемов на водосборы пока не вероятен и как бы относится к элементам научной фантастики, но не исключено, что к середине XXI в. эту проблему нужно будет решать.

Вследствие антропогенной деятельности, приводящей к повышенной эрозии почв, смыву фосфорных удобрений и сбросу неочищенных сточных вод, интенсивность потоков фосфора в мире увеличилась. Это приводит к усилению процессов эвтрофикации водоемов. Общемировая величина потока фосфора в гидросферу оценивается величиной около 20 млн. т/год.

**Глобальный цикл серы.** Сера играет важную роль в биологических процессах, поскольку это необходимый компонент белков. Глобальный цикл серы отличается разнообразием биотических и абиотических процессов с участием различных компонентов в газообразной, жидкой и твердой фазах. Из всех глобальных биогеохимических циклов основных биогенных элементов цикл серы наиболее сильно нарушен деятельностью человека.

Важнейшее антропогенное воздействие – это эмиссия оксида серы  $SO_2$ , возникающая благодаря сжиганию горючих ископаемых, прежде всего угля. В среднем антропогенный поток серы вдвое превышает естественный поток. Современный сток соединений серы по речным системам также более чем вдвое превышает его первоначальную величину. Антропогенное нарушение цикла серы серьезно влияет на ряд глобальных геоэкологических проблем, таких как асидификация экосистем, состояние озона в тропосфере и изменение климата.

Все указанные элементы снижают биоразнообразие, азот и фосфор вызывают эвтрофирование, азот и сера – асидификацию, сера, азот и углерод – изменение климата.

Таким образом, экосфера характеризуется мощным и устойчивым притоком энергии извне и взаимосвязанными циклами вещества. При этом отличительная особенность естественных балансов энергии и вещества – высокая степень их сбалансированности. В настоящее время становятся

весьма заметными воздействия человека, как на энергетический баланс Земли, так и на глобальные циклы вещества.

**4. Роль биоты в функционировании экосферы.** Биота – это совокупность организмов, обитающих на какой-либо территории. Живые организмы играют огромную, определяющую роль в формировании и функционировании экосферы. Именно они превратили Землю в планету, резко отличающуюся от других. Биота обеспечивает стабильность экосферы, поддерживая оптимальные условия ее существования и гася возмущения.

**Функции биоты в экосфере.** 1. Энергетическая. Один из самых важных, а может быть, и наиважнейший природный процесс в экосфере – фотосинтез, т.е. процесс образования растительностью органического вещества из углекислого газа атмосферы и воды с использованием солнечной энергии.

При образовании органического вещества в процессе фотосинтеза, растения, в дополнение к углероду, водороду и кислороду, присоединяют в органическое вещество азот и серу. Фотосинтезированное органическое вещество – это важнейший возобновляемый ресурс экосферы, основа всей жизни и мощный регулятор глобальных биогеохимических циклов.

Удивительно, что для фотосинтеза используется менее 1% поступающей к поверхности Земли солнечной радиации. Заметим, что по абсолютной величине суммарная энергия, затрачиваемая на фотосинтез, значительна. Она на порядок превышает количество энергии, потребляемой человеческим обществом.

2. Деструкционная. Наряду с синтезом органического вещества в природе, происходит и его разложение, или деструкция, т.е. распад органических структур на составные части, включая питательные (биогенные) вещества, с выделением энергии. И в этом процессе биота играет определяющую роль. На глобальном уровне, вследствие деятельности биоты, устанавливается с очень высокой степенью точности баланс между продукцией и деструкцией органического вещества. Тем самым обеспечивается устойчивость цикла углерода, этого важнейшего биогеохимического цикла.

3. Концентрационная. Биота осуществляет также весьма эффективное управление потоками и концентрацией биогенных элементов, определяя тем самым устойчивость соответствующих глобальных биогеохимических циклов.

4. Дыхательная. Очень важно, что в процессе фотосинтеза образуется также и кислород. Именно благодаря деятельности биоты атмосфера Земли имеет значительное содержание кислорода. Одним из фундаментальных последствий формирования кислородной атмосферы было образование озонового слоя, отсекающего наиболее жесткую, губительную для живых организмов часть ультрафиолетовой солнечной радиации, что позволило биоте в процессе ее эволюции выйти из океана на сушу.

5. Почвообразующая. Важнейшую роль биота играет в выветривании (разрушении) горных пород и образовании почв: микроорганизмы обеспечивают эффективное формирование большей части мелкодисперсной фракции почв, играющей определяющую роль в плодородии почвы.

Человек как биологический вид находится на верхнем уровне экологической пирамиды. Это означает, что в соответствии со сложившимися в природе соотношениями он может потреблять не более нескольких процентов от производимого в процессе фотосинтеза органического вещества. На самом деле он потребляет или разрушает около 40% органического вещества, производимого растительностью суши, что является важнейшим индикатором глобального экологического кризиса.

### *Лекции 3–4*

## **СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ЭКОСФЕРЫ**

1. Население мира как геоэкологический фактор.
2. Потребление природных ресурсов и «геоэкологических услуг».
3. Геоэкологическая роль технического прогресса.
4. Виды капитала и богатство стран.
5. Рост и развитие. Необходимость изменения стратегии.

Воздействие социально-экономических процессов на экосферу (В) зависит от трех основных факторов: населения (Н), потребления (П) и технического прогресса (Т):  $V = H \times P \times T$ .

Каждая из этих групп состоит, в свою очередь, из многих более конкретных факторов. Рассмотрим эти три основные группы социально-экономических факторов, их значение для состояния экосферы и, соответственно, возможности управления ею.

**1. Население мира как геоэкологический фактор.** Численность населения предопределяет суммарные потребности общества в питании, одежде, жилище, образовании, медицинском обслуживании и других услугах и ресурсах. В результате возникает значительное антропогенное давление на многие природные системы, их деградация, возрастающее расходование естественных ресурсов и, как следствие, многочисленные и серьезные геоэкологические проблемы.

Таким образом, численность населения становится важнейшим геоэкологическим фактором. При этом, вследствие естественного желания жить лучше, потребности людей обгоняют рост их численности.

Начало голоцена (около 10 тыс. лет тому назад) – отправная точка для оценки современного состояния экосферы. Тогда население Земли составляло 5–10 млн чел. С того момента происходил в целом рост населения, сначала медленный, с колебаниями, а затем все более ускоряющийся. Значительный рост численности населения происходил и происходит во второй половине XX в., в течение которой население более чем удвоилось. Наибольший относительный прирост населения увеличивался, достигнув в конце 1960-х годов максимума, равного 2,06% в год.

На 2021 г. население Земли насчитывает 7,8 млрд. чел. Ожидается, что вскоре абсолютный прирост численности населения мира за год пойдет на убыль. Согласно прогнозам ООН, к 2025 г. численность населения мира может составить 8,1 млрд человек, а к середине XXI века достичь 9,6 млрд. Рост численности населения сохранится до конца столетия, хотя в последней трети он стабилизируется.

**Теория Ноутштайна.** Почему должна произойти стабилизация численности населения? В соответствии с теорией выдающегося демографа Френка Ноутштайна (США), экономический и социальный прогресс влияет на рост населения, обеспечивая процесс так называемого демографического перехода. Каждая из стран мира находится на одной из трех стадий перехода.

На первой стадии и рождаемость, и смертность высоки, а численность населения увеличивается медленно или вовсе не увеличивается.

На второй стадии, вследствие улучшения условий жизни, в частности, распространения медицинского обслуживания (пусть даже такого элементарного, как, например, иммунизация населения), смертность сокращается, а рождаемость остается высокой и численность населения быстро возрастает.

На третьей стадии, завершающей процесс демографического перехода, благодаря социальным и экономическим достижениям, в том числе из-за сократившейся детской смертности, размер семей уменьшается. Как и на первой стадии, рождаемость и смертность приходят в равновесие, но на гораздо более низком уровне их численности.

Демографический переход является глобальным явлением, охватывающим все страны мира. При этом очевидно, что демографический переход в различных группах стран и каждой отдельно взятой стране имеет свои особенности, сроки начала и завершения. Всемирный процесс демографического перехода в целом развивается в соответствии с теорией Ноутштайна. К началу 1990-х годов в 24 странах Европы, включая Беларусь и Россию, а также и в Японии демографический переход практически завершился. В этих странах ежегодный прирост населения не превышает 0,3%, так что численность населения практически стабилизировалась (3-я стадия).

Переход к суженному воспроизводству человеческих ресурсов в Республике Беларусь является не чем-то из ряда вон выходящим, а объективным демографическим процессом. Данный процесс происходит в большинстве стран мира, отличаясь в основном сроками его начала и завершения. Причины данного явления лежат не столько в экономической, сколько в социально-психологической сфере. Рост уровня экономического развития и вытекающего из него уровня доходов населения служит катализатором, ускоряющим переход к суженному воспроизводству. Следовательно, центр тяжести в различных демографических программах целесообразно перенести со стимулирования рождаемости на укрепление здоровья и продолжительности жизни населения. Второй вывод связан с осознанием необходимости приспособления к развитию страны в условиях суженного

воспроизводства человеческих ресурсов. Адаптация социально-экономического развития к количественно уменьшающимся трудовым ресурсам возможна как путем привлечения их извне, т. е. миграционного прироста, так и за счет их качественного роста.

Многие страны в основном находятся на различных этапах второй стадии, что и объясняет быстрый прирост населения. Рост численности населения происходит в основном за счет развивающихся стран, доля которых, составляющая сейчас 75%, к 2030 г. достигнет 85–87% населения мира. Первую стадию прошли почти все страны мира. Всего лишь сто лет тому назад почти все страны Западной Европы находились на первой стадии демографического перехода.

Тем не менее, стабилизация численности населения мира, т.е. переход стран на третью стадию, не за горами. Так завершится чрезвычайно важный для состояния экосферы, возможно, важнейший процесс перехода от численности населения мира, не превышавшей 2 млрд. чел., к численности порядка 10 млрд. за столетие или чуть дольше. Вследствие системных особенностей экосферы этот процесс влечет за собой целый ряд переходных процессов.

**Особенности демографического перехода.** Вместе с тем, становится ясно, что теория демографического перехода не учитывает все основные факторы. Если население какой-либо страны возрастает до такого уровня, что его потребности уже превышают природный потенциал, обеспечивающий как возобновление некоторых ресурсов (например, лесов, пастбищ, почвы, воды, рыбы и пр.), так и потенциал поглощения и деструкции загрязнений, то оно начинает, прямо или косвенно, разрушать свою ресурсную базу. Эта ситуация называется демографической ловушкой. По-видимому, ряд развивающихся стран находится в ситуации, близкой к вышеописанной. Вследствие ухудшающегося уровня жизни населения этих стран смертность может начать увеличиваться, и такие страны могут вернуться к состоянию первой стадии демографического перехода, но при гораздо более высокой численности жителей. Последствия такого регрессивного перехода пока трудно предсказуемы, но, несомненно, весьма неблагоприятны.

1. Наиболее населенным районом мира является юго-восточная часть Азии (Китай, Индия, Пакистан, Бангладеш, Индонезия и др.), где проживает около половины всех людей на Земле, причем столь высокая доля оставалась примерно такой же в течение двух последних тысяч лет. Эта огромная территория подверглась и наибольшей антропогенной трансформации.

2. Численность населения мира увеличилась за последние 250 лет приблизительно в 5-7 раз. За тот же период население Северной Америки увеличилось в 100 раз, а в Южной Америке примерно в 20 раз, в основном за счет миграции из Восточного полушария. Эти цифры дают представление о степени возрастания антропогенной нагрузки в различных районах

экосферы, а также о важной геоэкологической роли процессов миграции населения.

3. В особенности увеличивается и будет продолжать расти относительная и абсолютная численность городского населения, преимущественно в развивающихся странах. Городские системы представляют собой пример почти полной антропогенной трансформации территории.

4. Немалую роль в характере антропогенной нагрузки, в особенностях взаимоотношений людей с природой, в потребностях в естественных ресурсах играют национальные традиции, опыт и привычки. Вот как об этом пишет с долей иронии и юмора один из американских демографов:

«Если бы население мира имело производительность труда швейцарцев, уровень потребления китайцев, стремление к равенству, присущее шведам, и общественную дисциплину японцев, то наша планета могла бы многократно обеспечить потребности всего современного населения мира. С другой стороны, если бы население мира имело производительность жителей Чада, уровень потребления американцев, традиционное неравенство, характерное для индийцев, и общественную дисциплину аргентинцев, то наша планета не смогла бы обеспечить потребности даже современного населения Земли».

Возникает необходимость неотложной разработки демографической стратегии как на национальном, так и желательно на общемировом уровне. Для каждой страны демографическая стратегия должна учитывать национальные особенности в области экономики, природных и других ресурсов, истории, религии, культуры и пр.

Пример. Понимая, что потенциальная емкость национальной территории ограничена, правительство Китая проводит жесткую демографическую политику, направленную на сокращение роста населения. Городским семьям разрешается иметь только одного ребенка, а сельским - двух детей. Для обеспечения этой политики разработана система поощрений и наказаний. Это позволяет затормозить рост населения самой многочисленной страны мира, но не на том уровне, как планировалось, а на более высоком - 1,2 млрд. чел. В сельских районах Китая среднее количество детей в семье все же превышает двух. Одна из основных причин неполного успеха заключается в том, что в сельских районах Китая отсутствует пенсионное обеспечение и фактически действует традиционная система, когда старость тем лучше обеспечена, чем больше в семье детей, в особенности мальчиков, как будущих кормильцев престарелых родителей.

О росте населения и его регулировании как важнейшем факторе существования человечества пишет Пол Эрлих (США): «Взрыв, вызванный ростом численности населения, не за горами. Необходимо только понять, будет ли рост остановлен цивилизованно, посредством контроля рождаемости, или же природа сметет излишки населения».

При превышении порогового уровня численность населения регулируется стихийно, посредством голода, болезней, межнациональных конфликтов, гражданских войн и пр. Межплеменные кровопролитные конфликты выглядят как борьба за политическую власть; на самом деле в основе столкновений – перенаселенность стран и, следовательно, борьба за ресурсы.

Имеются два предельных состояния: или при численности населения мира, не превышающей потенциальную емкость экосферы, т.е. около 2 млрд. чел., что обеспечивало бы ее устойчивость и относительно благополучную жизнь для всего населения Земли, или же при численности

населения 10 млрд. и более, ведущей к природным и общественным кризисам и катастрофам и к существованию в условиях дефицита продовольствия, энергии, природных ресурсов и пр.

## **2. Потребление природных ресурсов и геоэкологических «услуг».**

С точки зрения геоэкологии под потреблением понимается использование обществом ресурсов экосферы:

а) физических ресурсов (минеральное сырье, продукты функционирования биосферы, вода, воздух и пр.);

б) «услуг» ее систем жизнеобеспечения (поглощение и переработка отходов);

в) «услуг» по обеспечению основных механизмов биосферы (глобальные биогеохимические циклы).

Потребление направлено на удовлетворение материальных и некоторых духовных потребностей. Другие употребляемые понятия для обозначения степени использования ресурсов и систем экосферы – богатство или уровень жизни. Потребности людей растут быстрее, чем численность населения. Не будет ошибкой сказать, что если рост населения изменяется в арифметической прогрессии, то соответствующий рост потребления – в геометрической, и потому потребление является очень важным геоэкологическим фактором.

Одним из важнейших показателей экологической нагрузки является произведение численности населения мира на величину потребления природных ресурсов и систем жизнеобеспечения на душу населения. Следовательно, регулирование антропогенного давления на экосферу может проводиться посредством управления численностью населения, или величиной потребления, или обоими путями сразу. Потребление также и весьма инерционный фактор, потому что оно основывается на многовековых традициях и его невозможно изменить в одночасье.

Индикатором всемирного потребления и его изменений может быть объем промышленного производства. Промышленное производство неуклонно росло, а следовательно, и воздействие его на экосферу. Всего за 230 лет (с 1750 по 1980 г.) его объем вырос в 85 раз, причем в особенности резким был рост во вторую половину XX в.

Вследствие роста численности населения, промышленное производство на душу населения возросло за 230 лет в 15 раз. За тот же период мировое сельскохозяйственное производство на душу населения увеличилось более чем в 3 раза, или, по объему, примерно в 20 раз, что также указывает на серьезные воздействия на экосферу.

Объем мировой экономики, выраженный в стоимости валового продукта за год (в долларах США), удваивался в XX в. каждые 20 лет. В ближайшие десятилетия ожидается дальнейшее увеличение валового продукта с соответствующим возрастанием нагрузки на экосферу.

**Природные ресурсы.** Природные ресурсы экосферы обычно подразделяются на не возобновимые (полезные ископаемые), возобновимые (в основном биологические) и «неисчерпаемые» (энергия Солнца, вода, воздух, тепло недр). К этой же последней категории могут быть отнесены и такие системы жизнеобеспечения, как глобальные биогеохимические циклы основных элементов, глобальный гидрологический цикл циркуляция атмосферы и океана, процессы синтеза-деструкции органического вещества.

Это весьма условное деление. Границы между категориями ресурсов размыты. Эти границы относительно с точки зрения времени. Например, минеральные ресурсы и почвы продолжают создаваться и эволюционировать и в наше время, но скорость их формирования несравнимо меньше скорости их потребления. Вода в целом возобновимый ресурс, может быть при определенных обстоятельствах стать невозобновимым ресурсом.

1. Современная промышленность и энергетика основываются в основном на использовании невозобновимых ресурсов, а именно полезных ископаемых, подразделяемых на три основные группы – горючие ископаемые (нефть, газ, уголь и др.), металлы (железо, алюминий медь и пр.) и неметаллическое минеральное сырье (соединения серы, фосфора, поваренная и другие соли и пр.). Первая группа относится также к категории уничтожаемых ресурсов, а две другие группы – к категории рассеиваемых ресурсов.

Индустриализация резко увеличила добычу и использование полезных ископаемых. Производство стали в мире с начала XX в. увеличилось более чем в 70 раз, нефти в 130 раз, алюминия более чем в 1700 раз. Этот интенсивный рост связан главным образом с увеличением доходов на душу населения и повышением уровня потребления в богатых странах и только во вторую очередь с ростом численности населения и потреблением в менее развитых странах, потому что в последних более двух третей семейных доходов идет на питание.

Рост добычи полезных ископаемых в мире приводит к возникновению геоэкологических проблем, связанных:

а) с возможным глобальным кризисом вследствие нехватки тех или иных минеральных ресурсов

б) с включением новых, антропогенных потоков в глобальные циклы вещества и энергии, что значительно изменяет системы жизнеобеспечения экосферы.

Суммарная добыча большинства полезных ископаемых за текущие десятилетия намного превысила разведанные запасы к началу этого периода. Тем не менее запасы почти всех полезных ископаемых за это время выросли благодаря геологической разведке, которая обеспечивает перевод полезных ископаемых из категории ресурсов (то есть материалов, имеющих в земной коре) в категорию резервов, по западной терминологии, или запасов, по российской терминологии.

Резервы (запасы) – это часть минеральных ресурсов, технологически доступных и экономически целесообразных для добычи. Скорость прироста разведанных запасов полезных ископаемых растет быстрее, чем их добыча. За последние 20–30 лет, как запасы, так и отношение запасов к ресурсам в мире увеличились. Лишь очень немногие ископаемые обнаруживают уменьшение запасов, т.е. превышение скорости их добычи над скоростью прироста запасов. Цены на мировом рынке на минеральное сырье в основном снижаются, что также указывает на изобилие этих товаров, хотя это и не единственный фактор, определяющий цену сырьевых ресурсов.

При современном уровне добычи разведанных запасов цинка, свинца, ртути хватит на 20 лет, нефти будет достаточно на 40 лет, железа, угля, алюминия – более чем на 100 лет, причем эти цифры имеют тенденцию к возрастанию. Последнее обстоятельство позволяет надеяться, что в целом дефицит минеральных ресурсов не станет в ближайшие десятилетия основной причиной глобального геоэкологического кризиса.

Важнейшим вопросом потребления является эффективность использования ресурсов. Потребление различных полезных ископаемых, как на душу населения, так и на единицу производимого продукта в последние десятилетия в мире сокращается.

Еще сравнительно недавно, 10–20 лет тому назад, популярной темой в литературе был ожидаемый кризис, вызванный грозящей нехваткой тех или иных ресурсов. Опасность этого кризиса, по-видимому, отодвинулась, но вопрос не снят полностью с повестки дня, потому что прогнозирование спроса на полезные ископаемые содержит много неопределенностей, а запасы минерального сырья не дают оснований для спокойствия.

В особенности этот вопрос важен для энергетики. Посредством сжигания горючих ископаемых в мире производится около 80% энергии, и нехватка их без соответствующего изменения источников энергии означала бы не кризис, а катастрофу. Тем не менее, к середине 1990-х годов стало ясно, что главным в изменении типа энергетики, т.е. в переходе к возобновимым источникам энергии, будет все же не недостаток горючих ископаемых, а угроза системам жизнеобеспечения Земли вследствие неконтролируемого парникового эффекта. Асидификация территорий, также возникающая преимущественно вследствие тепловой энергетики, – еще один серьезный фактор необходимости перехода к возобновимым источникам энергии. Если иметь в виду столь серьезные глобальные геоэкологические последствия, то в первую очередь возникает не проблема дефицита горючих ископаемых, а вопрос, будут ли все доступные ресурсы горючих ископаемых когда-нибудь сожжены или экологические ограничения заставят остановить тепловую энергетику, прежде чем будут израсходованы все запасы горючих ископаемых.

2. Еще более сложны проблемы использования возобновимых ресурсов. В целом в мире их количество и качество сократилось под воздействием деятельности человека. Поскольку важнейший источник возобновимых

ресурсов это фотосинтез, создающий первичное органическое вещество. С общесистемной точки зрения, потребление человеком биологической продукции превысило пределы, обуславливающие устойчивость экосферы, в частности, вызвало нарушение глобальных и локальных биогеохимических циклов и снижение биологического разнообразия на генетическом, видовом и экосистемном уровнях.

3. «Неисчерпаемые» природные ресурсы, потребляемые обществом, это в значительной степени ресурсы атмосферы и гидросферы. Потребление этих ресурсов человеком приводит к изменению химического состава атмосферы с соответствующими серьезными последствиями, к ухудшению качества природных вод и трансформации как локальных, так и глобального круговоротов воды.

**Различия в уровнях потребления.** Обсуждая принципиальные вопросы потребления природных ресурсов и экосферных «услуг», нельзя не сказать о различии в уровнях потребления как внутри стран, так и между странами. Разница в уровнях потребления различных стран очень велика. Например, в развивающихся странах потребление нефти, газа, угля и стали на душу населения на порядок меньше, чем в развитых странах.

Величина валового национального продукта (ВНП) дает определенное представление о разнице в уровнях потребления различных стран. ВНП – это стоимость всей конечной продукции и услуг (за год), произведенных на территории данной страны. На долю США приходится 21%, Китая – 10%, Японии – 9%, Германии – 5%, Индии – 4%, Франции – 3%, России – 2,5% от общемирового ВНП. Разница ВНП на душу населения США и Индии, например, была приблизительно в 20 раз.

Примеры. Использование ресурсов жителями развитых стран превышает разумные потребности. Подсчитано, что обобщенный уровень потребления среднего жителя Швейцарии приблизительно в 40 раз больше уровня потребления жителя Сомали. Достаточно посмотреть также на огромные, забитые товарами магазины западных стран, чтобы понять, что преобладающая часть товаров не может быть раскуплена и, таким образом, ресурсы, использованные для производства этих товаров, расходуются впустую. В США только затраты на содержание очень приятных на вид лужаек у каждого дома равны примерно 7,5 млрд. долларов в год. В то же время все виды иностранной помощи США составляют около 10 млрд. долларов в год. Для сравнения укажем также, что расходы на лужайки на жителя США составляют менее 50 долларов, тогда как весь ВНП на душу населения самой бедной страны мира, Эфиопии, составляет 100 долларов в год.

По всей видимости, эту разницу бедных и богатых стран одолеть не удастся, различия в имущественном состоянии стран увеличиваются. Было бы очень желательно, чтобы развивающиеся страны хотя бы приблизились к имущественному уровню развитых стран. Возможный путь к этому – в снижении разницы в доходах.

Средний годовой доход в экономически развитых странах составляет 20 000 долл./чел. Существуют исследования, показывающие, что страны с низким доходом могут достичь уровня дохода в 1500–2000 долларов на человека в год. При таком уровне дохода можно обеспечить около 80% тех показателей качества жизни, которые имеют жители стран с доходом 20 000 долларов (продолжительность жизни, уровень питания, образования, особенности отдыха и пр.).

Развитые страны не только потребляют больше природных ресурсов, но они также в большей степени используют системы жизнеобеспечения Земли, сбрасывая в воду и воздух на душу населения значительно больше загрязнителей, чем развивающиеся страны. Неравномерность уровней потребления является отражением как внутринационального, так и международного неравенства и зачастую служит причиной общественной и политической напряженности и конфликтов, т.е. фактором глобальной экологической опасности

**3. Геоэкологическая роль технического прогресса.** Уже было сказано, что вся сумма воздействий человека на экосферу состоит из трех основных групп факторов: населения, потребления; технического прогресса. Под выражением «технический прогресс» понимается весь комплекс процессов переработки ресурсов и использования систем жизнеобеспечения Земли, т.е. комплекс процессов в промышленности, энергетике, сельском хозяйстве, строительстве и на транспорте. Техника, в этом понимании, оказывает серьезное воздействие на экосферу и отдельные ее компоненты и процессы. Влияния технического прогресса на экосферу огромно по масштабам.

Человечество перерабатывает примерно 100 гигатонн ( $100 \times 10^9$  т) сырья в год, при этом перемещая в процессе его добычи 1000 гигатонн горной породы. При добыче и переработке сырья используется до 1000 гигатонн воды и энергия мощностью до 10 тераватт ( $10 \times 10^{12}$  Вт).

Все эти процессы не характерны для природы, они антропогенны:

- сырье извлекается из невозобновимых ресурсов, не используемых природой;
- энергия производится благодаря сжиганию горючих ископаемых, не вовлеченных в современные естественные круговороты вещества;
- вода расходуется на индустриальные процессы, не имеющие аналогов в природе; процессы переработки сырья вызывают загрязнение окружающей среды;
- продукты технологии, произведенные человеком, выбрасываются на свалки через относительно короткое время после их производства, внося свой вклад в загрязнение экосферы. Человек использует всего лишь 2% от массы извлекаемого им сырья (и то на относительно короткое время), а остальное идет в отвалы. По сути дела, человечество производит главным образом отходы, и во все увеличивающейся степени, в соответствии с обескураживавшимся ранее ростом промышленного производства.

**Следствия технического прогресса.** 1. Технический прогресс является тем механизмом, который вызывает процессы деградации экосферы. Если объем совокупного мирового продукта вырос в XX столетии более чем в 20 раз, то и масса и объем загрязнений возросли не в меньшей степени. Технический прогресс XX в. основан на сжигании горючих ископаемых (угля, нефти, газа), что приводит к катастрофическому загрязнению

атмосферы Земли с многочисленными и серьезными последствиями, включая глобальное изменение климата.

2. Технический прогресс привел к синтезу сотен тысяч ранее не существовавших в природе химических веществ, десятки тысяч которых широко используются в различных областях экономики без надлежащего испытания их токсикологических свойств. Многие из этих веществ высоко токсичны как для человека, так и для природных экосистем.

3. Технический прогресс вызвал к жизни ядерное оружие и атомную энергию без сколько-нибудь достаточного умения контролировать использование радиоактивных материалов, избегать атомных катастроф и управлять радиоактивным режимом территорий.

Очевидно, что человечеству необходимо в ближайшие десятилетия обеспечить плавный, но быстрый процесс перехода к новым, менее вредным и более управляемым технологиям, обеспечивающим если не хорошее, то хотя бы сносное существование всех людей на Земле.

Вместе с тем технический прогресс часто рассматривается как надежда, благодаря которой можно решить основные геоэкологические проблемы. Многие ожидают от техники чуда. Действительно, техника играла и будет продолжать играть ведущую роль в увеличивающемся обеспечении товарами и услугами все большего количества людей. В самом деле, техника может решить (или помочь решить) многие экологические проблемы.

При этом вопросы экономии сырья, воды, энергии, материалов на единицу выпускаемой продукции чрезвычайно важны.

В этом отношении достигнуты значительные успехи в странах Западной Европы, Японии и странах Юго-Восточной Азии. Меньше достижений в этой области у США и еще меньше – у России. Весьма значительны перспективы в области дальнейшей экономии сырья и энергии, вплоть до десятикратной по сравнению с нынешней.

Продолжают разрабатываться и внедряться новые технологические приемы, существенно сокращающие промышленные отходы. За малоотходными технологиями большое будущее. Не следует все же ожидать чуда и в этой области: чем меньше объем отходов, тем, во-первых, обычно выше их токсичность и, во-вторых, тем выше экономические затраты на единицу сбрасываемых отходов.

Имеется много примеров значительных достижений в промышленности и сельском хозяйстве вследствие разработки и внедрения новых технологий.

Таким образом, из трех групп антропогенных факторов (население, потребление и технический прогресс), влияющих на состояние экосферы последняя наиболее эластична. Через нее можно добиться относительно быстрых результатов в управлении состоянием экосферы. Вместе с тем чисто инженерные решения проблем геоэкологии могут лишь облегчить экологический кризис, оттянуть катастрофическое развитие его отдельных проявлений, но они не в состоянии разрешить его. Главное направление

находится все же не в сфере технологии, а в области сочетания факторов «население-потребление», т.е. в социальной сфере.

**Геоэкологические аспекты внешнего долга государств и «свободной торговли».** Серьезнейшие геоэкологические проблемы вытекают из глобальной ситуации с внешней задолженностью стран. Общий госдолг всех стран к концу 2020 года достиг 97,6% мирового ВВП, свидетельствуют данные Международного валютного фонда (МВФ). По сведениям организации, в пересчете на доллары сумма долга составила 89,6 трлн долларов. По прогнозу МВФ, в 2021 году ожидается рост этого показателя до 99,5% глобального ВВП. Без учета десяти крупнейших заемщиков (Аргентина, Бразилия, Китай, Индия, Индонезия, Мексика, Россия, Южная Африка, Таиланд и Турция) объем внешней задолженности стран с низким и средним уровнем дохода в 2020 г. вырос на 4%.

В Латинской Америке и Африке (без Средиземноморья) долги стран превышают половину их ВВП, и даже уплата процентов по долгам составляет 20–30% экспорта этих стран. Для многих стран уплата по долгам начала превышать приток средств, так что больше средств уходило в развитые страны, чем поступало в виде экономической помощи в развивающиеся. В конце 1980-х гг. результирующая денежного потока была направлена в развитые страны и была равна примерно 50 млрд. долларов. Уплата внешнего долга и процентов по нему для большинства развивающихся стран осуществляется во многом за счет распродажи природных ресурсов и, соответственно, посредством потери их природного капитала как вследствие снижения природных ресурсов, так и из-за ухудшения состояния окружающей среды в районах их добычи, транспортировки и переработки.

**4. Виды капитала и богатство стран.** Природные ресурсы – это только часть капитала, аккумулированного в каждой стране. В соответствии с разработками Всемирного Банка, существуют четыре вида капитала: производственный, или материально-финансовый (обычно рассматриваемый в экономических отчетах стран); природный (естественные богатства страны, обеспечивающие приток необходимого сырья и экологических услуг); человеческий (не только рабочая сила, но и вложения в образование, здравоохранение, питание и пр. каждого жителя); общественный (социальная структура, общественные организации, этика и мораль, обеспечивающие устойчивость и развитие страны).

Очевидно, что устойчивое развитие любой страны предполагает в качестве цели сохранение (или приумножение) суммарного капитала, как в общем объеме, так и, предпочтительнее, капитала на душу населения.

Всемирным Банком была сделана попытка оценить в сравнимых денежных показателях богатство каждой страны мира, как в целом, так и по трем видам капитала – производственного, природного и человеческого (табл.1). Несмотря на приблизительность оценок, результаты наводят на размышления. Основным богатством в большинстве стран мира оказался

человеческий капитал, и только в странах - экспортерах сырья природный капитал оказался больше, чем человеческий и производственный.

Таблица 1 – Виды капитала в разных типах стран, %

| Тип страны                  | Доля мир. капитала | Произв. капитал | Природный капитал | Человеч. капитал | Итого в странах данного типа, % |
|-----------------------------|--------------------|-----------------|-------------------|------------------|---------------------------------|
| Страны экспортеры сырья     | 5                  | 20              | 44                | 36               | 100                             |
| Другие развивающиеся страны | 16                 | 16              | 28                | 36               | 100                             |
| Развитые страны             | 79                 | 16              | 17                | 67               | 100                             |

Рассматривая структуру национального богатства некоторых высоко-развитых стран мира и самой большой страны в мире – России за 2017 г. (табл.2) очевидно, что для сохранения природных богатств любой страны необходимы также вложения в другие виды капитала, в особенности в людские ресурсы, т.е. в образование, здравоохранение, повышение качества жизни и пр.

Таблица 2 – Структура национального богатства ряда стран, 2017 г.

| Страна (в порядке убывания стоимости национального богатства) | Структура национального богатства, % |                       |                        |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------|
|                                                               | Природный капитал                    | Произведенный капитал | Нематериальный капитал |
| Швейцария                                                     | 1                                    | 15                    | 84                     |
| Дания                                                         | 2                                    | 14                    | 84                     |
| Швеция                                                        | 2                                    | 11                    | 87                     |
| США                                                           | 3                                    | 16                    | 82                     |
| Германия                                                      | 1                                    | 14                    | 85                     |
| Япония                                                        | 0                                    | 30                    | 69                     |
| Россия                                                        | 44                                   | 40                    | 16                     |
| Среднее по миру                                               | 5                                    | 18                    | 77                     |

Следует помнить, что наряду с трудовыми затратами, природные ресурсы были важнейшим источником накапливаемого богатства стран, в том числе за счет зависимых или находившихся в зависимости стран. И разница между богатыми и бедными странами возрастает и ликвидировать сейчас такие различия невозможно. Развивающиеся страны вынуждены существовать за счет ускоренной распродажи своих природных ресурсов, в то время как доля богатых стран в потреблении природных ресурсов и «услуг» экосферы, и так непропорционально большая, продолжает увеличиваться.

**5. Рост и развитие. Необходимость изменения стратегии.** Система «население-потребление» – важнейший фактор геоэкологического состояния мира и отдельных стран. Проблемы населения и потребления взаимно связаны, а основные факторы зачастую взаимозаменяемы. Например, оди-

наковая степень воздействия на экосферу может быть при многочисленном населении и невысоком потреблении, и, наоборот, при небольшой численности населения, но высоком уровне потребления. Поэтому часто возникающие споры о том, что важнее контролировать: население или потребление – имеют единственный здравый ответ: оба фактора, отдавая приоритет более значимому для данной страны. В развивающихся странах главный приоритет должен быть отдан регулированию численности населения, в развитых – снижению потребления ресурсов экосферы. И все же численность населения остается первичной проблемой, вызывающей потребности общества (удовлетворенные или нет).

Уменьшить геоэкологическое влияние системы «население – потребление» посредством снижения уровня потребления жителями богатых стран без снижения качества их жизни – чрезвычайно сложная задача, и стратегия ее решения пока совершенно не ясна. Подобные перемены очень трудно достижимы и в любом случае требуют значительного времени (масштаба нескольких поколений) для сознательного изменения философии жизни, т.е. системы жизненных ценностей.

Повысить уровень потребления в развивающихся странах до современного уровня богатых стран невозможно, так как ресурсов и возможностей Земли для этого оказывается недостаточно.

Около полувека тому назад Махатму Ганди, лидера Индии, становящейся в то время независимой от Англии, спросили, хотел ли бы он, чтобы Индия достигла уровня жизни Англии. Он ответил: «Чтобы достичь процветания, Британия забрала себе половину ресурсов нашей планеты. Сколько же планет потребуется для Индии?» В то же время, очевидно, что жители развивающихся стран объективно нуждаются в повышении среднего душевого уровня потребления (что близко к повышению среднего уровня жизни).

Рост численности населения мира и сопутствующий ему опережающий количественный рост экономики (объемов промышленного производства, сельского хозяйства, транспорта и пр.) за последние 2–3 столетия, и в особенности за последние полвека, привели к серьезнейшим неблагоприятным нарушениям состояния экосферы.

Вследствие крайней сложности и неопределенности задачи, в поисках компромиссных решений необходимо единство науки, экономики, этики и политики. Задача не под силу какой-либо одной стране и требует объединенных усилий всех наций.

Основной экономической стратегией человечества было и пока остается обеспечение роста экономики. При этом, под ростом понимается увеличение объема производства, основанного на расширяющемся использовании систем и ресурсов экосферы. Очевидно, что рост экономики необходим для улучшения жизни населения развивающихся стран, но столь же очевидна избыточность потребления ресурсов экосферы развитыми странами.

Существует глубокое принципиальное различие между понятиями «рост» и «развитие». Понятие «рост» означает увеличение размера системы вследствие внутреннего ее увеличения или ассимиляции нового вещества.

Возрастающий валовой объем производимых металлов, машин, химических веществ, продуктов сельского хозяйства, перевозимых транспортом людей и грузов, выбрасываемых в окружающую среду отходов деятельности людей и пр. – это все показатели роста. Традиционная экономика полагает, что чем такие показатели больше, тем состояние экономики лучше. Лишь по мере того, как ресурсы экосферы становятся дефицитными, возникает осознание того, что валовой экономический рост будет неизбежно ограничен или сознательно, или стихийно. Пределы валового роста существуют, и с этой реальностью необходимо примириться.

Понятие «развитие» означает движение к лучшему, чем сейчас, состоянию системы. Развитие совсем не означает увеличения размеров системы, оно означает все более полную реализацию заложенных в системе возможностей. Развитие возможно и без количественного роста. Наша планета Земля развивалась по мере ее эволюции, но это не приводило к ее росту. Имея в виду существование пределов валового роста, человечество должно изменить свою главную стратегию, ставя своей целью качественное и устойчивое развитие, а не валовой рост. Изменение стратегии неизбежно, или же Земля в конечном итоге станет непригодной для жизни ее же населения. Понятие устойчивого развития возникло, как попытка найти выход из глобального геоэкологического кризиса.

## *Лекция 5* **ГЛОБАЛЬНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ И СТРАТЕГИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА**

1. Переходный период и его особенности.
2. Несущая способность территории (потенциальная емкость).
3. Элементы стратегии выживания человечества.

**1. Переходный период и его особенности.** Экономика стран и мира в целом ориентирована на рост объема производства. Основной общепринятый показатель успеха любой страны мира – рост валового национального продукта (ВНП). При этом ВНП не включает такие геоэкологические показатели, как загрязнение среды, деградация природных систем жизнеобеспечения или ухудшение состояния природных ресурсов. Более того, экономические действия, направленные на потребление ресурсов, такие как добыча полезных ископаемых, вылов рыбы или заготовка лесоматериалов, превышающие их годовой прирост, отражаются в ВНП как экономический рост, не сигнализируя в то же время о снижении природного капитала.

Наблюдаемые глобальные изменения есть отражение перехода очень короткий период, продолжительностью около 100–200 лет, от сравнитель-

но мало населенной и слабо измененной человеком Земли до перенаселенной, антропогенно трансформированной экосфере. Для своего выживания человечество должно осуществить несколько взаимосвязанных переходных процессов общемирового значения.

***Компоненты стратегии переходного периода:***

1. Демографический переход к стабильному населению мира на невысоком уровне. Каирская Конференция ООН по народонаселению (1994) согласилась, после долгих дебатов, на уровень 7,8 млрд. чел., при условии, что далее среднее число детей в семьях останется на уровне порядка 2,1–2,2 (коэффициент фертильности). Планомерный и мирный переход к стабильной численности населения потребует согласованных действий всех стран мира в течение нескольких поколений, если начать его при жизни этого поколения.

2. Экономический переход к такому типу экономики, который бы принимал во внимание экологические ценности, в настоящее время не учитываемые рынком. Коренной задачей экономики должно стать улучшение качества жизни людей, достигаемое без дальнейшего роста объема экономики. За переходный период главная стратегия экономики должна измениться от роста к развитию.

3. Технологический переход от ресурсопоглощающих и загрязняющих технологий к экологически благоприятным.

4. Этический переход к более высокому уровню сознательности и экологической этики.

5. Социальный переход к более справедливому распределению экологических и экономических выгод внутри и между нациями.

6. Институциональный переход к другим формам управления на национальном и международном уровнях, обеспечивающим экологическую безопасность

Эти компоненты стратегии переходного периода не только взаимосвязаны, их осуществление является необходимым условием для преодоления глобального геоэкологического кризиса.

Необходимость общемировых, глобальных переходных процессов будет усиливаться по мере увеличения антропогенной трансформации экосферы. Также усилится и взаимозависимость между странами. Наблюдаемая в настоящее время глобализация экономики приведет к еще большей глобализации проблем геоэкологии.

Анализируя особенности переходного периода, можно выделить следующие основные проблемы, вызывающие экологическую, социальную и политическую напряженность и снижающие уровень экологической безопасности:

- 1) усиление антропогенной нагрузки на основные системы экосферы;
- 2) дальнейшее снижение доступности природных ресурсов и усложнение их использования;

3) рост населения развивающихся стран и его потребностей, происходящий на фоне увеличивающейся разницы как в уровне жизни развитых и развивающихся стран, так и в фактическом потреблении ими «услуг», предоставляемых системами жизнеобеспечения экосферы;

4) опережающий рост населения городов, не сопровождающийся соответствующим увеличением числа рабочих мест, при ухудшающемся состоянии качества жизни людей в городах.

Стратегия выхода из глобального геоэкологического кризиса и его региональных проявлений требует ее немедленной разработки и осуществления, с тем чтобы, можно было успеть в определенной мере повлиять на происходящие переходные процессы, а не быть их пассивным свидетелем.

**2. Несущая способность территории (потенциальная емкость).** Потенциальная емкость (несущая способность) любой экологической или природно-ресурсной системы – это: 1) количество особей организмов какого-либо вида, которые могут устойчиво существовать неопределенно долгое время (число особей на км<sup>2</sup>); 2) 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.

Полная геоэкологическая емкость территории (ПГЕТ) определяется:

- объемами основных природных резервуаров: воздушного бассейна, водоемов и водотоков, земельных площадей и запасов почв, биомассы флоры и фауны;

- мощностью потоков биогеохимического круговорота, обновляющих содержимое этих резервуаров, скоростью местного атмосферного газообмена, пополнения объемов чистой воды, процессов почвообразования и продуктивностью биоты;

- 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.

Основные особенности понятия «потенциальная емкость территории» сводятся к следующему: оно междисциплинарно;

- имеет динамический характер, то есть изменяется во времени. При этом может изменяться как антропогенное давление, так и потенциальная емкость, взаимно влияя друг на друга;

- обычно определяется лимитирующим фактором в исследуемой системе (в простом случае почвенного плодородия, например, содержанием доступного для растений азота в почве);

- может быть увеличена или уменьшена деятельностью человека. Один из путей к ее повышению – эффективное использование ресурсов;

- Восстановление деградировавшей несущей способности намного сложнее и дороже, чем ее предотвращение.

Концепция Несущей способности является полезным инструментом для оценки экологического 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.

Показатель потенциальной емкости может значительно меняться в каждой стране в зависимости от многих причин, например, от повышения урожайности без снижения потенциального плодородия почв и т.д. 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, т.е. численность населения превышает имеющиеся возобновляемые ресурсы. Иными словами, антропогенное давление превышает естественную несущую способность территории.

1. Кения в начале XX в. имела население около 2 млн чел. – в конце 30 млн. чел. При этом основные природные ресурсы страны (в основном земельные) за столетие практически не увеличились, и нет сомнения, что население Кении намного превышает ее несущую способность.

2. Численность населения Бангладеш составляет 120 млн. чел. при приросте 2,5 млн. чел. в год. При современных темпах роста население удвоится через 30 лет, хотя страна практически не имеет территории для дальнейшего заселения. Часть людей селится на низких островах внешнего

края дельты Ганга и Брахмапутры, подвергающихся частым наводнениям с многочисленными человеческими жертвами.

Так природа начинает регулировать численность населения, поскольку сменяющиеся правительства этой страны неэффективны в решении важнейшей долгосрочной проблемы страны – ее перенаселенности, или превышения потенциальной емкости ее территории.

3. Страдания и гибель сотен тысяч жителей малых стран Африки – Руанды и Бурунди – также результат перенаселенности. О превышении антропогенного давления над потенциальной емкостью территории было давно известно, но ни правительства этих двух стран, ни правительства как соседних, так и далеких богатых стран, ни ООН не уделяли этому серьезного внимания. В этих странах превышение антропогенного давления над естественной потенциальной емкостью выразилось в форме кровопролитных конфликтов между двумя основными племенами, хуту и тутси.

Таким образом, внешние проявления перенаселенности могут принимать различные формы в зависимости от национальной обстановки.

**3. Элементы стратегии выживания человечества.** Необходима стратегия выхода из глобального геоэкологического кризиса, которую можно назвать стратегией выживания человечества. Главные ее элементы следующие:

1. Производить больше, используя меньше ресурсов и энергии на единицу продукции посредством повышения эффективности производства, сохранения возобновляемых ресурсов, технологических нововведений, утилизации отходов и пр.

2. Сокращать, а затем и остановить рост населения. Для этого необходимо, чтобы развивающиеся страны снизили прирост своего населения до уровня развитых стран (не более 0,5% в год, или не более 2,0–2,1 детей в каждой семье).

3. В слоях общества, имеющих высокие доходы, преимущественно в развитых странах, сокращать также и потребление.

4. Обеспечить перераспределение жизненных благ (включая экологические услуги) между теми, кто потребляет слишком мало, и теми, кто потребляет слишком много.

5. Перейти от современной стратегии экономики, в которой достижения оцениваются по показателям количественного экономического роста (например, по величине валового национального продукта), к стратегии развития по показателям, характеризующим изменения качества жизни людей.

В последнем случае масштабы экономики должны выдерживаться в соответствии с восстановительной и ассимилятивной способностью глобальных систем жизнеобеспечения. В то же время следует признать для развивающихся стран право и необходимость следовать курсу на увеличение производства, т.е. на продолжение количественного экономического роста, хотя понятно, что это приведет к ухудшению состояния экосферы.

Каждый из перечисленных пунктов стратегии на первый взгляд не находится в соответствии с установившимся порядком вещей и даже противоречит здравому смыслу. Требуются большие усилия для того, чтобы понять необходимость столь глубоких перемен и гораздо большие усилия для их осуществления. Для правительств всех стран мира необходимо понимание того, что эти перемены нужны всему человечеству, что в ситуации неконтролируемого глобального геоэкологического кризиса победивших не будет, будут только побежденные.

## *Лекция 6*

### **ПОНЯТИЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

1. Принципы устойчивого развития по Г.Х. Брундтланд.
2. Основные правила экологической устойчивости.
3. Белорусская модель устойчивого развития.

**1. Принципы устойчивого развития по Г.Х. Брундтланд.** Исследуя стратегию взаимоотношений между окружающей средой и развитием, Комиссия под руководством Г.Х. Брундтланд (1987 г. «Наше будущее») ввела в широкое употребление термин «устойчивое развитие».

БРУНДТЛАНД Гру Харлем (р. 20.04.1939) – норвежский государственный и политический деятель. С 1974 г. была министром по защите окружающей среды в правительстве Норвегии; в 1981, 1986–1989, 1990–1996 являлась первой женщиной – премьер-министром Норвегии.

В совместном программном документе Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирного союза охраны природы (МСОП) и Всемирного Фонда охраны природы (ВВФ), называемом «В заботе о Земле. Стратегия устойчивости жизни», приводится следующее определение:

Устойчивое развитие – это такое улучшение качества жизни людей, которое сохраняет потенциальную емкость экологических систем, обеспечивающих жизнь.

Принципы устойчивого развития:

1. Воздействие человека на экосферу не должно превышать ее потенциальную емкость.
2. Сохранение возобновляемых ресурсов: а) сохранение основных процессов экосферы (биогеохимических циклов, гидрологического цикла, климатической системы, процессов почвообразования и др.); б) сохранение биологического разнообразия; в) использование возобновляемых ресурсов в пределах их прироста.
3. Расходование не возобновляемых ресурсов, не превышающее скорость создания их заменителей, с последующим прекращением использования не возобновляемых ресурсов.

4. Справедливое распределение выгод от затрат на природопользование как внутри стран, так и между странами.

5. Внедрение более эффективных технологий в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике и пр.

6. Использование экономических инструментов, учитывающих экологические ценности, часто не выражаемые количественно.

7. Совершенствование управления природопользованием: а) развитие соответствующей системы законодательства; б) долгосрочное (перспективное) планирование, включающее и вопросы экологии; в) следование принципу «предвидеть и предотвращать», а не «реагировать и исправлять». В соответствии с этим введение государственной системы экологической экспертизы (с обязательным участием общественности), включающей оценку воздействия проектов на окружающую среду; г) очень высокое положение в системе государственной власти и столь же значительные возможности организации (министерства, ведомства), отвечающей за вопросы экологии, и лица, ее возглавляющего.

8. Развитие морально-этических факторов и принципов: а) формирование этики устойчивого развития; б) совершенствование экологического образования на всех уровнях; в) укрепление традиций общественного экологического самосознания.

**2. Основные правила экологической устойчивости.** Особенности экологической устойчивости выглядят следующим образом:

1. Правило поглотителя загрязнений. Загрязнения, которые будут возникать вследствие деятельности рассматриваемого проекта или мероприятия, должны оставаться в пределах экологической ассимилирующей способности данной территории и не приводить к деградации в будущем, как ее поглотительной способности, так и других важных экологических свойств.

2. Правило источника ресурсов: а) Величина, отбираемого человеком прироста возобновляемых ресурсов должна находиться в пределах потенциала природных систем, регенерировать эти ресурсы; б) Скорость расходования не возобновляемых ресурсов должна быть ниже скорости образования их возобновляемых заменителей, создаваемых человеком. Часть дохода, получаемого человеком от безвозвратного использования не возобновляемых ресурсов, должна направляться на исследования путей получения устойчивых заменителей.

3. Операционные принципы: а) Масштабы экономической подсистемы, определяемые соотношением:  $M = N \times \Pi \times T$  (численность Населения  $\times$  Потребление на душу населения  $\times$  Технический прогресс), должны ограничиваться потенциальной емкостью рассматриваемой территории и потому быть устойчивыми; б) Технологический прогресс должен осуществляться посредством роста эффективности производства, а не вследствие увеличения валового объема операций; в) Возобновляемые ресурсы долж-

ны использоваться таким образом, чтобы получать оптимальный доход от устойчивого прироста возобновляемых ресурсов.

Определение экологической устойчивости основано на концепциях естественных наук и подчиняется законам природы. Стратегии достижения экологической устойчивости должны быть различными для разных стран. Несмотря на то, что правила и принципы, изложенные выше, действуют везде, стратегии могут быть различными из-за разной приоритетности правил.

Понятие устойчивого развития и стратегия, на нем основанная, нуждаются в практической разработке, прежде всего, на национальном уровне. Многие страны мира приняли стратегию устойчивого развития как свою программу на многолетнюю перспективу.

Еще более сложна для конкретной разработки и осуществления всемирная программа устойчивого развития. Переходные процессы, необходимые для устойчивого развития мира, обсуждались нами ранее, но конкретные стратегии по решению этих сложнейших вопросов нуждаются в детальной, конкретной и в то же время срочной проработке.

Главная цель устойчивого развития остается: обеспечить в течение менее чем двух поколений такое состояние мира, чтобы 10 млрд чел. были удовлетворительным образом накормлены и размещены под крышей и чтобы при этом не пострадала окружающая среда.

**2. Белорусская модель устойчивого развития.** Концептуальным ядром Национальной стратегии устойчивого развития является модель, которая включает совокупность принципов и требований к социально-экономической и политической системам государства, режиму функционирования и взаимодействия их подсистем, обеспечивающих гармонизацию отношений в триаде «человек – окружающая среда – экономика». Системообразующим блоком функционирования модели должно стать социально ориентированное, экономически эффективное и экологозащитное развитие страны с учетом удовлетворения потребностей нынешних и будущих поколений.

Основными характеристиками белорусской модели экономики являются:

- сильная эффективная государственная власть, обеспечивающая политическую стабильность, безопасность, социальную справедливость и общественный порядок;
- равенство различных форм собственности, сотрудничество государства и бизнеса, в основе которого лежит главный критерий – повышение конкурентоспособности белорусской экономики;
- высокоэффективная постиндустриальная экономика, основанная на знаниях и инновациях, с высокой долей в ВВП наукоемких производств и услуг, с конкуренцией во всех видах экономической и иной деятельности;
- равные правовые условия для всех граждан в их самореализации, обеспечение собственным трудом достойного существования и материального благосостояния;

– эффективная государственная и общественная поддержка социально незащищенных групп населения, их интеграция в общество и включение в экономическую деятельность;

– многовекторность внешнеэкономической политики как важнейший принцип устойчивого развития страны;

– развитие интеграционных процессов со странами Евразийского экономического союза, прежде всего с Россией и другими государствами;

– экологически обоснованная политика государства;

– активная роль гражданского общества в решении проблем устойчивого развития.

Главными факторами устойчивого развития должны стать человеческий, научно-производственный и инновационный потенциалы, природные ресурсы и выгодное географическое положение страны.

Для обеспечения устойчивого развития страны модель предусматривает взаимоувязанное, комплексное развитие всех ее элементов на основе соблюдения следующих критериев:

– максимизация роста социальной и экономической эффективности при недопущении ухудшения состояния природной среды;

– рациональное потребление благ и услуг в соответствии с научно обоснованными нормативами;

– соблюдение ограничений на ресурсы всех видов;

– максимальное сохранение экосистем в процессе природопользования на основе обеспечения сбалансированности кругооборота веществ.

## *Лекция 7*

### **ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА АТМОСФЕРУ**

1. Парниковый эффект.
2. Деградация озонового экрана.
3. Асидификация экосферы и кислотные осадки.
4. Локальное загрязнение воздуха.

**1. Парниковый эффект.** Влияние деятельности человека на атмосферу и климат проявляется в 4-х основных геоэкологических проблемах: парникового эффекта, деградации озонового экрана, асидификации экосферы, кислотных осадках, локальном загрязнении воздуха.

Атмосфера – это газовая оболочка Земли с содержащимися в ней аэрозольными частицами. Она движется вместе с твердой Землей как единое целое и одновременно принимает участие во вращении Земли. Половина всей массы атмосферы сосредоточена в нижних 5 км, а три четверти – в нижних 10 км. Большая часть геоэкологических проблем, относящихся

преимущественно к атмосфере, сосредоточена в тропосфере, и в особенности на нижней ее границе.

1. Локальные изменения состояния природно-территориальных комплексов (ландшафтов), такие как возникновение и развитие городов, оросительных и других земледельческих систем, антропогенные преобразования пастбищ, возникновение водохранилищ, ведут к локальным изменениям климата.

2. Крупномасштабные антропогенные изменения поверхности Земли (например, обезлесение, опустынивание, деградация внутренних морей и озер и др.) также обуславливают изменения особенностей теплового и водного режима на больших территориях и акваториях, хотя пока еще менее заметные.

Наряду с изменениями физических особенностей атмосферы с вытекающими отсюда последствиями, происходят антропогенные изменения ее газового состава. К их числу надо отнести антропогенное изменение климата (парниковый эффект), нарушение естественного состояния озонового слоя, асидификацию экосферы, включая кислотные осадки, и локальное загрязнение атмосферы.

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, т.е. 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°C, а без парникового эффекта она была бы минус 18°C. Парниковый эффект – один из механизмов жизнеобеспечения на Земле.

Ведущую роль в парниковом эффекте играет водяной пар, находящийся в атмосфере. Удивительно, что большую роль играют также газы, не отличающиеся высокой концентрацией в атмосфере. К основным парниковым газам относятся: углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), оксиды азота, в особенности  $\text{N}_2\text{O}$  и озон ( $\text{O}_3$ ), а также пары  $\text{H}_2\text{O}$ . В эту же категорию следует включить не встречающуюся в природе группу газов, синтезируемых человеком, под общим названием хлорфторбромуглероды.

Деятельность человека за последние 200 лет, и в особенности после 1950 г., привела к продолжающемуся и в настоящее время повышению концентрации в атмосфере газов, обладающих парниковым эффектом. Парниковый эффект каждого из таких газов зависит от трех основных факторов: - ожидаемого парникового эффекта на протяжении ближайших десятилетий или веков (например, 20, 100 или 500 лет), вызываемого единич-

ным объемом газа, уже поступившим в атмосферу, по сравнению с эффектом от углекислого газа, принимаемым за единицу; – типичной продолжительности его пребывания в атмосфере; – объема эмиссии газа.

Комбинация первых двух факторов носит название «относительный парниковый потенциал» и выражается в единицах от потенциала  $\text{CO}_2$ . Он является удобным показателем текущего состояния парникового эффекта и используется в международных дипломатических переговорах. Относительная роль каждого из парниковых газов весьма чувствительна к изменению каждого фактора и к их взаимозависимости и потому определяется весьма приближенно.

**Газы с парниковым эффектом.** Роль водяного пара, содержащегося в атмосфере, в общемировом парниковом эффекте велика и трудно определима однозначно. При потеплении климата содержание водяного пара в атмосфере будет увеличиваться, тем самым, усиливая парниковый эффект.

Диоксид углерода, или углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), отличается, по сравнению с другими парниковыми газами, относительно низким (парниковым) потенциалом, 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.

Метан ( $\text{CH}_4$ ) также играет заметную роль в парниковом эффекте, составляя приблизительно 19% от общей его величины (на 1995 г.). 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.

Текущая роль оксида азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) в суммарном парниковом эффекте составляет всего около 6%. Концентрация оксида азота в атмосфере также увеличивается. Предполагается, что его антропогенные источники приблизительно вдвое меньше естественных. Источниками антропогенного оксида азота является сельское хозяйство (в особенности пастбища в тропиках), 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, компенсируя его относительно невысокую концентрацию.

Хлорфторбромуглероды (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 на середину 1990-х годов приблизительно 7%.

Озон ( $\text{O}_3$ ) – важный парниковый газ, находящийся как в стратосфере, так и в тропосфере.

Аэрозоли – это твердые частицы в атмосфере диаметром несколько микрон. Они образуются вследствие ветровой эрозии почвы, извержений вулканов и других природных процессов, а также благодаря деятельности человека (сжигание горючих ископаемых и биомассы).

**Природные и социально-экономические последствия изменения климата.** Начавшееся изменение климата окажет серьезнейшее влияние, как на естественные, так и на социально-экономические процессы. Межправительственный комитет по изменению климата внимательно рассмотрел возможные воздействия изменений, перспективы управления ими и стратегии приспособления к ним. Анализ проводился на основе шести альтернативных сценариев изменения населения, экономики и энергетики на период до 2100 г.

1. 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, подобное тем, которые происходили при значительных изменениях оледенения в четвертичный период.

2. Прибрежные морские системы вследствие их разнообразия будут по-разному реагировать на увеличение температуры воздуха и рост уровня океана. Следует заметить, что изменение уровня океана в конкретных точках побережья зависит от двух факторов: гидрометеорологических, которые определяют изменения объема океана и зависят от изменений климата, и тектонических, определяющих изменения формы его ложа. Зачастую добавляется и третий фактор: экзогенные геоморфологические процессы, такие как аккумуляция наносов в устьях рек или эрозия морских берегов. Наблюдавшийся за последнее столетие рост уровня океана в пределах от 10 до 25 см – это результат сложения трех упомянутых факторов при очевидно ведущей роли гидрометеорологических факторов.

3. 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, а потому и на климат.

4. Водные ресурсы и их использование. Изменения климата приведут к интенсификации глобального гидрологического цикла и заметным региональным изменениям, хотя конкретный региональный прогноз пока ненадежен. Потребуются значительные капиталовложения для приспособления водохозяйственных систем к новым условиям. В особенности серьезные проблемы возникнут там, где водопотребление уже значительно или велико загрязнение вод.

5. Сельское хозяйство. Изменение климата окажет серьезное влияние как вследствие непосредственного климатического воздействия на агро-

экосистемы, так и из-за необходимости приспособления сельского хозяйства к новым условиям.

В целом ожидается, что общемировой уровень производства продуктов сельского хозяйства может быть сохранен, но региональные последствия будут варьировать в широких пределах.

**Стратегии, связанные с проблемой изменения климата.** Предстоящее изменение климата и его последствия – это крупнейшая проблема выживания человечества, требующая международного сотрудничества по скоординированным действиям 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.

**2. Деградация озонового слоя.** Максимальная концентрация озона сосредоточена в тропосфере на высотах 15–30 км, где существует так называемый озоновый слой. Его масса столь мала, что при нормальном, приземном давлении весь атмосферный озон образовал бы слой всего 3 мм толщиной. Даже при столь малой мощности озоновый слой в стратосфере играет очень важную роль, защищая живые организмы Земли от вредного и даже губительного воздействия ультрафиолетовой радиации Солнца.

В естественных условиях наиболее важными катализаторами реакции распада озона являются оксиды азота ( $\text{NO}$  и  $\text{NO}_2$ ). В свою очередь, они образуются вследствие окисления нитрита кислорода ( $\text{N}_2\text{O}$ ), происходящего на суше и в океанах главным образом вследствие естественных микробиологических процессов денитрификации или нитрификации. Тропические леса являются важным источником нитрита кислорода.

С воздействием жесткой ультрафиолетовой радиации связаны неизлечимые формы рака кожи, болезни глаз, нарушение иммунной системы людей, неблагоприятные воздействия на жизнедеятельность планктона в океане, снижение урожая зерновых и другие экологические последствия.

Другой катализатор – семейство хлорфтор (бром)углеродов (ХФУ) насчитывает ряд сравнительно недорогих синтезируемых веществ. Более десятка из них нашли широкое применение как хладоносители (фреоны) в холодильниках и кондиционерах воздуха, а также в качестве растворителей, пенообразователей, распылителей (аэрозолей) в различных областях индустрии. ХФУ отличаются малой химической активностью и потому высокой продолжительностью существования в атмосфере. Эти свойства оказались вредными, когда стало ясно, что они играют решающую роль в разрушении озонового слоя. Хлорфторуглероды представляют собой группу органических веществ, в которых все атомы водорода замещены на комбинацию атомов хлора, фтора и брома

Расчеты демонстрируют весьма значительные неблагоприятные последствия деградации озонового слоя. Предположительно, потери озона достигнут 6–7% от его первоначального количества, что будет соответствовать увеличению среднего годового количества биологически вредной части УФ радиации на 6–12%.

В 1984 г. английским исследователем Д. Фарманом была обнаружена над Антарктидой область, соизмеримая со всем континентом, где содержание озона в атмосфере в октябре–ноябре было до 40% ниже, чем в среднем. Это означало увеличение ультрафиолетовой радиации, достигающей земной поверхности, приблизительно в 10 раз. Вследствие деятельности человека с конца 1960-х годов до 1995 г. озоновый слой потерял около 5% массы. Ожидается, что максимум потерь стратосферного озона будет достигнут к концу XX в., с последующим постепенным восстановлением в течение первой половины XXI в. в соответствии с обязательствами стран по Конвенции по защите озонового слоя.

Озоновая «дыра» над Антарктидой стала тревожным сигналом общепланетарного неблагополучия экосферы, требующего серьезного внимания всех стран мира. Поэтому вскоре, в 1988 г., был подписан Монреальский протокол к Конвенции по защите озонового слоя, предусматривающий полное сокращение производства и употребления хлорфторуглеродов. Это был первый пример такого международного сотрудничества, которое направлено на решение будущей, только еще возникающей природно-антропогенной проблемы. Эти химические вещества отличаются, однако, продолжительным существованием в атмосфере, и поэтому даже при соблюдении всеми странами всех принятых обязательств, проблема угрозы состоянию озонового слоя будет существовать, по крайней мере, в течение нескольких десятилетий.

**3. Асидификация экосферы и кислотные осадки.** Асидификация – это антропогенный природный процесс повышения кислотной реакции компонентов экосферы, прежде всего атмосферы, гидросферы и педосферы (сферы почв), а также и усиления воздействия повышенной кислотности на другие природные явления.

В естественных условиях атмосферные осадки обычно имеют нейтральную или слабо кислую реакцию, т.е. показатель их кислотности/щелочности обычно меньше 7,0 ( $\text{pH} < 7$ ). В присутствии углекислого газа и при температуре 20°C дождевая вода имеет  $\text{pH}$  равный 5,6. В присутствии других природных газов  $\text{pH}$  дождевой воды снижается примерно до 5,0. Однако, часто случается выпадение атмосферных осадков, имеющих значительно более кислую реакцию. Кислотная реакция осадков может быть в 10 раз больше (т.е.  $\text{pH} = 4$ ) и даже временами, в очень загрязненных районах, достигать 3,5. Принято, что кислотные осадки (или «кислотные дожди») это осадки с  $\text{pH} < 5$ .

Основные компоненты кислотных осадков – аэрозоли оксидов серы и азота, которые при взаимодействии с атмосферной, гидросферной или

почвенной влагой образуют серную, азотную и другие кислоты. Аммиак ( $\text{NH}_3$ ) – еще один основной компонент кислотных осадков.

Кислотные осадки имеют как естественное, так и антропогенное происхождение.

1. Основные природные источники – извержения вулканов, лесные пожары, дефляция почв.

2. Источником антропогенных кислотных осадков является сжигание горючих ископаемых, главным образом угля, в тепловых электростанциях, в котельных, в металлургии, нефтехимической промышленности, на транспорте.

3. Источником кислотных соединений является также сельское хозяйство. В настоящее время естественная фиксация соединений азота в процессе построения растительной массы уже не в состоянии обеспечить потребности земледелия в этом биогенном элементе. Приходится увеличивать использование азотных удобрений и расширять площади под бобовыми и рисом, поскольку эти культуры обладают азотфиксирующими свойствами. Часть азотных соединений при этом уходит в окружающую среду в качестве одного из основных загрязнителей.

Влияние антропогенных соединений азота и серы на атмосферу.

1. Антропогенные соединения азота и серы повышают, иногда значительно, степень кислотности атмосферы и экосистем. Это приводит к значительным изменениям состояния почв, лесов, подземных вод, озер, рек, а также неблагоприятно воздействует на инженерные сооружения.

2. Накопление антропогенной серы и азота в экосфере не только приводит к значительной и широко распространенной асидификации, но также во все усиливающейся степени влияет на радиационный баланс Земли, глобальный баланс питательных веществ (биогенов) и окисляющую способность тропосферы.

3. Соединения азота вызывают эвтрофирование водоемов, способствуя развитию водорослей, поглощающих кислород.

4. 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, в особенности на Канадском и Фенноскандинавском кристаллических щитах, воздействие кислотных осадков на почвы, леса, водные объекты сказывается наиболее неблагоприятным образом. Кислотные осадки играют решающую роль в резком увеличении подвижности в ландшафте алюминия, высокотоксичного для живых существ. Нижеследующая цепочка, на первый взгляд, не связанных событий приводит к внезапному вымыванию алюминия из почв, вследствие медленного и постепенного изменения буферной способности почв снижать кислотность.

Почвы с низкой первоначальной буферной способностью, получающие к тому же значительное количество кислотных осадков, быстрее асидифицируются и отдают алюминий по сравнению с почвами, отличающимися высокой буферной способностью и (или) получающими меньше кислотных выпадений. Восстановление буферной способности почв происходит благодаря выветриванию горных пород, содержащих основные ионы, нейтрализующие кислотность. Но в районах со значительными кислотными осадками скорость выветривания не поспевает за скоростью асидификации.

#### *Меры борьбы.*

1. Снижение эмиссии оксидов серы и азота посредством таких технологических приемов, как использование менее загрязняющего топлива благодаря промывке измельченного угля перед его сжиганием, понижение температуры сжигания угля, извлечение серы из отходящих газов и т. п. Однако, это повышает стоимость производимой энергии.

2. Экономия в использовании энергии.

3. Поскольку кислотные осадки частично 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 эмиссий оксидов серы и азота. В процессе выполнения Конвенции достигнуты значительные успехи в снижении асидификации.

**4. Локальное и региональное загрязнение воздуха.** Геоэкологические проблемы могут иметь глобальный и универсальный характер. Первые охватывают всю Землю или, по крайней мере, имеют размеры, соизмеримые с океанами или континентами. Вторые многократно повторяются во многих точках или небольших территориях мира. Загрязнение воздуха - пример проблемы универсальной, встречающейся как чрезвычайно серьезная локальная проблема во многих местах мира.

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 поглощательная емкость атмосферы исчерпана.

Основными источниками загрязнения воздуха являются теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, химическая промышленность, транспорт, нефте- и газопереработка.

Принципиальный путь решения проблемы - внедрение малоотходных технологий, иными словами, предотвращение загрязнений, а не очистка от них на заключительном этапе производства.

## *Лекция 8*

# **ОСНОВНЫЕ НОРМАТИВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ**

1. Система мониторинга воздушной среды.
2. Нормативные требования к воздушной среде.

**1. Система мониторинга воздушной среды.** Термин «мониторинг» появился перед проведением Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде (Стокгольм, 5–16 июня 1972 г.).

На Стокгольмской конференции была выработана специальная Программа ООН по окружающей среде. Согласно этой программе, под мониторингом было решено понимать систему непрерывного наблюдения, измерения и оценки состояния окружающей среды.

Важным решением Стокгольмской конференции была рекомендация по созданию глобальной системы мониторинга окружающей среды – ГСМОС (Global Environmental Monitoring Systems – GEMS). К концу 70-х годов Глобальная система мониторинга начала постепенно выполнять поставленные цели.

Экологический мониторинг – информационная система наблюдений, оценки и прогноза изменений в состоянии окружающей среды, созданная с целью выделения антропогенной составляющей на фоне природных процессов.

**2. Нормативные требования к воздушной среде.** Поступление загрязняющих веществ в атмосферный воздух происходит в результате деятельности природных и антропогенных источников, а также в результате регионального и трансграничного переноса.

В 1971 г. в бывшем Советском Союзе впервые был утвержден перечень ПДК для 120 веществ в воздухе населенных пунктов. В настоящее время этот перечень составляет более тысячи веществ. Количество же одновременно присутствующих веществ и их сочетаний в атмосфере составляет  $1 \times 10^{60}$ , что реально не может быть охвачено нормированием и контролем.

Реальная ситуация, связанная с временной невозможностью полностью прекратить выброс вредных веществ в воздушную среду, выражается в том, что существует нормирование содержания примесей в воздухе, т. е. используется предельно-допустимая концентрация загрязняющих веществ (ПДК).

Существует санитарная защитная зона – это территория вокруг предприятия, где возможно превышение ПДК для одного или нескольких загрязняющих веществ. Проживание людей в этой зоне не предусматривается, однако в крупных городах данное правило часто не выполняется. Например, в Минске около 140000 человек проживают в пределах санитарных защитных зон. Санитарные защитные зоны создаются в качестве буферных зон

между действующим предприятием и жилым районом. Размер зоны определяется в зависимости от класса (токсичности) загрязнителей, источником которых является предприятие, типа промышленного и его размеров. Как правило, зона меньше 1 км в ширину за пределами территории предприятия. При определении ПДК для воздуха обязательно учитывается эффект суммации.

Нормативы качества воздуха по критерию их токсикологической опасности по отношению к состоянию здоровья и условиям жизни населения делятся на 4 класса. Вещества 1-го класса являются чрезвычайно опасными, 2-го – высокоопасными, 3-го – умеренно опасными, 4-го – малоопасными.

К нормативам, характеризующим вещества 1 класса опасности относятся ПДК по: бензапирену, оксиду пропилену, свинцу, хрому шестивалентному и др., 2-го класса опасности – диоксиду азота, серной кислоте, фенолу, хлору и формальдегиду, 3-го класса – диоксиду серы, ксилолу, неорганической пыли, н-бутиловому спирту, толуолу, этилену и оксиду этилена, 4-го класса опасности – аммиаку, бутилацетату, бутилену, хлористому метилу, оксиду углерода и др. Норматив (ПДК) отражает безопасный для человека уровень содержания компонентов в атмосферном воздухе. На практике в нем одновременно присутствуют несколько веществ, наличие которых вызывает многокомпонентное загрязнение атмосферы.

В Беларуси мониторинг атмосферного воздуха проводится на 67 станциях. В Минске функционирует 12 пунктов наблюдений; в Могилеве – 6, в Гомеле и Витебске – по 5, Бресте, Гродно – по 4 пункта наблюдений; в остальных промышленных центрах – по 1–3 пункту наблюдений. В гг. Минск, Витебск, Могилев, Гродно, Брест, Гомель, Полоцк, Новополоцк, Солигорск, в районе Мозырского промузла и на станции фоновом мониторинга Березинский заповедник работали в штатном режиме 16 автоматических станций мониторинга атмосферного воздуха, позволяющих получать информацию о содержании в воздухе приоритетных загрязняющих веществ в режиме реального времени.

В качестве комплексного показателя степени загрязнения атмосферного воздуха часто используют индекс загрязнения атмосферы (ИЗА), который рассчитывается для группы веществ. ИЗА учитывает комбинированное действие вредных веществ по типу их неполной суммации и их класс опасности:

$$\text{ИЗА} = \sum (C_i / \text{ПДК}_i) a_i$$

где  $C_i$  – среднегодовая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе (приземном слое) над территорией для которой оценивается воздействие мг/м<sup>3</sup>

$\text{ПДК}_i$  – среднесуточная предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе;

$a_i$  – безразмерная константа приведения  $i$ -го вещества к веществам 3 класса опасности.

В системе санитарно-гигиенического и экологического нормирования используется ряд стандартов, производных от ПДК, например предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ).

Следует обратить внимание на особо актуальный для Беларуси в постчернобыльский период норматив радиационного загрязнения – республиканский допустимый уровень (РДУ).

Все нормативы регламентируются законами Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» 1992 г. И «Об охране атмосферного воздуха» 2008 г.

В тех случаях, когда концентрация вредного вещества в расчетной точке превышает предельно допустимую для данного вещества, а снижение ПДВ до требуемых (расчетных) значений не может быть обеспечено по объективным причинам, вводится поэтапное снижение выбросов вредных веществ до ПДВ, т. е. на каждом этапе устанавливаются временно согласованные выбросы (ВСВ). ВСВ определяется отраслевым министерством по согласованию с органами здравоохранения.

## *Лекция 9*

### **ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ГИДРОСФЕРУ**

1. Воды суши и деятельность человека.
2. Вопросы качества вод суши.
3. Деятельность человека, влияющая на состояние океанов и морей.

**1. Воды суши и деятельность человека.** Гидросфера – это водная оболочка Земли, представляющая собой совокупность всех водных объектов планеты (океанов, морей, рек, озер, болот, ледников, снежного покрова, подземных вод).

Во многих случаях вода – ключевой фактор основных глобальных экологических проблем. Выше уже отмечалась исключительная роль воды как агента, переносящего растворенные и взвешенные вещества. Поэтому она важнейший фактор в глобальных биогеохимических циклах углерода, азота, серы, фосфора и др. и в экзогенной части большого геологического цикла (или цикла эрозии-седиментации). Глобальный гидрологический цикл – это один из основных жизнеобеспечивающих механизмов экосферы, зависящий в то же время от изменения ее состояния. Гидрологический цикл означает больше, чем водный цикл. Реки мира также приносят в океан около 22 млрд. т наносов и 3 млрд. т растворенных веществ.

Геоэкологические аспекты водного хозяйства: водные ресурсы и водообеспеченность. Вода – наиболее широко используемый природный ресурс. Забор воды из всех источников мира составляет около 4000 км<sup>3</sup> в год. Передача значительных объемов воды с континента на континент и даже на большие расстояния внутри континентов по ряду причин весьма затруднительна.

Существуют интересные предложения по (1) транспортировке воды на большие расстояния. Однако стоимость кубометра такой воды была

и останется высокой даже по сравнению с более реальными, но также дорогими способами, например с (1) опреснением морской воды.

Управление водными ресурсами удобнее всего осуществлять для всего бассейна реки, озера или бассейна подземных вод. Однако политические и административные границы, как правило, не совпадают с водоразделами. 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.

Наибольшие трудности в сотрудничестве между областями (штатами) или, тем более, странами заключаются в том, что территории, расположенные выше по течению реки, находятся в преимущественном положении.

ООН 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».

Стратегия решения водных проблем заключается в таком управлении бассейном, которое бы обеспечивало экономическое развитие без ухудшения водных и связанных с ними других природных ресурсов.

#### ***Показатели состояния водных ресурсов:***

1. Количество водных ресурсов на каждого жителя. Уровень 1000 м<sup>3</sup> на человека обычно принимается в качестве критического, указывающего на то, что страна находится в состоянии острого дефицита водных ресурсов. В странах, где водное хозяйство определяет всю экономику, таких как Египет, Сирия, Пакистан, уровень водопотребления составляет 1200–2200 м<sup>3</sup>/чел.

2. Доля используемой воды по отношению к имеющимся ресурсам.

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 уровне. Предстоящее изменение климата во многих случаях еще усилит конфликтные ситуации.

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: увеличивать доступный объем возобновляемых ресурсов, снижать спрос на воду.

### ***Потребители воды:***

1. Ирригация, расходуемая около 65% всей забираемой воды. В аридных районах этот показатель намного выше, достигая 98% в случае Египта. Повышение эффективности орошения может принести не меньший результат, чем строительство нового водохранилища. При этом стоимость таких мер будет ниже затрат на увеличение подачи воды, а неблагоприятные геоэкологические последствия будут несомненно меньше.

2. Доля промышленности в водопотреблении мира составляет около 25%. В странах с достаточным увлажнением, где интенсивное орошение не требуется, эта доля весьма высока. Основная стратегия снижения водопотребления в промышленности - увеличение степени оборачиваемости воды в производственном цикле.

3. 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 очень дорого. Несмотря на это типичная величина потерь воды в городских сетях составляет 50%.

Таким образом, успешное водное хозяйство – это поддержание баланса между спросом и предложением без ухудшения (по крайней мере) геоэкологического состояния территории. Экономика использования водных ресурсов требует большого внимания. Пока что вода во всем мире имеет низкую цену, что ведет к неэффективному использованию водных ресурсов, а следовательно, к экологическим проблемам. Это делает водное хозяйство уязвимым или экономически и экологически неустойчивым.

**2. Вопросы качества вод суши.** Главными источниками загрязнения природных вод являются предприятия черной и цветной металлургии, химической, нефтяной, газовой, угольной, целлюлозно-бумажной промышленности, сельское хозяйство (как земледелие, так и интенсивное животноводство), коммунальное хозяйство.

Существуют две основные категории источников загрязнения водных объектов: источники точечного загрязнения и рассеянного загрязнения. К первой категории относятся, например, сбросы промышленных предприятий и очистных сооружений коммунальных стоков. Ко второй категории относятся, например, загрязнения, связанные с сельским хозяйством, такие, как загрязнения вод продуктами распада удобрений и пестицидов. Стратегии управления точечным и рассеянным загрязнением различны. В первом случае необходимо иметь дело с каждым источником, в то время как при рассеянном загрязнении нужно осуществлять стратегию управления всем речным бассейном, а точнее говоря, состоянием ландшафтов бассейна, в особенности антропогенно трансформированных. В стратегиях по улучшению качества воды, как правило, начинают с точечного загрязнения, а по достижении определенных успехов затем обращаются к регулированию рассеянного загрязнения.

Нормирование в области использования и охраны вод в Беларуси регламентирует Водный кодекс РБ (1998 г.). Сейчас в РБ нормируются воды питьевого, хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения.

В основу гигиенических требований к качеству воды положен критерий, определяющий состояние здоровья человека и условия его жизни. Это связано с тем, что вода может выступать источником или фактором передачи целого ряда заболеваний. В связи с этим, гигиенический критерий качества вод, основан на триаде, объединяющей три группы признаков вредного действия веществ: общесанитарный, токсикологический, органолептический.

Основные антропогенные источники загрязнения воды – это патогены, органические вещества, асидификация, эвтрофикация, нитраты, тяжелые металлы и минерализация.

1. Заражение патогенами – очень важный фактор высокой заболеваемости и смертности от желудочно-кишечных болезней. В развитых странах вода в системах питьевого водоснабжения обрабатывается, в то время как в развивающихся странах обработка не всегда удовлетворительна, если она вообще производится. В Индии, например, достаточно полная очистка сточных вод в конце 1980-х годов производилась только в 8 городах.

Реки обладают значительной самоочищающей способностью благодаря растворенному в воде кислороду, количество которого постоянно пополняется из атмосферы вследствие турбулентного режима течения рек.

2. Асидификацией озер можно в определенной мере управлять. Общая цель заключается в уменьшении кислотности воды до уровня  $pH > 5,0$ . Существуют два основных подхода: а) снижение выпадения кислотных осадков на озеро и весь его бассейн; б) непосредственное воздействие на воду, главным образом путем ее известкования. После известкования химическое состояние воды озера быстро улучшается, и реакция становится близкой к нейтральной.

3. Слово эвтрофикация происходит от слова трофика – питание. Оно означает усиление биологической продуктивности водоемов вследствие накопления в воде биогенных элементов. Управление эвтрофикацией обычно направлено на снижение фосфорной нагрузки. Бассейн озера рассматривается как единое целое, и действия по управлению основаны на тщательном анализе источников фосфора, затрат на его удаление или снижение нагрузки, социальных или политических обстоятельств.

4. Важнейший источник нитратов в природных водах и источниках водоснабжения – сельскохозяйственные удобрения. Нитраты отличаются высокой растворимостью, и потому значительная их часть (не менее 15% от исходного количества) уходит в водные объекты, прежде всего в подземные воды. Установленная Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) норма содержания нитратов в питьевой воде – 11 мг/л азота в виде оксида азота.

5. Минерализация воды означает содержание в ней растворенных веществ. Усиление деятельности человека приводит к росту содержания в воде основных ионов, встречающихся в природе (хлоридов, сульфатов, гидрокарбонатов, кальция, натрия, калия – в зависимости от климатических условий).

6. Тяжелые металлы и мышьяк – серьезная проблема качества воды многих водных объектов мира. Из почти 100 химических элементов, обнаруженных в земной коре, в состав живого вещества входят, в заметной концентрации, только 22 наиболее легких, находящихся в верхней части таблицы Менделеева кверху от кальция. Вместе со сточными водами они попадают в источники водоснабжения. Основная стратегия управления для тяжелых металлов заключается в управлении технологическими процессами. Развитые страны добились в этом отношении значительных успехов.

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 (недостаток необходимого оборудования для измерений, отсутствие или несоблюдение соответствующих законов и пр.) они не действенны в большинстве развивающихся стран и стран с переходной экономикой.

Штрафы, налоги и другие меры экономического характера мало успешны при управлении рассеянным загрязнением. В таких случаях необходимо обратить внимание на технологию сельскохозяйственных работ, таких как вспашка, внесение минеральных и органических удобрений, методы орошения и т.д. Управление неканализованными стоками сельских поселений и малых городов также относится к этой категории.

**3. Деятельность человека, влияющая на состояние океанов и морей.**  
Хозяйственная деятельность человека в Мировом океане разнообразна.

1. Основная часть громоздких грузов, включая нефть, перевозится морем.
2. Мировой океан – источник рыбных и других биологических ресурсов.
3. Это также и источник минерального сырья, пока еще мало используемый.

4. Океан поглощает и преобразует продукты деятельности человека. По мере роста антропогенного давления эта последняя функция становится все более важной.

Основную часть океана, удаленную от берегов, часто сравнивают с пустыней. Как правило, чем ближе к побережьям, тем больше антропогенная нагрузка. Внутренние моря и заливы отличаются большей антропогенной нагрузкой по сравнению с открытым океаном.

Основные виды деятельности человека, влияющие на состояние морей и океанов.

1. Деятельность в бассейнах рек, приводящая к изменениям гидрологического режима морей. Деятельность человека в бассейнах рек (расширение площади пашни, строительство оросительных систем, вырубка лесов,

применение удобрений и пестицидов, разнообразное строительство и др.) влияет на гидрологический режим рек, а через него и на режим морей, в особенности замкнутых. Речной сток в моря также в целом несколько ниже вследствие увеличившихся затрат воды на испарение, главным образом из-за развивающегося орошения. Снижение стока рек приводит к росту солености морских вод в замкнутых морях и заливах, таких как Черное и Азовское моря или залив Сан-Франциско.

2. Использование земель в береговой полосе. Чем ближе к границе раздела между водой океана и сушей, тем обычно больше плотность использования земли и, соответственно, выше деградация земель береговой полосы. В этой полосе острее всего также и конкуренция в использовании земли между жилыми кварталами, портовыми и промышленными сооружениями. Главная область загрязнения - порты, куда загрязненная вода попадает с судов, стекает с городских территорий, как жилых, так и промышленных, поступает вместе с наносами рек.

Например. На морском крае одного из основных рукавов дельты Рейна, проходящего сквозь крупнейший в мире порт г. Роттердама (Нидерланды), намыт искусственный остров из загрязненных наносов. Остров непригоден для обитания, но может быть использован для производственных целей, например складов.

Рекреация – серьезнейший конкурент в использовании земель береговой полосы. Морские побережья – основное место отдыха, привлекающее около половины всех рекреантов мира, и к 2025 г. прогнозируется их увеличение вдвое. Только побережья Средиземного моря ежегодно посещают свыше 110 млн. туристов.

3. Сброс в море загрязненных вод побережья. Как и в случае вод суши, существуют два основных механизма загрязнения вод: точечное и рассеянное. Основные последствия загрязнения - инфекционные болезни, эвтрофикация прибрежных вод и дефицит кислорода, токсическое воздействие различных химических веществ на людей и природу.

4. Сброс промышленных отходов и отстоя очистных сооружений. Эти вещества могут быть чрезвычайно токсичными. Такие сбросы в море без обработки нельзя квалифицировать иначе, как варварство.

5. Особая проблема - распространение пластикового мусора на поверхности морей и в полосе прилива и прибоя. Даже в открытом океане его встречается много. Это брошенные и потерянные сети, поплавки, упаковка товаров, бутылки и пр. Такой мусор практически не разлагается и остается на поверхности воды или на пляжах очень долгое время.

6. Перевозка опасных веществ - важный фактор загрязнения морей. В особенности это относится к перевозке нефти и нефтепродуктов. Судостроительство обеспечивает примерно половину антропогенного поступления нефти в Мировой океан. Карты загрязнения океана нефтью и основных морских линий во многом совпадают. Сбросы загрязненных веществ с су-

дов полностью запрещены в закрытых морях, таких как Средиземное, Черное, Балтийское, Красное, Персидский др.

7. Захоронение радиоактивных отходов и их последующая миграция.

8. Использование небиологических морских ресурсов. Запасы нефти на дне морей составляют около половины ее запасов на земном шаре.

9. Использование энергии океана. Запасы энергии в нем огромны, но ее концентрация невелика, и потому пока не удастся разработать эффективные технологии извлечения энергии. Проводились крупные эксперименты по использованию энергии приливов (Франция, СССР).

10. Использование морских биологических ресурсов. Рыба – один из основных источников питания человека, на ее долю приходится 20% потребляемых белков.

Прогнозы указывают на то, что к 2030 г. Среднее статистическое потребление рыбы упадет до 11 кг/чел., т.е. почти вернется к уровню 1950 г. Развивается также разведение рыбы в садках и ежегодно дает около 12–13 млн. т. Однако не обходится без проблем: рыбные особи в садках подвержены эпидемиям, выращивание рыбы требует значительных расходов зерна на ее питание, а конкуренция с другими пользователями земли за место у побережья, где можно заниматься разведением рыбы, весьма остра. Поэтому перспективы искусственного рыборазведения вряд ли можно расценивать высоко, и в любом случае они не могут рассматриваться как альтернатива естественному процессу.

Принципиальное отличие морского загрязнения от речного заключается в том, что первое может перемещаться в различных направлениях в пределах моря. Это объективно побуждает страны, расположенные у одного и того же моря, к международному сотрудничеству для сохранения и улучшения состояния моря.

Приблизительная, с округлением до 10%, оценка вклада основных источников загрязнения Мирового океана и его компонентов следующая: сток загрязнений с суши (как по рекам, так и в виде рассеянного стока) – 40%, выпадения из атмосферы – менее 40%, и источники на море (судоходство, добыча нефти и др.) – более 20%.

#### ***Основные пути решения геоэкологических проблем морей и океанов:***

1. Заключение международных соглашений 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 разнообразным вопросам, требующим совместных согласованных действий.

2. Контроль за загрязнениями, чтобы сбросы не превышали естественную способность к самоочищению.

3. Удаление нефтяных платформ с отработанных участков таких акваторий, как Северное море или Мексиканский залив. Они исчисляются сотнями и препятствуют судоходству и рыболовству.

## *Лекция 10*

# **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ**

1. Основные функции сферы почв.
2. Глобальная оценка деградации почв.
3. Геоэкологические проблемы земледелия.
4. Геоэкологическая устойчивость сельского хозяйства.

**1. Основные функции сферы почв.** Совокупность почв мира часто выделяют в особую часть экосферы, называемую сферой почв, или педосферой. Почва – многокомпонентное, но целостное природное образование, сформированное на земной поверхности там, где взаимодействуют все четыре геосферы (литосфера, гидросфера, атмосфера и биосфера), составляющие экосферу.

### ***Функции почвенного покрова:***

1. Биоэкологическая (почва – это место размещения и функционирования живого вещества);
2. Биоэнергетическая (это место преобразования солнечной энергии, аккумулированной в гумусе и других органических веществах, в биомассу);
3. Функция фиксации азота и образования белков;
4. Функция активного агента в глобальных биогеохимических циклах основных химических элементов;
5. Функция преобразования подстилающих кристаллических пород в измельченные фракции (выветривание);
6. Гидрологическая функция (это область активного водообмена между геосферами);
7. Метеорологическая функция (это область, вносящая заметный вклад в формирование состава и режима атмосферы).

Из многочисленных важнейших функций следует выделить наиважнейшие, а именно определяющую (1) роль почвы в производстве первичной биологической продукции как основы возобновимых природных ресурсов и главного источника питания человечества, и (2) роль почвы как тонкой поверхностной оболочки экосферы, через которую осуществляется обмен веществом и энергией во многих звеньях глобальных биогеохимических циклов и регулируется химический состав вод и воздуха. Выражаясь языком журналистов, можно сказать, что роль почвы во многом похожа на роль кожи у животных.

### *Геоэкологические проблемы, связанные с почвой:*

1. Химические изменения атмосферы и вытекающие отсюда последствия зависят от участия почвы в глобальных биогеохимических циклах вещества.

2. Состояние океанов, окраинных и внутренних морей и, в особенности, прибрежных зон в сильной степени определяется выносом наносов, растворенных и взвешенных химических веществ со стоком с материков. А в формировании стока всех этих веществ, равно как и собственно жидкого стока, почвенный покров и его состояние играют очень большую роль.

3. Изменения состояния и продуктивности природных экосистем, в частности обезлесение и опустынивание, влияют на состояние почвенного покрова, а оно, в силу существования обратных связей, влияет на дальнейшее снижение продуктивности.

4. Ряд проблем окружающей среды, возникающих в искусственно созданных или сильно преобразованных человеком экосистемах, таких как агроэкосистемы, также тесно взаимосвязаны с состоянием почвенного покрова или его воздействием на другие компоненты экосферы.

**2. Глобальная оценка деградации почв.** Почвы – это возобновимый природный ресурс, но практически, вследствие малых скоростей естественных процессов по сравнению с антропогенными, этот ресурс в большинстве ситуаций может рассматриваться как невозобновимый. Использование почв зачастую приводит к ухудшению их природных свойств, то есть к их деградации. Деградация почв – антропогенный процесс снижения способности почв обеспечивать существование людей.

Согласно Глобальной оценке деградации почв, только малонаселенные районы бореальных лесов и пустынь не затронуты антропогенной деградацией почв.

а) «Сильно деградированные» (15%). Эти почвы столь сильно деградированы, что их восстановление или невозможно, или же трудно достижимо из-за технических сложностей и крайне высокой цены такой работы. Так, восстановление неполивных почв в США обходится в среднем в 4000 американских долларов на гектар.

б) «Умеренно деградированные» (46%) со значительно сократившейся продуктивностью.

Деградация почв происходит вследствие различных причин антропогенного характера. Основные процессы деградации почв: водная и ветровая эрозия почв – важнейшие процессы, распространенные на 84% деградировавших почв; ухудшение структуры почвы; техногенное загрязнение; засоление; заболачивание и подтопление. Основные причины деградации почв мира: сведение лесов, главным образом для сельского хозяйства; перевыпас скота; несовершенное и неправильное сельское хозяйство; переэксплуатация почв.

Большая часть суши непригодна, малопригодна или неудобна для земледелия. Согласно одной из оценок, в мире имеется 32,8 млн. км<sup>2</sup> при-

годных к пахоте почв, или 22% общей площади суши. При этом лишь 3% площади суши представляют высокопродуктивные почвы.

**3. Геоэкологические проблемы земледелия.** Естественные экосистемы, как правило, замкнуты, то есть отличаются весьма малыми потоками вещества и энергии через их границы. Любая сельскохозяйственная экосистема существенно отличается от природных экосистем значительными потоками вещества и энергии через ее границы из-за выноса веществ с урожаем, поступления удобрений, воды для орошения, пестицидов. При этом возникает ряд геоэкологических проблем:

1. Водная и ветровая эрозия почв. Эрозия почв – это естественный геоморфологический процесс, неотъемлемое звено, как глобальных биогеохимических циклов, так и глобального цикла денудации-аккумуляции. Наибольшие величины естественной водной эрозии вне горных территорий наблюдаются в зонах полупустынь и степей. Здесь количество осадков, составляющее около 250–500 мм в год, еще достаточно велико, чтобы обеспечить размыв и смыл почвы, а естественная растительность уже не полностью защищает почву от воздействия дождевых капель. Максимум естественной ветровой эрозии располагается в аридных зонах (полупустыни и пустыни). На глобальном уровне роль ветровой эрозии приблизительно вдвое меньше, чем водной эрозии. Главная причина эрозии почв – сельское хозяйство.

2. Геоэкологические последствия применения удобрений. В агроэкосистемах скорость выноса питательных веществ на 1-3 порядка больше, чем в природных системах, причем, чем выше урожай, тем относительно больше интенсивность выноса. Всего в мире с урожаем зерна выносятся, например, около 40 млн. т азота в год, или примерно 63 кг на 1 га площади зерновых. Отсюда следует необходимость применения удобрений для поддержания плодородия почвы и повышения урожаев, так как при интенсивном земледелии без удобрений плодородие почвы снижается уже на второй год.

3. Геоэкологические последствия применения пестицидов. Одно из основных направлений борьбы с вредителями сельского хозяйства (насекомыми, грызунами, грибами, сорняками) – это применение химических веществ, называемых пестицидами

Пестициды – общее название для всех химических веществ, применяемых для борьбы с вредителями, а также и более узкое название для части веществ, применяемых против насекомых. Гербициды применяются для контроля сорняков, фунгициды – против грибов, родентициды – против грызунов. Основным потребителем пестицидов – сельское хозяйство.

Всего в мире используется не менее 180 пестицидов в виде нескольких тысяч препаратов. Большинство проблем применения пестицидов, возникает потому, что практически все пестициды являются ксенобиотиками – чуждыми для природы химическими соединениями.

В долгосрочной перспективе большая часть применяемых химических веществ должна быть запрещена и заменена на биологические средства

борьбы (или на интегрированные биологические, химические и другие средства защиты урожая). Должны применяться пестициды с относительно коротким временем распада.

4. Уплотнение почвы. При технологически интенсивном сельском хозяйстве (где производится около половины продовольствия мира на одной пятой пахотной площади) широко используются сельскохозяйственные машины. Всего в мире в сельскохозяйственном производстве используется более 30 млн. тракторов, не считая комбайнов, плугов, сеялок и пр., а также грузовиков. Почти все эти машины очень тяжелые. Некоторые сельскохозяйственные машины превышают допустимую нагрузку даже на асфальтированные дороги.

5. Проблемы орошения. Орошение применяется издавна, чтобы обеспечить повышенный и устойчивый урожай. На 2017 г. площади орошаемых земель в мире составляли около 300 млн. га. Это всего лишь 17% пашни, но они обеспечивают около одной трети всех продуктов земледелия.

*Проблемы, связанные с орошением:*

1. Глубокие преобразования состояния и режима территории. В результате изменяется основной тип водного режима почвы: вместо непромывного режима, когда воды не промачивают ежегодно почвенный профиль, возникает промывной режим, при котором происходит ежегодное, обычно многократное промачивание почвы (засоление почв).

2. Изменяются все особенности режима почвы, в том числе условия миграции химических соединений, а затем и физические свойства почвы.

3. Геоэкологические изменения: подъем уровня грунтовых вод вследствие избыточного количества оросительной воды.

4. Малая эффективность использования воды. Коэффициент полезного действия для поля или оросительной системы есть отношение объема используемой растениями воды к объему забираемой воды (обычно КПД равен 0,4–0,6).

Если главной геоэкологической проблемой ирригации на уровне поля или оросительной системы является проблема заболачивания и засоления почвы, то основной проблемой на уровне речного бассейна является значительное увеличение транспорта растворенных солей. Развитие орошения, особенно в тропических странах, обычно сопровождается рядом социальных последствий. Одно из наиболее важных – рост болезней, связанных с переносчиками, таких как малярия, шистосоматоз или онкоцеркоз.

**4. Геоэкологическая устойчивость сельского хозяйства.** Деградация педосферы – одна из самых серьезных, долгосрочных геоэкологических проблем мира. Не смотря на продолжающееся ухудшение ресурсной базы сельского хозяйства, растущее население мира должно быть обеспечено питанием. Необходим переход к экологически устойчивому сельскому хозяйству.

Стратегия перехода в области сельского хозяйства весьма сложна и требует очень больших усилий даже для ее разработки, не говоря уже о выполнении. В сложной системе, какой является сельское хозяйство, эле-

менты стратегии могут быть весьма далеки от состояния почв, но могут привести к желаемым результатам. К ним относятся (1) эффективное управление численностью населения, (2) оптимизация качества питания взамен максимизации объема производства, (3) устранение или снижение государственных субсидий сельскому хозяйству. Наряду с социально-экономическими элементами стратегии перехода к экологически устойчивому сельскому хозяйству, существуют (4) экологически благоприятные методы ведения хозяйства. Они основаны на минимизации чуждых для природы агротехнических приемов, таких как применение пестицидов или минеральных удобрений. Это так называемое органическое земледелие. Вследствие более высоких цен на такие продукты органическое земледелие может приносить не меньше дохода, чем высокотехнологичное сельское хозяйство.

Однако доля площади, обрабатываемой с применением органического земледелия, не превышает нескольких процентов даже в передовых странах. При этом отмечается определенная, хотя и слабая, тенденция к росту. В качестве переходной, или компромиссной стратегии можно рассчитывать на снижение количества вносимых химических веществ (удобрений и пестицидов), более эффективное их применение.

## **Лекция 11**

### **ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ЛИТОСФЕРУ**

1. Строение Земли и литосфера.
2. Большой круговорот вещества и роль в нем человека.
3. Загрязнение окружающей среды отходами производств и потребления.

**1. Строение Земли и литосфера.** Основная по массе, твердая часть планеты Земля состоит из ядра, мантии и земной коры. Средняя толщина земной коры около 30 км. Земная кора и прилегающая к ней часть верхней мантии образуют литосферу. Самые верхние горизонты литосферы находятся в совместном и взаимосвязанном взаимодействии с другими геосферами. В результате такого взаимодействия на поверхности литосферы образуется кора выветривания, - совместный продукт действия воды, воздуха и живых существ. На корях выветривания развиваются почвы. Самые верхние горизонты литосферы активно вовлечены во взаимодействие с другими сферами. Это взаимодействие достигает максимума интенсивности у земной поверхности и уменьшается как книзу, так и кверху. Оно еще более усиливается по мере возрастания роли человека. Нижняя граница экосферы размыта.

Активная деятельность человека (карьеры, шахты, подземные хранилища, объекты гражданского и гидротехнического строительства, свалки и пр.) охватывает в литосфере преимущественно верхние несколько десятков метров, плавно уменьшаясь с глубиной, хотя отдельные особо глубокие карьеры, шахты и скважины выделяются из общей картины.

Многочисленные и обширные карьеры, в которых добываются уголь, железная руда, руды других металлов, строительные материалы и другие полезные ископаемые широко распространены на всех обитаемых континентах. Всего в мире за год из поверхностного слоя литосферы извлекается и перерабатывается более 1000 млрд. т минерального сырья. Добывается около 400 видов полезных ископаемых, обеспечивающих около 90% сырья для тяжелой промышленности.

Около 98% добываемых в литосфере материалов уходит в отвалы, и лишь не более 2% утилизируется человеком, да и то на относительно краткое время пользования данным продуктом. Иными словами, производится колоссальная антропогенная работа по перемещению материала в верхней части литосферы. Это в сильной степени затрагивает как экосферу в целом, так и отдельные ее части.

Вопросы антропогенного преобразования верхних этажей литосферы относятся к категории универсальных. Они встречаются во многих местах Земли, и в совокупности представляют собой весьма распространенную проблему экологической геологии. Самая серьезная геоэкологическая проблема, касающаяся литосферы – антропогенная интенсификация экзогенной части большого «геологического» цикла.

**2. Большой круговорот вещества и роль в нем человека.** Взаимодействие литосферы с атмосферой, гидросферой и биосферой происходит в рамках глобального круговорота (цикла) вещества. Продукты коры выветривания, разрушающейся в результате действия комплекса природных факторов, перемещаются под действием силы тяжести, преимущественно при участии воды, а также ветра, ледников и других агентов. На поверхности Земли, в каждой ее точке, взаимодействуют процессы накопления или расходования вещества. Эти процессы называются экзогенными.

С другой стороны, процессы в недрах Земли (эндогенные процессы) приводят, в конечном итоге, к вертикальным и (или) горизонтальным тектоническим движениям и к проявлениям вулканической деятельности, сопровождающейся выносом на дневную поверхность и в верхние горизонты литосферы большого количества твердого материала.

В областях преимущественного накопления твердого материала осадочные и вулканогенные отложения постепенно погружаются. По мере погружения в течение геологически длительного времени они подвергаются воздействию весьма значительного и увеличивающегося с глубиной давления, и температуры, а также глубинных растворов и, таким образом, метаморфизуются. Часть магмы, образующейся в результате этих процессов, прорывается ближе к земной поверхности и преобразуется в кристалличе-

ские породы. Вулканогенные породы отлагаются в виде глубинных интрузий и лав, излившихся на дневную поверхность. В областях горообразования вертикальные тектонические движения воздымают кристаллические и метаморфизованные породы на большие высоты, тем самым обеспечивая потенциальную возможность их денудации, разрушения и сноса. В самой верхней части земной коры (зоне гипергенеза) кристаллические породы разрушаются, снова формируя коры выветривания и тем самым замыкая цикл. Этот круговорот отличается весьма малыми, «геологическими» скоростями процессов с характерными временами в миллионы и десятки миллионов лет.

Большой цикл вещества (иногда называемый большим геологическим круговоротом) – один из важнейших процессов Земли как системы, вовлекающих в нее глубинные сферы нашей планеты. Однако лишь часть геологического цикла, а именно преимущественно экзогенные процессы, относятся к полному интересам геоэкологии. Они развиваются преимущественно у дневной поверхности и ограничены десятками или первыми сотнями метров в глубину, то есть теми слоями, куда достигает деятельность человека и ее последствия.

**3. Загрязнение окружающей среды отходами производств и потребления.** Поверхность земли испытывает самую значительную по массе и очень опасную антропогенную нагрузку. Если в атмосферу выбрасывается менее 1 млрд т вредных веществ (без  $\text{CO}_2$ ), а в гидросферу – около 15 млрд т загрязнителей, то на землю попадает ежегодно примерно 90 млрд т техногенных отходов. Промышленный и бытовой мусор, отходы – это глобальная экологическая проблема современности, которая несет угрозу для здоровья людей, а также загрязняет окружающую среду. Гниющие частицы отходов являются источником размножения микробов, вызывающих инфекции и болезни. Ранее наличие отходов жизнедеятельности человека не было острой проблемой, поскольку мусор и различные вещества перерабатывались естественным путем в природных условиях. Но ныне человечество изобрело такие материалы, которые имеют огромный срок разложения и естественным путем перерабатываются несколько сотен лет. Но дело не только в этом. Количество отходов за последние десятки лет стало невероятно огромным. Среднестатистический житель мегаполиса в год производит от 500 до 1000 килограмм мусора и отходов. В зависимости от происхождения, отходы имеют разный уровень опасности для окружающей среды и выделяются пять классов опасности: 1 класс – чрезвычайно опасные; 2 класс – высокоопасные; 3 класс – умеренно опасные; 4 класс – малоопасные; 5 класс – относительно безопасные (не представляют вреда).

Чтобы уменьшить количество мусора, нужно перерабатывать отходы и вырабатывать вторсырье, пригодное для последующего использования в промышленности. Существует целая индустрия мусороперерабатывающих и мусоросжигающих заводов, которые перерабатывают и утилизируют мусор и отходы городского населения.

## Лекция 12

# ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА БИОСФЕРУ

1. Особенности биосферы и роль в экосфере.
2. Биотическое управление экосферой и роль деятельности человека.
3. Биосфера и ноосферное развитие.

**1. Особенности биосферы и ее роль в экосфере.** В научной литературе встречаются несколько понятий, обозначаемых словом «биосфера». В особенности распространены два понятия. Согласно одному, более широкому, биосфера – это область существования живого вещества вместе со средой его обитания. В этом смысле биосферу понимал В.И. Вернадский, и в этом же смысле оно часто встречается в литературе. В более узком смысле биосфера – одна из геосфер Земли, область распространения живого вещества. Биосфера сконцентрирована в основном в виде относительно тонкой пленки на поверхности суши и преимущественно (но не исключительно) в верхних слоях океана. Она не может функционировать без тесного взаимодействия с атмосферой, гидросферой и литосферой, а педосфера без живых организмов просто не существовала бы.

Наличие биосферы отличает Землю от других планет Солнечной системы. Особо следует подчеркнуть, что именно биота, т.е. совокупность живых организмов мира, создала экосферу в том виде, как она есть (или, точнее, какой она была до начала активной деятельности человека), и именно биота играет важнейшую роль в стабилизации экосферы. Кислородная атмосфера, глобальный круговорот воды, ключевая роль углерода и его соединений связаны с деятельностью биоты и характерны только для Земли. Биота играет значительную, если не определяющую роль во всех глобальных биогеохимических циклах. В основном благодаря биоте обеспечивается гомеостазис экосферы, т.е. способность системы поддерживать ее основные параметры, несмотря на внешние воздействия, как естественные, так и в возрастающей степени антропогенные.

Главным процессом образования органического вещества является фотосинтез. Процесс фотосинтеза, т.е. создания живого вещества из неживого, обеспечивает устойчивое образование важнейшего из природных ресурсов – первичной биологической продукции.

**2. Биотическое управление экосферой и роль деятельности человека.** Величина первичной биологической продукции – это общее количество органического вещества, создаваемого в ходе фотосинтеза за единицу времени (обычно за год) на определенной площади. Ожидается, что в 2050 году, вследствие изменения климата, «чистая» первичная продукция биосферы увеличится и составит 82,5 млрд. т/год при экосистемной продукции, равной 8,1 млрд. т/г. Таким образом, степень разомкнутости

процессов увеличится до 10%, что указывает на прогрессирующее неблагоприятное положение экосферы, в том случае, если стратегия человечества в отношении проблем геоэкологии не будет коренным образом изменена.

Процесс фотосинтеза - основа жизнеобеспечения на Земле, а его результат, биологическая продукция - наиважнейший возобновимый ресурс. Эти 220 млрд. т органического вещества в год - главнейший возобновимый ресурс экосферы, обеспечивающий сельское хозяйство, лесоводство, рыбное хозяйство и другие сектора экономики, связанные с использованием возобновимых природных ресурсов.

Еще более важна роль биологической продукции и биоты в целом в обеспечении устойчивого функционирования экосферы. Об этой наиважнейшей, стабилизирующей роли биоты часто забывают. Синтез и соответствующая ему деструкция органического вещества лежат в основе глобального биогеохимического цикла углерода, а в локальном плане – в основе устойчивости экосистем. При этом, на глобальном уровне синтез и деструкция балансируются с точностью  $10^4$  для промежутков времени продолжительностью порядка 10 тыс. лет.

Значительна роль биоты в глобальном гидрологическом цикле. Поскольку живое вещество приблизительно на 90% состоит из воды, то ежегодно биота связывает во вновь фотосинтезированном органическом веществе 60 млрд. т углерода и около 500 км воды. В процессе синтеза органического вещества растительность пропускает сквозь себя на два порядка больше воды, чем то количество, которое, оказалось связанным в органическом веществе. Эта вода забирается растениями из почвенной влаги, участвует в функционировании растений, а затем поступает в атмосферу. Таким путем в биологическом звене глобального круговорота воды (гидрологического цикла) участвует около 30 тыс. км<sup>3</sup> воды в год. Это около 25% суммарного количества осадков, выпадающих на поверхность суши.

Величина солнечной энергии, используемой для построения органического вещества в процессе фотосинтеза, составляет  $133 \times 10^{12}$  Вт. Это в 13 раз больше общемирового потребления энергии человеком, но всего лишь 0,16% приходящей к поверхности Земли солнечной радиации.

Установлено, что 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, т.е. порядка 10 млрд. т в год. Фактически, благодаря использованию пашни, пастбищ и лесов, человек поглощает сельскохозяйственные и лесные продукты общей массой 31 млрд. т. Ясно, что потребление первичной биологической продукции человеком превосходит все мыслимые пределы уже сейчас. При дальнейшем росте населения мира его потребности можно будет удовлетворять только за счет потребностей других живых организмов, а это неизбежно, рано или поздно, приведет к катастрофической деградации биосферы и, следовательно, и экосферы в целом.

В проблемах деградации биосферы есть два наиболее серьезных аспекта:

- во-первых, чрезмерное, не соответствующее установленному природой уровню антропогенное поглощение и разрушение возобновимых биологических ресурсов;

- во-вторых, снижение роли биосферы в стабилизации состояния экосферы. Обе проблемы чрезвычайно серьезны, но, вероятно, вторая проблема более важна, потому что она затрагивает основные, глубинные, системные процессы функционирования экосферы. Можно считать, что величина антропогенной доли поглощения и разрушения первичной биологической продукции суши – важнейший геоэкологический индекс чрезвычайно неблагоприятного, кризисного состояния экосферы.

**3. Биосфера и ноосферное развитие.** «Биосфера перейдет так или иначе, рано или поздно в ноосферу. И на определенном этапе развития человек вынужден взять на себя ответственность за дальнейшую эволюцию планеты, иначе у него не будет будущего» – так писал академик В.И. Вернадский в своей книге «Биосфера», которая вышла еще в 1926 г. По мнению многих ученых – ноосфера в будущем станет особой областью Солнечной системы.

Учение о ноосфере было сформулировано в трудах многих ученых, однако, оно пока не носит законченного канонического характера.

Ноосфера представляет новый структурно-функциональный уровень развития природы, который связан энергетически со всеми другими земными оболочками, и прежде всего с биосферой, и соответствует качественно иному относительному природному равновесию.

Существуют мнения, что фундаментальной характеристикой ноосферы может быть только духовность (пневматосфера – духовный каркас ноосферы), а не разум.

Первым применил термин ноосфера в своих статьях Ле Руа, французский философ начала XX века. Одним из участников дискуссии о ноосфере был Тейяр – де-Шарден, ученый естествоиспытатель из иезуитского ордена, автор знаменитой книги «Феномен человека». Он под ноосферой понимал идеальную духовную оболочку, находящуюся над биосферой.

Активно к этой теме В.И. Вернадский вернулся в 30-е годы, сделав акцент на биогеохимические интерпретации этого термина, он зафиксиро-

вал новый феномен в геологической истории нашей планеты – преобразование ее геологического облика за время жизни одного поколения человечества. Понятие ноосфера по В.И. Вернадскому позволяло ввести представление о том, что историческое развитие человека есть продолжение биогеохимической истории живого вещества биосферы.

Биологический вид, наделенный разумом, создает и наращивает силу новой формы энергии, которая, сохраняя в себе обычную биогеохимическую энергию, вызывает новые формы миграции химических элементов. Эту новую форму энергии ученый назвал «..энергией человеческой культуры или культурной биогеохимической энергией..» именно эта энергия в настоящее время создает ноосферу.

### **Лекция 13**

## **ВЛИЯНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА НА ЛАНДШАФТЫ ЗЕМЛИ**

1. Современные ландшафты мира.
2. Проблемы опустынивания, обезлесения, сохранения биоразнообразия Земли.

**1. Современные ландшафты мира.** Величина биологической продуктивности каждого участка земной поверхности зависит от соотношения тепла и влаги, поступающих к этому участку. Чем больше величина солнечной энергии, поглощаемой поверхностью Земли, тем лучше условия для синтеза первичной биологической продукции. Однако это верно только в том случае, если этот участок получает оптимальное количество воды. Наибольшая величина первичной продуктивности характерна для влажных лесов экваториального пояса (около 4000 т/км<sup>2</sup> в год). Субтропические леса производят 2000 т/км<sup>2</sup>, а тайга – 700 т/км<sup>2</sup>. В этом ряду различных типов лесных ландшафтов определяющим фактором является тепло, т.е. радиационный баланс.

Закон географической зональности позволяет описать пространственное распределение основных черт зональных процессов, по и их сочетаний в виде природно-территориальных комплексов, или ландшафтов, в том виде, какие сейчас существовали бы на Земле, если бы на ней не действовал человек.

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 сельскохозяйствен-

ными 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 (что и наблюдается, например, в Западной Европе или США), но фактически это области дестабилизации экосферы.

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

### ***Деление ландшафтов по степени антропогенной трансформации***

1. Коренные (первичные) ландшафты – это зональные типы ландшафта, не подвергшиеся прямому воздействию хозяйственной деятельности, т.е. практически не трансформированные.

Эта категория включает ландшафты ледниковых пустынь, некоторых тропических пустынь, подавляющую часть высокогорных районов, а также значительные части ландшафтов бореальных лесов (т.е. лесов умеренного пояса Северного полушария) и тундры. Сюда относятся также заповедники и другие строго охраняемые территории. Ряд исследователей рассматривает первичные (коренные) ландшафты как важнейший природный ресурс, играющий важную роль в экологической стабилизации экосферы.

2. Вторично-производные ландшафты – это природно-антропогенные ландшафты, сформировавшиеся на месте первичных в результате хозяйственной деятельности в настоящем или прошлом, существующие в относительно устойчивом состоянии на протяжении десятилетий или первых столетий благодаря естественным процессам саморегулирования. Такие ландшафты отличаются хозяйственной деятельностью средней интенсивности, или же в малоизмененном ландшафте встречаются отдельные пятна высоко интенсивной деятельности.

3. К категории антропогенно-модифицированных ландшафтов относятся ландшафты с весьма высокой степенью трансформации. В них антропогенные изменения отличались большей скоростью, чем природные вариации географических условий. Эти ландшафты управляются, с одной стороны, как природные системы, а с другой – они в очень большой степени зависят от деятельности человека.

В эту категорию входят, прежде всего, сельскохозяйственные модификации ландшафтов: поля (орошаемые и неорошаемые), огороды, сады, плантации и пастбища разного типа. Сюда относятся также территории интенсивного, целенаправленного выращивания древесины. К категории

антропогенно-модифицированных ландшафтов относятся также охраняемые рекреационные области, прежде всего, парки.

4. Техногенные ландшафты – это природные системы, управляемые преимущественно деятельностью человека. Это городские системы со всей городской и пригородной инфраструктурой: жилые кварталы, улицы и площади, места отдыха, промышленные зоны, пути сообщения, системы жизнеобеспечения (водоснабжение и канализация, сбор и переработка мусора, энергоснабжение и отопление) и пр. Это места добычи и переработки минеральных ресурсов (карьеры, шахты, нефтяные промыслы и пр.). Это ландшафты гидротехнических сооружений (плотины, водохранилища, каналы, насосные станции и т.д.) с прилегающими акваториями и территориями.

По типам деятельности человека антропогенные ландшафты могут быть разделены на следующие категории: ландшафты районов неорошаемого земледелия, ландшафты районов орошаемого земледелия, пастбищные ландшафты, лесохозяйственные ландшафты, горнопромышленные ландшафты, урбанизированные ландшафты, рекреационные ландшафты.

***Особенности антропогенной трансформации ландшафтов и экосистем:***

1. Система из почти полностью замкнутой превращается в разомкнутую (открытую) главным образом вследствие отчуждения биомассы в виде продукции, используются человеком. Степень открытости системы является индикатором степени ее антропогенного преобразования.

2. Увеличивается однообразие ландшафтов. Снижение внутриландшафтного разнообразия также может быть индикатором антропогенной трансформации.

3. Продуктивность ландшафтов снижается в прямой (возможно, нелинейной) зависимости от интегрального антропогенного давления за определенный интервал времени.

4. Чем выше интегральное антропогенное давление, тем в большей степени нарушено эволюционное развитие ландшафтов и экосистем.

5. Химическое равновесие, сложившееся в ландшафтах и экосистемах в процессе их эволюции в доантропогенную эпоху, нарушено. Антропогенные потоки химических элементов и их соединений часто на один – два порядка превышают уровень естественных потоков химических веществ.

6. Особенно интенсифицировались потоки биогенных веществ.

7. Происходит непрерывная трансформация земельного фонда.

Общей особенностью ландшафтов мира является ухудшение их состояния (деградация), выражающееся, прежде всего, в снижении их естественной биологической продуктивности. При этом главные процессы – это обезлесение в сравнительно влажных ландшафтах и опустынивание в относительно сухих ландшафтах. Природные условия, благоприятные для развития этих двух процессов, имеются на более чем 90% территории суши без ледников, а антропогенные воздействия превращают эту возможность в реальность.

**2. Проблемы обезлесения, опустынивания, сохранения биологического разнообразия Земли. Проблема обезлесения.** Леса играют важнейшую роль в формировании как глобального цикла воды, так и глобальных биогеохимических циклов таких элементов, как углерод и кислород. Леса мира регулируют важные особенности климата и водного режима мира. Экваториальные леса являются особенно важным 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.

Согласно Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО), естественные и саженные леса покрывают 26,6% свободной ото льда суши, или примерно 35 млн. км<sup>2</sup>.

В результате своей деятельности человек уничтожил не менее 10 млн. км<sup>2</sup> лесов, содержащих 36% фитомассы суши. Главной причиной уничтожения лесов была потребность увеличить площади пашни и пастбища вследствие роста численности населения.

Ежегодная потеря площади тропических лесов составляет 13,7–15,5 млн. га за год. В развитых странах площади лесов изменялись незначительно, в среднем увеличиваясь на 1,8 млн. га за год. В некоторых развивающихся странах (например, в Малайзии, Таиланде) сокращение площади лесов происходит особенно быстро.

#### ***Основные причины обезлесения в тропической зоне:***

1. Освоение новых земель под поля, плантации и пастбища как крестьянами-переселенцами, так и крупными фирмами (в основном животноводческими). Новые дороги, прокладываемые в районах освоения, являются опорой для дальнейшей колонизации территории. Во многих районах основная трудность в сельскохозяйственном освоении – быстрое зарастание расчищенных участков лесной растительностью. На некоторых территориях Бразильской Амазонии через 5–10 лет после расчистки вырастают деревья 50–75 видов высотой до 8 м. Поэтому площадь фактического обезлесения бывает заметно меньше, чем площади ежегодной вырубki. Часто под поля и плантации крестьяне предпочитают расчищать относительно молодой вторичный лес, образовавшийся после сплошной вырубki в процессе лесозаготовок. Это в особенности характерно для стран юго-восточной Азии.

2. Расширение площади земли, используемой под подсечное земледелие, вследствие роста численности населения племен, практикующих этот метод землепользования.

3. Добыча древесины. В отличие от лесов умеренного пояса, в тропических лесах часто производится не сплошная, а выборочная рубка отдельных ценных видов деревьев. При их транспортировке из чащи к дороге гибнет значительное количество леса (согласно одному из исследований, на одно срубленное дерево приходится два погибших или серьезно

поврежденных; по другим сведениям, эта пропорция еще больше). Поэтому зачастую основной геоэкологический результат лесозаготовок – деградация лесов, а не сокращение их площади.

4. Помимо потребностей в ценной древесине, тропические леса удовлетворяют потребности местного населения в дровах. (В большинстве африканских стран от 70 до 95% домашних потребностей в энергии, главным образом для приготовления пищи, удовлетворяются за счет дров.)

Эффективное использование территорий влажных экваториальных лесов приносит немалые трудности. Основная масса биогенных веществ находится преимущественно в деревьях и при вырубке удаляется вместе с ними, а почвы остаются мало плодородными. После вырубки лесов почвы подвержены также неблагоприятному воздействию прямых лучей солнца и сильных дождей. В почвах влажных тропиков отмечается дефицит фосфора и калия, а в сухих тропиках – азота. Плодородные почвы встречаются лишь в специфических местах, таких как склоны вулканов или поймы и дельты рек. В целом чем больше величина осадков за год и продолжительнее сезон дождей, тем сложнее вести сельское хозяйство.

Основные принципы управления территориями влажных тропических лесов выглядят следующим образом:

1) принятие во внимание геоэкологических ограничений на всех стадиях осуществления хозяйственных проектов;

2) предоставление тропического леса для удовлетворения потребностей, не связанных с функционированием леса, допускается только после всесторонней (экономической, социальной и экологической) оценки проекта и в диалоге с местными жителями;

3) тропический лес может быть превращен в другие виды использования земель только в том случае, если доказано, что это выгоднее и целесообразнее, чем использование леса;

4) деградировавший лес должен и далее использоваться, где возможно, для хозяйственных целей, тогда как естественный лес должен сохраняться;

5) специальное внимание должно уделяться тем лесным территориям, основная задача которых – сохранение биологического разнообразия или осуществление почво- и водозащитных функций на водосборах;

6) население тропических лесов должно иметь возможность участвовать в управлении ими.

При управлении тропическими 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. Показано, например, что сбор плодов, ягод, лекарственных растений, каучука и пр. приносит не меньший, а часто и больший доход, чем вырубка леса, а при этом и лес сохраняется.

Вследствие общемировой роли лесов в стабилизации экосферы нужен глобальный подход к управлению ими. 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.** Существует неправильное представление о том, что опустынивание – это наступление пустынь на более продуктивные территории. На самом деле 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». 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. км<sup>2</sup> (включая ледниковые покровы, т.е. ледяные пустыни). Фактически, в соответствии с почвенно-ботаническими данными, их площадь достигает 57 млн. км<sup>2</sup>. Разность между этими двумя цифрами, равная 9 млн. км<sup>2</sup>, представляет антропогенные пустыни. Опустынивание различной степени развивается еще на 25 млн. км<sup>2</sup>. Одна шестая часть населения мира живет в зоне угрозы опустынивания. Мировые экономические потери от опустынивания оцениваются в 42 млрд. долларов ежегодно.

Признаками опустынивания являются: сокращение степени покрытости почвы растительностью, увеличение отражательной способности (альбедо) поверхности почвы, значительная потеря многолетних растений, особенно деревьев и кустарников, деградация и эрозия почвы, наступание песков и засоление почв. Все эти природные процессы типичны для аридных ландшафтов, и они регулируются естественным образом. Но когда они взаимосвязаны с действиями человека, многие изменения становятся необратимыми.

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. Международная Конвенция по борьбе с опустыниванием – один из основных механизмов участия всех стран мира в решении этой проблемы.

**2. 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, включающие разнообразие живых организмов и их генетических различий, так же как и разнообразие мест существования,

сообществ, экосистем и ландшафтов, в которых организмы существуют. БР делится на три иерархические категории: разнообразие среди представителей тех же самых видов (т.е. на уровне генов), между различными видами и между экосистемами.

Генетическое разнообразие чрезвычайно велико. Под ним понимаются вариации генов внутри видов. До недавних пор изменения генетического разнообразия исследовались преимущественно на породах домашних растений и животных, а также на популяциях отдельных видов, находящихся в ботанических садах и зоопарках. По-видимому, исследования глобальных проблем БР на уровне генов – дело будущего.

Что касается видового разнообразия, то до сего времени подсчеты числа видов на Земле, выполненные различными авторами, различаются на порядок. Среди растений и хордовых животных описаны 85–90% видов, но во всех других таксонах описано много менее половины видов. Оценки общего числа видов, по данным различных авторов, находятся в пределах между 3,6 млн. и 112 млн. Столь большое различие связано преимущественно с тем, что число видов насекомых оценивается в пределах от 2 до 100 млн. видов, но даже если не принимать во внимание столь расходящиеся данные по насекомым, все равно уровень знания биологического разнообразия остается невысоким. Наиболее вероятное количество видов – 13–14 млн., из которых сейчас описаны лишь 1,75 млн. или менее 13%.

Наивысший иерархический уровень биологического разнообразия – экосистемный или ландшафтный. Мелкомасштабные карты зональных типов ландшафтов мира или континентов, по сути дела, отражают это биологическое разнообразие высшего иерархического уровня.

Наибольшим видовым разнообразием отличаются нижеследующие ландшафты (в убывающем порядке): влажные экваториальные леса, коралловые рифы, сухие тропические леса, влажные леса умеренного пояса, океанические острова, ландшафты средиземноморского климата, безлесные (саванные, степные) ландшафты. Богатство влажных экваториальных лесов особенно велико: например, на 200 га леса в Индонезии произрастает столько же видов деревьев, сколько их имеется во всей внетропической Северной Америке. Не меньшим видовым разнообразием отличаются коралловые рифы.

В результате отмечаются глобальные центры максимумов биоразнообразия и прочие центры высокого биоразнообразия. Многие центры были первоначально выделены Н. И. Вавиловым в 1920-е годы.

Авторы карты фиторазнообразия выделяют шесть центров максимального глобального биоразнообразия. Каждый центр содержит более 5000 видов сосудистых растений на 10 000 км<sup>2</sup>: 1. Чоко (Коста-Рика); 2. Тропические Восточные Анды; 3. Приатлантическая Бразилия; 4. Восточные Гималаи (провинция Юннань в Китае); 5. Северный Борнео; 6. Новая Гвинея.

Помимо глобальных центров, выделяются еще 16 центров высокого биоразнообразия (3000 видов и более на 10 000 км<sup>2</sup>), в пределах которых встречаются пятна наивысшего разнообразия. К таким центрам высокого биоразнообразия относятся, например, Средиземноморье (включая Кавказ), Восточно-Африканская рифтовая долина, Капский центр (юг Африки), Мадагаскар, Гвианское нагорье и др.

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.

За последние 500 млн. лет на Земле было пять периодов массового исчезновения видов. Из них последний был примерно 65 млн. лет тому назад. Для восстановления биологического богатства каждый раз необходимо было примерно 10 млн. лет. В настоящее время, вследствие деятельности человека, имеется реальная опасность еще одного периода массового сокращения биологического разнообразия, но со скоростью, значительно превышающей как скорость в предшествующие периоды массового уничтожения, так и современную естественную скорость уничтожения и замещения видов.

Согласно «Глобальной оценке биологического разнообразия» (Global Biodiversity Assessment, UNEP, 1995), перед угрозой уничтожения стоят более чем 30 тыс. видов животных и растений. Скорость исчезновения видов млекопитающих в XX столетии в 40 раз превышала максимальные скорости, зафиксированные в геологическом прошлом. 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. Не принимаются во внимание долговременные последствия действий, разрушающих условия существования живых организмов, эксплуатирующих природные ресурсы и интродуцирующих неместные виды; 3. Рыночная экономика не в состоянии оценить истинную стоимость биологического разнообразия и его потерь; 4. Увеличение миграции людей, рост международной торговли и туризма; 5. Усиливающееся и распространяющееся загрязнение природных вод, почвы и воздуха.

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, таких как потеря территорий, заселенных животными, и их деградация, фрагментация, усиление краевого эффекта (36% от всех потерянных видов);

3) неконтролируемая охота (23%); 4) прочие причины (2%).

### ***Способы защиты биологического разнообразия:***

а) Защита биологического разнообразия на уровне видов. Стратегия в месте обитания – основная. При ней отдельные виды или популяции охраняются законом, регулируется охота на них и торговля ими (в том числе международная), разрабатываются и осуществляются стратегии по охране отдельных, наиболее ценных и редких видов (например, носорог, уссурийский тигр) или по реинтродукции видов в дикую природу (лошадь Пржевальского, бизон, зубр). На уровне стран принимаются законы, регулирующие вопросы охраны диких животных и растений. При стратегии вне места обитания для сохранения ограниченного количества особей диких животных используются зоопарки, ботанические сады, аквариумы, коллекции семян и микроорганизмов. Выпускаются также Красные книги, содержащие список видов, находящихся под угрозой исчезновения.

б) Защита биологического разнообразия на экосистемном уровне. Наиболее эффективный и относительно экономичный способ охраны БР на экосистемном уровне – охраняемые территории.

В соответствии с классификацией Всемирного союза охраны природы (IUCN) выделяются 8 видов охраняемых территорий:

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

2. Национальные парки. 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. Памятники природы. Это обычно небольшие территории, нуждающиеся в охране: валуны, дубы, родники.

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.

6. Ресурсные резерваты, создаваемые, чтобы предотвратить преждевременное использование территории.

7. Антропологические резерваты (резервация), создаваемый для сохранения традиционного образа жизни коренного населения.

8. Территории 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 БР. Включают несколько концентрических зон различной степени использова-

ния: 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.

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.

К эффективным способам защиты биологического разнообразия относятся и международные соглашения, общее число которых в области охраны БР весьма значительно. Центральными и важнейшими в этой области являются Международная конвенция по охране биологического разнообразия и Конвенция о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящимися под угрозой уничтожения (CITES).

### *Лекция 14*

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ**

1. Эколого-экономические системы.
2. Природно-технические системы.

**1. Эколого-экономические системы.** Преодоление экологического кризиса требует определения допустимой антропогенной нагрузки на биосферу, соизмерения природных и производственных потенциалов территории, нормирования техногенных воздействий, т.е. экологической регламентации хозяйственной деятельности человека. Не менее важно обеспечить всесторонний и объективный контроль за выполнением экологических регламентов на глобальном, региональном и локальном уровнях, то, что может быть реализовано еще до глубокой экологизации экономики и производства.

Наиболее полно эти требования могут быть реализованы в пределах такого природно-хозяйственного комплекса, который образует равновесную эколого-экономическую систему. Понятие эколого-экономической системы (ЭЭС) широко используется в современной экономической и экологической литературе наряду с близкими по смыслу понятиями «природно-

экономическая система», «биоэкономическая система» и «природно-техническая система».

В настоящее время существует два уровня интерпретации понятия ЭЭС – глобальный и территориальный. Согласно первому ЭЭС трактуется как тип экологически ориентированной социально-экономической формации. Именно в этом смысле на закрытии Конференции ООН в Рио-де-Жанейро в 1992 г. ее председатель М. Стронг говорил о необходимости перехода человечества от экономической системы к эколого-экономической системе. Но в глобальном смысле пока что это отдаленная и довольно абстрактная перспектива. Для практической реализации принципа сбалансированного природопользования важно иметь представление об ЭЭС на территориальном уровне - в отдельных регионах и промышленных комплексах.

В такой трактовке эколого-экономическая система – это ограниченная определенной территорией часть техносферы, в которой природные, социальные и производственные структуры и процессы связаны взаимоподдерживающими потоками вещества, энергии и информации.

**Природно-технические системы.** Природно-техногенные системы существенно преобразовали ту природу, которая была до появления человека. Несмотря на то, что ПТС и сейчас обычно занимают относительно небольшую площадь, их влияние на экосферу и ее составные части весьма велико.

Под природно-технической системой (ПТС) понимают совокупность природных и искусственных объектов, сформировавшуюся на какой-то территории в результате строительства и эксплуатации промышленных комплексов, инженерных сооружений и технических средств, взаимодействующих с компонентами природной и социальной среды.

Природно-техногенные системы отличаются двойственностью, как это видно из самого термина. С одной стороны, первоначальные природные их особенности в значительной степени изменены и состояние ПТС определяется антропогенной нагрузкой на них. С другой стороны, основные особенности их функционирования во многом зависят от природных условий, в которых эти системы размещаются. Основные компоненты ландшафта, такие как рельеф, геологическое строение, климат и до некоторой степени природные воды, сохраняют свои основные особенности и в пределах ПТС, оказывая решающее влияние на состояние природно-техногенной системы. Даже в больших и древних городах (как, например, в Москве), несмотря на продолжительную и интенсивную антропогенную нагрузку, первоначальные естественные черты просвечивают сквозь позднейшие антропогенные наслоения.

Геоэкологические проблемы природно-техногенных систем также двойственны. Они несут в себе как антропогенные, так и естественные черты. В самом деле, многие геоэкологические проблемы горно-промышленных городов похожи, потому что тип производства, характер и уровни загрязнения среды подобны. Но они в то же время могут весьма

сильно различаться друг от друга, потому что их природные условия (геолого-геоморфологические и гидроклиматические) могут быть столь же различны, сколь различаются, например, Кольский полуостров и юго-восточная Бразилия.

Отличительная особенность геоэкологического взгляда на ПТС заключается в том, что главным объектом геоэкологии является исследование взаимосвязей между собственно технической системой и пронизывающей ее природой, в то время как анализ экологических процессов на предприятии (транспортной системе, населенном пункте, сельскохозяйственном поле и пр.) относится к инженерии, агрономии, архитектуре и другим прикладным областям знания. Объектом геоэкологии может быть взаимодействие нефтепроводов и окружающей среды в Аравийской пустыне или Сибирской заболоченной лесотундре на вечной мерзлоте, тогда как вопросы функционирования механизмов и инженерных систем в этих специфических природных условиях относятся к категории инженерной экологии.

### *Лекция 15*

## **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УРБАНИЗАЦИИ**

1. Причины урбанизации.
2. Региональные различия.

**1. Причины урбанизации.** Одна из важнейших общемировых проблем – урбанизация, или быстрый рост городов и городского населения. Этот процесс относится к категории важнейших глобальных изменений. Сегодня более половины населения мира проживает в городах. По прогнозам, к 2030 году доля городских жителей достигнет 60%. На фоне общего роста численности населения мира городское население за 1990–1995 гг. увеличивалось со скоростью 2,5% за год, тогда как сельское – всего лишь 0,8%. Ежедневно к городскому населению развивающихся стран мира добавляется около 150 тыс. чел.

Основные непосредственные причины роста численности городского населения: а) миграции людей в города из сельской местности, а также и из других стран и б) прирост населения в городах благодаря превышению рождаемости городского населения над его смертностью.

В экономически развитых странах заметный прирост доли городского населения отмечался приблизительно столетие тому назад. За время текущего пятидесятилетия (1975–2025 гг.) доля городского населения увеличивается уже незначительно, приближаясь к верхнему пределу переходной (логистической) кривой. Но зато около 90% прироста численности город-

ского населения происходит за счет развивающихся стран. Жители Африки и Азии, лишь третья часть которых живет сейчас в городах, к 2025 г. также перейдут отметку в 50%. С абсолютным преобладанием городского населения на всех континентах экосфера в целом станет другой, с относительно редким сельским населением и многочисленными городами различных размеров, включая сверхкрупные, так называемые мегаполисы. Понимание этого переходного процесса в экосфере в его взаимосвязи с деятельностью общества – одна из важнейших проблем геоэкологии как междисциплинарного направления.

**2. Региональные различия.** Величины прироста городского населения очень сильно изменяются от города к городу и от страны к стране. Наивысшие показатели, равные примерно 5% в год, характерны для беднейших, наименее развитых стран. В некоторых государствах (Буркина-Фасо, Мозамбик, Непал, Афганистан и др.) прирост городского населения достигал даже 7%. При таком показателе численность населения города удваивается всего лишь за 10 лет.

Вследствие очень большого числа населения развивающихся стран даже небольшое увеличение показателя прироста означает значительное приращение численности.

Городское население растет не только в развивающихся странах, если имеются особые причины для его роста. Регионом со значительным современным ростом населения городов вследствие благоприятной экономической конъюнктуры на фоне мягкого климата является, например, Северо-Запад США (штаты Вашингтон, Орегон и частично Калифорния), где он обусловлен как миграцией из других районов США, так и иммиграцией из других стран бассейна Тихого океана. Текущий ежегодный прирост числа жителей региона достигает здесь 12% (1990-е гг.)!

Чрезвычайным, хотя и все более типичным, явлением становятся крупнейшие города (мегаполисы). Фактически во всех этих случаях мы имеем дело не с одним сверхкрупным городом, а с агломерацией городов и других населенных пунктов. Если принять за нижний уровень сверхгорода скопления населения численностью от 8 млн чел., то в 1950 г. В мире было всего два таких мегаполиса – это был Нью-Йорк с населением 12,3 млн и Лондон с 8,7 млн чел. К 1990 г. их стало 21, причем 16 – в развивающихся странах. К 2021 г. ожидается 35 мегаполисов, в том числе 27 – в развивающихся странах.

Разумеется, численность города зависит также от административного решения по выбору его границ. Например, Париж и Москва в основном ограничены кольцевой дорогой, хотя городские кварталы продолжают и за кольцевой, в то время как Токио включает значительные города, фактически слившиеся со столицей.

Вследствие чрезвычайной геоэкологической важности и специфичности мегаполисов, сверхгорода и прилегающие к ним территории подвергаются значительной антропогенной нагрузке, во многих случаях в течение

столетий. Степень техногенности этих территориальных систем чрезвычайно высока, а условия жизни во многих из них попросту бесчеловечны.

Помимо отдельных сверхкрупных городов возникли и так называемые конурбации, или скопления городов. В Японии на о. Хонсю городская застройка протягивается практически без перерывов от Токио до Осаки, более чем на 500 км, включая, помимо указанных городов, и крупнейший порт страны, и важный промышленный центр Нагоя, а также и другие города. На восточном побережье США конурбация захватывает не менее значительную полосу городов от Вашингтона до Бостона и включает Нью-Йорк, Филадельфию, Балтимор и др.

Многие города среднего размера растут быстрее, чем мегаполисы, со скоростью, заметно превышающей 5% в год. В результате возникает весьма много городов с населением между 1 и 10 млн чел. Ожидается, что к 2015 г. В мире будет 516 таких городов по сравнению с 270 в 1990 г. Небольшие города, в которых живет около половины всего городского населения мира, также очень быстро растут. В этих городах в большей степени ощущается недостаток финансирования экологических систем и услуг, потому что во многих странах основные средства направляются в столицы и другие крупные города.

Степень антропогенных преобразований городских территорий, в особенности мегаполисов, чрезвычайно высока. Природные городские ландшафты весьма примитивны. Это парки и скверы, редко леса антропогенного происхождения и побережья морей и рек. Из фауны сохранились отдельные виды птиц и животных в очень простых и неустойчивых экосистемах. Широко встречаются немногие, толерантные к человеку виды, паразитирующие на отходах деятельности человека. Это крысы, вороны, тараканы и пр. Лишь литогенная основа остается наименее трансформированной да климат изменяется в значительно меньшей степени, чем биогенные компоненты.

Ландшафты крупных городов не могут сохраняться устойчивыми без поддержки человека. Заброшенные или малоухоженные кварталы мегаполисов представляют собой наихудший вид антропогенной пустыни.

Природные условия, в которых города находятся, во многом определяют их геоэкологические проблемы. Загрязнение воздуха, характерное в зимнее время года для городов Средней Европы, Сибири, Северо-Восточного Китая, возникает благодаря инверсии температуры, вызывающей устойчивую стратификацию воздуха. Низкокачественный уголь, используемый для отопления во многих местах этих районов и выделяющий при сжигании большое количество загрязнителей воздуха, вносит свой вклад в эту проблему. Весьма высокое загрязнение воздуха в таких городах, как Лос-Анджелес, Мехико и Сантьяго, связано не только с большим количеством автомобилей в условиях инверсии температуры, но и вследствие расположения этих городов в межгорных котловинах, благоприятных для развития инверсий.

В городах умеренного пояса практически не встречается малярия не потому, что они располагаются в относительно богатых странах с высокими расходами на здравоохранение, а благодаря относительно прохладному климату, в котором возбудитель малярии не в состоянии пройти полный цикл развития.

В Джакарте природные условия города определяют ряд серьезных геоэкологических проблем, в том числе проблемы качества воды. Равнинный рельеф определил выбор канализационной системы города, представляющей сеть открытых коллекторов, собирающих неочищенные бытовые стоки. Эта система была эффективной, когда ее построили для населения города, не превышающего полмиллиона человек. В настоящее время она не может справиться с продуктами жизнедеятельности городского населения численностью 11,5 млн человек. Загрязнения поступают не только в поверхностные, но и в подземные воды и являются серьезной опасностью при водоснабжении. Диарея, возникающая, в частности, вследствие употребления загрязненной воды, является в Джакарте причиной 20% случаев смерти детей в возрасте до пяти лет.

Плотность населения городов – весьма репрезентативный показатель степени антропогенной нагрузки, хотя она изменяется весьма сильно в зависимости от имущественного уровня, месторасположения, традиций, транспортных и других условий. В некоторых районах Шанхая и Калькутты плотность составляет 800–1000 чел./га, что можно сравнить с густотой заселения квартир и домов в богатых странах. Плотность населения Бангкока и Сеула также весьма высока и составляет 300–400 чел./га. С другой стороны, этот показатель для городов США обычно равен 70 чел./га и менее.

Большие города, как гигантские агломерации, так и менее крупные города-«миллионеры» – это зоны экологического бедствия различного вида и напряженности.

Геоэкологические аспекты урбанизации весьма различны в развитых и развивающихся странах. Чрезвычайно быстрый рост городов беднейших стран приводит к резко усиливающемуся давлению на окружающую среду. К тому же все системы жизнеобеспечения, без которых город не может существовать, оказываются перегруженными, а их рост не поспевает за приростом населения. К ним относятся системы водоснабжения, канализации, сбора и переработки мусора, снабжения электроэнергией и пр., а также системы образования, медицинской помощи и социального обеспечения. В результате создается обстановка, опасная для жизни и здоровья жителей городов. По крайней мере, 220 млн жителей городов не имеют источников пригодной питьевой воды. Более чем 420 млн чел., живущих в городах, не имеют доступа даже к простейшим туалетам. От 30 до 65% городского мусора не убирается. Он постепенно накапливается, в особенности в зонах, где проживает самое бедное население. Такие зоны мало

напоминают город, но именно на таких территориях проживает значительная часть населения, которое лишь условно можно назвать городским.

В развитых странах некоторые важные геоэкологические проблемы городов в той или иной степени решены. Например, во многих городах за последние десятилетия улучшилось качество воздуха и воды. В Токио в 1960-х гг. полицейские, управлявшие уличным движением, нуждались в кислородных масках. Сейчас состояние воздуха стало значительно лучше.

Городские системы потребляют, перерабатывают и превращают в отходы значительную массу воды, продовольствия и топлива. При этом города развитых стран отличаются повышенным потреблением всех услуг систем жизнеобеспечения. Среднестатистический житель Нью-Йорка потребляет втрое больше воды и производит в восемь раз больше мусора, чем житель Бомбея. Точно так же и уровень потребления услуг городских систем жизнеобеспечения в различных районах в пределах одного города резко различается в зависимости от уровня благосостояния его жителей. В этом отношении невозможно сравнить, например, находящиеся в одном и том же городе Рио-де-Жанейро поселения на склонах холмов («фавелы») и кварталы вдоль роскошных пляжей побережья Атлантики, таких как Копакабана или Ипанема.

Некоторое улучшение геоэкологического состояния городов развитых стран благоприятно для их жителей. Вместе с тем эти города оказывают намного большее неблагоприятное воздействие на состояние экосферы на уровне континентов или мира в целом. Расходование природных ресурсов и эмиссия парниковых газов на душу населения городов развитых стран намного превышает соответствующие показатели для беднейших городов развивающихся стран, так что, в конечном итоге, жители городов развитых стран вносят весьма заметный вклад в усиление глобальных геоэкологических проблем.

Говоря о геоэкологических проблемах городов, не следует забывать об их роли как центров, влияющих на антропогенную трансформацию значительных прилегающих территорий. Условия и причины могут быть различными. В Африке, где в отдельных странах до 90 % населения все еще готовит себе пищу на дровах, все пригодные лесные ресурсы в радиусе 50–80 км от крупных городов истощены. Из-за недостатка дров беднейшие семьи в городах многих стран Африки готовят себе горячую еду только один раз в день.

В зонах высокого загрязнения воздуха вследствие работы предприятий промышленности или энергетики, растительность трансформирована или полностью уничтожена на десятки километров вокруг города или по направлению вдоль преобладающих ветров. Такова ситуация в Норильске и окрестностях, где весьма уязвимая естественная растительность практически уничтожена на расстоянии до 100 км от промышленных предприятий.

Все крупные города, располагающиеся на реках, вносят весьма заметный вклад в загрязнение воды этих рек, вплоть до полного уничтожения жизни в воде на многие километры вниз по течению. Отмечено много ситуаций, в особенности в тропиках, когда в реке, протекающей сквозь большой город, концентрация патогенных бактерий увеличивается на несколько порядков.

Несколько сотен крупных городов мира и тысячи более мелких вызывают локальное, пятнистое ухудшение состояния окружающей среды. Взятые вместе, они в очень заметной степени влияют на глобальную ситуацию. Это весьма типичный пример универсальной геоэкологической проблемы, имеющей локальное, но часто встречающееся распространение, и потому не менее важной. Как пишет один из американских исследователей, «отрицательное воздействие домашнего загрязнения воздуха и выплескиваемых с водой отходов на детскую смертность и ожидаемую продолжительность жизни женщин имеет не меньшие глобальные размеры, чем, скажем, разрушение тропических лесов, и с точки зрения неотложных задач оно может оказаться наиболее срочной из всех общемировых экологических проблем».

В этой связи, наряду с «зеленой» программой, адресованной на глобальные проблемы, такие как изменение климата, озоновый слой или биологическое разнообразие, ряд международных и национальных организаций и экспертов выдвигают «коричневую» программу, которая включала бы проблемы бедности, загрязнения окружающей среды и экологической безопасности в городах. Такие программы решают практические вопросы улучшения качества жизни в городах, включая совершенствование систем водоснабжения, канализации, удаления и переработки отходов.

## *Лекция 16*

### **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭНЕРГЕТИКИ**

1. Производство и потребление энергии в мире.
2. Возобновимые источники энергии.

**1. Производство и потребление энергии в мире.** Производство и использование энергии – важнейшая сторона деятельности человека. Без энергии невозможны практически все другие его действия: извлечение и переработка невозобновимых природных ресурсов, производство промышленной продукции, транспорт, сельское хозяйство, освещение, отопление, здравоохранение и т.д., и т.п. Эволюция общества и цивилизации происходила и происходит в тесном взаимодействии с развитием энергетики.

Энергия – важнейший товар в международной экономике, а надежное обеспечение стран источниками энергии стало важнейшей геостратегической проблемой XXI века. Глобальные энергетические стратегии и проблемы системно взаимосвязаны с основными общемировыми вопросами, такими как рост численности населения, увеличение имущественных различий между отдельными слоями общества, распространение бедности, дефицит продовольствия и воды, состояние здоровья и здравоохранения, неудовлетворительное качество воздуха в городах, изменение климата, деградация экосистем, их асидификация, распространение ядерного оружия и др. Из этого следует, что вопросы энергетики должны решаться таким образом, чтобы не ухудшилось состояние других глобальных проблем.

История развития мировой энергетики поучительна. Первейшим источником энергии для любого вида деятельности человека был он сам, его мускульная энергия. Затем изобретение способов добывания огня для сжигания древесины обеспечило человеку горячую пищу, отопление жилища, новые материалы, такие как бронза и железо. Использование энергии домашних животных предопределило прогресс в сельском хозяйстве, транспорте и промышленности. Изобретение пара как рабочего вещества явилось важнейшим технологическим фактором промышленной революции и способствовало освоению таких энергетических ресурсов, как уголь, нефть и природный газ. С тех пор и до настоящего времени наша цивилизация основана на использовании горючих ископаемых.

Общая мощность производимой или же потребляемой в мире энергии составляет величину порядка 10 тераватт, или 1010 Вт и продолжает увеличиваться. Из этого количества около 80% энергии получают благодаря сжиганию нефти, угля и природного газа. По всей вероятности, этот показатель сохранится на ближайшие десятилетия, а количество производимой энергии будет все еще увеличиваться. Объем и доля атомной энергии, вероятно, останется на ближайшую перспективу скромной. Суммарная величина производимой гидроэлектроэнергии будет увеличиваться, но ее доля в производстве и использовании энергии останется небольшой.

Другие, преимущественно возобновимые, источники энергии, такие как энергия солнца, ветра, морских приливов, волнения воды, разности температур поверхностных и глубинных слоев воды океана, специально выращиваемой биомассы, геотермальная энергия, и прочие, несмотря на некоторые оптимистические прогнозы, не спешат занимать сколько-нибудь значительное место. Экономические и экологические затраты на производство энергии из возобновимых источников неуклонно снижаются, и имеются заметные достижения в их практическом использовании, хотя доля этих источников в мировом энергетическом балансе все еще невелика.

Производство и потребление энергии в мире, за редкими исключениями, неуклонно росли, в особенности в последние десятилетия. С 1990 по 2020 гг., потребление энергии в мире увеличилось на 35%. Крупнейшими

в мире странами производителями электроэнергии является Китай и США, также в пятерку входят Индия, Россия и Япония. Причем на долю лидера – Китая приходится более 25% как всей произведенной, так и потребляемой энергии мира. Соответственно, расходовались и запасы горючих ископаемых. Тем не менее, благодаря успешным поискам новых месторождений и их разведке, запасы продолжали увеличиваться. По состоянию на 2020 г., при современном уровне разведанных запасов и ежегодной добычи угля хватит на 150 лет, нефти на 50 лет и природного газа на 52 года.

Производство и использование основных источников тепловой энергии практически всегда сопровождаются неблагоприятными последствиями, влияющими на экосферу и на здоровье людей. Соответственно, ожидаемый дальнейший рост производства и использования энергии приведет к еще большему усилению экологических проблем. Геоэкологические ограничения могут стать столь серьезными, что они станут диктовать основные элементы стратегии энергетики.

Опора в энергетике на использование горючих ископаемых и, соответственно, чрезвычайно высокая их доля в производстве энергии предопределяет специфический набор связанных с этим геоэкологических проблем. По объему выбросов загрязняющих веществ в атмосферу тепловая энергетика является наиболее крупной отраслью промышленности. Составляющими выбросов в основном являются твердые частицы (31%), диоксид серы (42%), окислы азота (24%).

Современная ТЭЦ мощностью 1000 мВт выбрасывает в воздух за год 165 000 т газов и 500 000 т твердых частиц. Тепловое загрязнение составляет около 60 % производимой энергии. Каждая ТЭЦ нуждается в 4 кв. км площади, не считая площадей для складов, подъездных путей, градирен, линий электропередачи, свалок и пр.

Загрязнение воздуха, ассоциирующееся со сжиганием нефти, угля и газа, неблагоприятно влияет на экосистемы и здоровье людей. Из трех основных источников тепловой энергетики более всего загрязнений и парниковых газов производится и выбрасывается в атмосферу в результате сжигания угля и наименьшее – при сжигании газа. Кислотные осадки, возникающие как следствие функционирования тепловых электростанций, приносят ущерб экосистемам – озерам, рекам, лесам, а также и урожаю, строениям, памятникам материальной культуры. Современная энергетика является важнейшим фактором накопления в атмосфере парниковых газов и, следовательно, наиболее важной причиной изменения климата.

**2. Возобновимые источники энергии.** Атомные электростанции несут с собой высочайший риск катастрофы в случае выделения в экосферу радиоактивных изотопов. Как показывает печальный опыт Чернобыльской АЭС, радиоактивное загрязнение вследствие взрыва всего лишь одного атомного реактора нанесло невосполнимый ущерб здоровью людей, состоянию естественных и агроэкологических систем, по сути дела, вывело

из нормального использования чрезвычайно большую территорию в пределах Беларуси, России и Украины.

В атомной энергетике остаются нерешенными проблемы хранения и переработки радиоактивных отходов деятельности АЭС. Подошли также сроки вывода первых атомных станций (не только в России, но и в других странах мира) из эксплуатации. Поскольку неизвестно, что с ними делать дальше, они подлежат консервации. Как это сделать безопасно и эффективно – пока еще плохо проработанная задача.

Основное направление в стратегии снижения геоэкологических проблем энергетики – повышение роли возобновимых и экологически более чистых источников энергии. Однако абсолютно чистых источников практически не бывает. По прогнозам, возобновляемые источники энергии покроют 80% роста мирового спроса на электроэнергию к 2030 году. Гидроэнергетика и в будущем будет оставаться крупнейшим возобновляемым источником электроэнергии. Но солнечная энергия будет испытывать наибольший рост в следующем десятилетии и уже дешевле, чем электричество от новой угольной или газовой электростанции почти в каждой стране мира. Ветроэнергетика также будет испытывать устойчивый рост.

Гидроэлектростанции приносят свой специфический набор геоэкологических проблем, таких как потери затопляемой земли, зачастую весьма ценной, переселение населенных пунктов из зоны затопления, изменения водных и наземных экосистем и их плодородия, а в тропических и экваториальных районах и усиление частоты и серьезности заболеваний многими тропическими болезнями, ассоциирующимися с водой (малярия, шистосоматоз, речная слепота и др.)

Непосредственное использование солнечной энергии также не оказывается полностью оправданным с экологической точки зрения: аккумуляторы солнечной энергии различных типов часто требуют большой территории. Сбор солнечной энергии зависит также от метеорологических и, следовательно, физико-географических факторов: облачности, угла солнца над горизонтом и пр., а потому он эффективен преимущественно в тропических районах со значительной продолжительностью солнечного сияния. Если в процессе производства энергии используются фотоэлектрические батареи, то в одном или нескольких звеньях технологической цепочки их производства возникает значительное загрязнение окружающей среды.

Опосредованное использование солнечной энергии, в природе проявляющейся в виде ветра, волнения, приливов, биомассы и пр., столь же не свободно от геоэкологических обстоятельств. Например, ветровые электростанции вызывают неприемлемые шумовые эффекты и потому должны располагаться вдали от населенных пунктов; энергия морских волн значительна, но задача ее концентрации для производства электроэнергии технически очень не проста.

Использование геотермальной энергии влечет за собой значительное загрязнение воды, воздуха и земли. Геотермальная электростанция мощностью 1000 мВт выпускает в атмосферу 104–105 т газов в год, загрязняет 105–108 м<sup>3</sup> воды и требует значительной площади (до 20 км<sup>2</sup> на одну станцию).

Энергетические системы состоят из двух равноценно важных частей: подсистемы, касающейся предложения энергии (supply), и подсистемы спроса на нее (demand). Мы кратко обсуждали некоторые важные вопросы, касающиеся аспектов предложения. Для эффективного функционирования систем энергетики не менее важны проблемы спроса. Экономия энергии играет здесь важнейшую роль.

Больше половины производимой ежедневно энергии теряется вследствие технических особенностей энергетических систем или недостаточно эффективной деятельности человека. Экономия энергии должна быть частью стратегии снижения расхода энергии на единицу продукта, причем социально-экономическое развитие или привычный стиль жизни людей, по крайней мере, не должны ухудшаться. Мы уже указывали на то, что после двух энергетических кризисов 1970-х гг. эффективность использования энергии в странах с капиталистической экономикой значительно повысилась. Меры по экономии энергии и повышению ее эффективности менее успешны в странах с переходной экономикой и развивающихся странах, где промышленность зачастую расходует в 2–5 раз больше энергии на ту же величину продукции вследствие того, что оборудование, технологические процессы, транспортные системы и пр., как правило, устарели и нуждаются в модернизации.

Обсуждая стратегии выхода человечества из глобального геоэкологического кризиса, можно говорить также о необходимости и принципиальной технической возможности повысить в обозримом будущем эффективность использования энергии на порядок, то есть примерно в 10 раз.

## *Лекция 17*

### **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА**

1. Проблемы промышленности.
2. Проблемы транспорта.

**1. Проблемы промышленности.** Промышленность – это область вещественного материального производства, создающего орудия производства и основную часть предметов потребления.

В основании промышленного производства лежит добыча сырья, преимущественно минерального. Известно, что около 98% добываемого на

этом этапе сырья идет в отходы в виде пустой породы, руды низкой концентрации, грунта, нестандартной древесины и пр.

Только 2% сырья достигает следующего уровня, который можно назвать уровнем переработки сырья. В результате него получают промежуточную продукцию, например, железо, сталь, прокат различного сортамента, цветные металлы, разнообразные химические вещества, различные пиломатериалы и пр.

Промежуточная продукция используется на следующей стадии, условно называемой машиностроением и легкой промышленностью, производящей разнообразные орудия труда и предметы потребления. На этой стадии доля полезного продукта от исходного количества сырья еще более сокращается.

Наконец, на высшей стадии промышленного производства мы имеем дело с современной индустрией высокой сложности и точности, производящей аппараты электроники и прецизионного машиностроения, композитные материалы, продукты биотехнологии и прочие товары так называемой «высокой технологии» (high-tech). На этой стадии объем используемых материалов минимален, главные вложения оказываются в виде личного опыта персонала, передовой технологии и дорогостоящих комплектующих. Одна из тенденций современной индустрии в том, что значительная часть промышленности высокой сложности и точности перестала продавать свою продукцию. Продукция сдается в аренду, а компания-изготовитель обеспечивает ее обслуживание. Так происходит переход к стадии услуг, и роль услуг имеет тенденцию к росту.

Стадия «высокой технологии» есть результат современной научно-технической революции. Зачастую при чтении литературы создается ошибочное впечатление, что человечество, или, по крайней мере, развитые страны, целиком и полностью перешли на эту стадию. На самом деле, все четыре стадии необходимы и нуждаются в развитии и совершенствовании, а без низшей стадии невозможно достичь более высокой. По-прежнему необходим металл, энергия, продукция химической промышленности и пр., без них не достичь высот «высокой технологии».

В соответствии со стадиями промышленного производства (от «сырьевой» до «high-tech») возникают определенные тенденции изменения геоэкологических проблем: а) объем извлекаемых ресурсов и перерабатываемого сырья снижается; б) объем загрязняющих отходов, сбрасываемых в окружающую среду, сокращается; в) однако токсичность сбросов резко увеличивается, так что результирующее загрязнение может и не уменьшиться.

Экологические воздействия промышленности охватывают всю технологическую цепочку от добычи сырья и первичной обработки через собственно процессы производства до получения конечного продукта и размещения отходов. Промышленность – весьма важный потребитель при-

родных ресурсов (металлических и неметаллических руд, продуктов сельского хозяйства, энергии различных видов). В результате промышленных процессов возникают запланированные или неожиданные сбросы вредных газов, твердых отходов и разнообразных жидких стоков. Это может случиться в процессе производства или позднее при использовании продукта. Некоторые из отходов и продуктов промышленности весьма токсичны и могут нанести значительный ущерб.

Отрасли промышленности, в наибольшей степени загрязняющие атмосферу, – это теплоэнергетика (43%), черная и цветная металлургия (23%), нефтеперерабатывающая промышленность (11%) и др.

Для борьбы с неблагоприятными геоэкологическими последствиями промышленного производства существует два принципиальных подхода:

- а) управление загрязнениями на конечной стадии производства;
- б) системная перестройка производственного цикла.

По сути дела, при стратегическом подходе типа а) управление загрязнениями осуществляется после завершения технологического цикла, в виде как бы дополнения к нему. Этот подход носит название «на конце трубы». Переработка загрязнений «на конце трубы», как правило, не сокращает объем или массу загрязнителей. Она попросту перемещает отходы, после их обработки, из одной среды в другую, более удобную при данном технологическом цикле, например, из воздуха в землю. Во многих случаях обработка отходов перемещает эмиссии, выпускаемые в воздух, в водную среду. Такого рода операции нежелательны в долгосрочном плане, хотя и могут казаться приемлемыми как временная мера. К сожалению, на самом деле обработка отходов «на конце трубы» чрезвычайно широко распространена, хотя по сути и не решает экологические проблемы. Такая технология носит название «малоотходная», или, более того, «безотходная», что, как мы видели, неверно.

При стратегическом подходе типа б) в качестве долгосрочной и скорее всего недостижимой на 100% цели, ставится задача добиться такого производства, которое было бы полностью замкнутым, подобно космическому кораблю в продолжительном, автономном полете. С этих позиций существует три класса технологических подходов, требующих системной перестройки промышленного производства для действительного снижения объема, массы и токсичности отходов, сбросов и эмиссий:

1) Экономия сырья, материалов и энергии. К этой категории относятся изменения производственного цикла, в том числе такие мероприятия, как внедрение более экологически и экономически эффективных производственных процессов, использование новых материалов, а также такие мероприятия, как повышение теплоизоляции производственных помещений, установка более эффективного освещения, применение более легких грунтовок и пр.

2) Увеличение степени использования промышленного продукта. К этим мерам относится организация вторичного рынка таких использованных товаров, как автомобили, одежда и обувь, электроника, мебель, книги и многих других, сбор и переработка утиля (лом цветных и черных металлов, стекло, бумага, использованная упаковка и пр.), при соответствующем сокращении производства новых товаров.

3) Извлечение полезных продуктов из промышленных отходов. Первой этим стала знаменита американская корпорация 3М, получающая значительный доход от извлечения побочных продуктов. Ее лозунг «Pollution Prevention Pays» (PPP), который можно перевести как «Предотвращение загрязнения платит за себя», широко известен в деловом мире.

Имеются и более сложные, системные примеры экономически целесообразной борьбы с промышленным загрязнением.

В г. Калундборг (Дания) имеются три основных, первичных промышленных предприятия – нефтеперегонный завод, тепловая электростанция (ТЭЦ), работающая на угле, и фармацевтическая фабрика. Объединив эти предприятия в систему, стало возможным значительно сократить их отходы, не увеличив в то же время стоимость продукта. ТЭЦ снабжает попутным теплом фармацевтическую фабрику, а также рыбоводческое хозяйство и теплицы. Зола с электростанции продается цементному производству, а сульфат кальция, улавливаемый установкой по десульфуризации отходов, поступает к изготовителю обоев. Нефтеперегонный завод снабжает ТЭЦ отходящими углеводородами как дополнительным топливом, а сера как продукт десульфуризации нефтепродуктов поставляется химической компании, производящей серную кислоту. Наконец, органические отходы фармацевтического предприятия потребляются рыбоводческим хозяйством и используются как удобрение в теплицах.

Несмотря на то, что такие комплексы экологически и, вероятно, экономически целесообразны, пример Калундборга, насчитывающего уже примерно 30 лет опыта, не получил широкого распространения. По-видимому, локальная координация усилий различных производств в деле улучшения состояния окружающей среды слишком сложна. Казалось бы, система централизованного планирования должна способствовать развитию подобной кооперации. Однако опыт СССР и других подобных стран не был более успешен, чем опыт стран с рыночной экономикой. В чем, по-видимому, центрально-плановая экономика показала преимущество, это в совместном производстве электричества и тепла для крупных городских районов и даже целых городов.

Но именно национальная политика сокращения промышленных отходов может принести как экологическую, так и экономическую выгоду.

**2. Геоэкологические аспекты транспорта.** Услуги транспорта играют важную роль в экономике и повседневной жизни людей. Транспорт – один из важнейших компонентов общественного и экономического разви-

тия, поглощающий значительное количество ресурсов и оказывающий серьезное влияние на окружающую среду. Использование практически всех видов транспорта на всех континентах возрастает и по объему перевозимых грузов, и по количеству тонно-километров, и по числу перевозимых пассажиров. Некоторые виды транспорта уходят в прошлое (например, морские пассажирские линии дальнего плавания, или гужевой транспорт в развитых странах). Однако, во многих странах все еще используется тяговая сила животных, передвижение на велосипедах или пешком. Вместе с тем увеличивается использование дальней авиации и трубопроводов при относительно стабильном использовании железнодорожного транспорта.

Но особенно большую роль играет постоянное и неуклонное увеличение использования автомобилей для перевозки грузов и как средство личного транспорта. Этому сопутствует рост автомобильных, в том числе скоростных, дорог. Около половины добываемой нефти в мире используется для автомобильного транспорта, рост которого значительно опережает рост населения. Увеличение числа автомобилей неразрывно связано с осаждавшимися выше процессами урбанизации. Многочасовые пробки стали обычной картиной на улицах многих городов мира.

Транспорт – очень важный неблагоприятный фактор состояния окружающей среды:

- Во-первых, почти все виды транспорта загрязняют окружающую среду, в особенности воздух, а также и воду, и вызывают значительный шум и вибрацию.

- Во-вторых, поглощается много земельных ресурсов для транспортной инфраструктуры – автомобильных и железных дорог, морских и речных портов, трубопроводов, аэропортов и пр. и связанных с ними складов, вокзалов, причалов и т.д. Транспортная инфраструктура создает значительные по площади техногенные ландшафты.

- В-третьих, расходуется значительное количество природных ресурсов, затрачиваемых на производство автомобилей и сооружение элементов транспортной инфраструктуры.

- В-четвертых, все виды транспорта представляют серьезную опасность для жизни, здоровья и имущества людей.

Загрязнение воздуха – наиболее серьезная геоэкологическая проблема, ассоциированная с транспортом. В странах Организации экономического сотрудничества и развития (OECD) эмиссия в воздух от автомобилей увеличилась за период 1975–1990 гг. на 20–75%. В развивающихся странах этот показатель выше. В Москве эмиссия выхлопных газов автомобилей составляет не менее 70 % всего загрязнения воздуха. От 40 до 70% оксидов азота, от 70 до 90% окиси углерода (CO) и не менее 50% свинца в атмосфере вызваны выхлопом автомобилей. Последствия загрязнения воздуха становятся важнейшей глобальной геоэкологической проблемой.

Загрязнители воздуха, непосредственно продуцируемые автомобилями, такие как окись углерода, оксиды азота, углеводороды или свинец, главным образом накапливаются по соседству с источниками загрязнения, то есть вдоль шоссе, дорог, улиц, в тоннелях, на перекрестках и пр. Таким образом, создаются локальные геоэкологические воздействия транспорта.

Часть загрязнителей транспортируется на большие расстояния от места эмиссии, трансформируется в процессе переноса и вызывает региональные геоэкологические воздействия. Наиболее распространенным процессом этой категории является асидификация.

Двуокись углерода и другие газы, обладающие парниковым эффектом, распространяются на всю атмосферу, вызывая глобальные геоэкологические воздействия.

Вследствие значительных воздействий транспорта на локальном, региональном и глобальном уровнях необходимо стремиться к осуществлению следующих направлений координированной общемировой стратегии как компоненты устойчивого развития.

- Потребление горючих ископаемых для транспорта должно быть сокращено насколько возможно.

- Должны быть установлены основанные на передовой технологии общемировые стандарты выбросов в атмосферу для всех видов транспорта.

- Каждой стране следует разработать и осуществлять программу контроля эмиссии всех источников и видов транспорта.

- Совершенствовать и развивать надежную и общедоступную систему общественного транспорта.

- При планировании развития транспортных систем использовать системный подход, направленный на комплексное решение экологических проблем. Устранять причины, а не следствия геоэкологических проблем на транспорте.

Общая цель в системном управлении транспортом заключается в нахождении оптимального соотношения между обеспечением потребностей общества и снижением загрязнения окружающей среды. Стратегии управления будут зависеть от локальных ситуаций и потому будут различными для конкретных стран, регионов и городов.

## ***Лекция 18***

### **ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА**

1. Типы сельскохозяйственных систем.
2. Причины геоэкологических проблем сельского хозяйства.

**1. Типы сельскохозяйственных систем.** Сельское хозяйство – наиболее распространенный антропогенный фактор преобразования экосферы, или, иными словами, глобальных изменений. Это важнейшая система жизнеобеспечения общества: сельское хозяйство обеспечивает 98–99% массы продуктов питания людей на Земле, в том числе 87% белкового питания. Поэтому чем выше численность населения и больше его потребности, тем больше роль сельского хозяйства и тем значительнее его воздействие на экосферу.

Сельскохозяйственные системы, как земледельческие, так и животноводческие, занимают в мире около 50 млн кв. км, или 38% свободной от льда суши. Из них пашня занимает около 30% и пастбища – 70% площади.

Разнообразие типов сельскохозяйственных систем огромно. Главным образом, оно зависит как от природных условий, так и от особенностей применяемых технологий. Поэтому сельскохозяйственные системы называют также агроэкосистемами. В простейших системах земледелия агротехнические операции сводятся последовательно к несложной подготовке почвы к посеву, заделыванию зерна во влажную почву, сбору того, что выросло, переработке урожая и сохранению части его в качестве семян для следующего сельскохозяйственного года. С другой стороны, в сложных системах уровень технологии чрезвычайно высок. Например, в польдерах Нидерландов осуществляется управление оптимальным режимом развития растений. Уровень капиллярной каймы грунтовых вод регулируется таким образом, чтобы корни культурных растений постоянно находились в этой зоне, не выше и не ниже, а питательные вещества в почве были бы доступны растению в необходимом, но не чрезмерном количестве. Соответственно, и урожай, получаемые в различных агроэкосистемах, разнятся в десятки раз.

Не менее велико разнообразие животноводческих систем, в зависимости от природных и хозяйственных факторов. Наконец, существует большое количество комбинаций типов земледелия и животноводства.

Несмотря на разнообразие, сельскохозяйственные системы отличаются одной общей особенностью: все они оказали и продолжают оказывать глубокое воздействие на экосистемы и ландшафты. В процессе развития агроэкосистем преобразуется растительность: от естественного покрова – к пашне или пастбищу. В земледельческих системах естественный растительный покров, часто многоярусный, замещается на монокультуру. Система коренным образом трансформируется и упрощается. При введении орошения изменяется и тип водного режима: от обычно непромывного к промывному.

Как и земледелие, животноводство имеет много разнообразных форм в связи с различиями природных условий и уровней развития общества. В животноводческих агроэкосистемах геоэкологические изменения более постепенны, но не менее глубоки. Не случайно, что одна из проблем геоэкологии – каким было исходное, доантропогенное состояние африканской

саванны, поскольку она постепенно трансформировалась под влиянием многотысячелетнего и весьма интенсивного выпаса скота. В засушливых районах мира основная экологическая проблема пастбищного скотоводства – постепенное истощение пастбищ при их перегрузке с последующим уничтожением растительного и почвенного покрова, то есть прогрессирующее антропогенное опустынивание.

В умеренном поясе преобладающее там пастбищно-стойловое животноводство также приносит немало геоэкологических проблем, связанных с загрязнением почвы и воды отходами животноводства. Мы уже говорили о проблеме накопления навоза в Нидерландах в связи с понятием потенциальной емкости территории. Эта проблема характерна для всех районов интенсивного пастбищно-стойлового животноводства.

Естественные системы отличаются высокой степенью замкнутости баланса органического вещества и других компонентов. Разность между приходной и расходной частями баланса вещества в природной системе за год не превышает 1%, а обычно меньше. За счет этой малой доли и происходит направленная эволюция естественных систем. В сельскохозяйственных же системах цикл вещества разомкнут: вещество забирается человеком из системы в виде урожая, а семена, органические и минеральные удобрения, а также и пестициды, в нее вносятся. Вынос вещества составляет десятки процентов (обычно 40–80%) от годовой продукции биомассы. При этом чем продуктивнее агроэкосистема, тем больше отчуждение продукции и тем система более неустойчива. Таким образом, система коренным образом трансформируется.

Изменяются и физические процессы. Водная и ветровая эрозия почв усиливаются на один-три порядка. Почва уплотняется под воздействием сельскохозяйственных машин и орудий. Структура теплового баланса изменяется вследствие изменения как величины альбедо, так и затрат на эвапотранспирацию. Соответственно, изменяется и водный баланс, и режим влаги в почве.

Биологические особенности, такие как биомасса, ее прирост, трофические соотношения, видовой состав, включая микроорганизмов и беспозвоночных и пр., коренным образом меняются.

Вследствие эволюции земледелия и животноводства сокращается сложность структуры ландшафтов, их устойчивость снижается и может поддерживаться только благодаря действиям человека.

**2. Геоэкологические проблемы сельского хозяйства** относятся к категории универсальных, то есть встречающихся в мире повсеместно. Они продукт неkoordinированных действий миллионов крестьян. Главная задача каждого хозяина – максимизировать урожай, сохраняя в то же время (а по возможности и повышая) естественное плодородие почв. Таким образом, они, каждый на своем поле, ведут постоянную и многовековую работу по до-

стижению устойчивого сельского хозяйства. Результаты их действий, сложенные вместе по континентам и миру в целом, имеют глобальное значение.

Не все в мире в процессе развития устойчивого сельского хозяйства было успешным. Пахотные площади увеличивались, но во многих случаях вследствие ухудшения состояния агроэкосистем снижалась урожайность. Значительная часть земель безвозвратно потеряна для сельского хозяйства в результате водной и ветровой эрозии почв, их засоления, заболачивания и антропогенного опустынивания. Общая площадь безвозвратно потерянных и сильно деградированных земель находится в пределах 15 млн кв. км (11% свободной от льда территории мира), то есть сравнима с современной площадью пашни мира. Еще на 6 млн кв. км (5% территории мира) биологическая продуктивность значительно понижена в результате деятельности человека. Деградация как природных систем, так и агроэкосистем продолжается.

Сельское хозяйство оказывает существенное влияние на водный режим и водный баланс как небольших территорий, так и крупных, масштаба континентов или всего мира. Как правило, увеличивается поверхностный сток; соответственно, снижается подземный сток и запасы влаги в почве. О решающей роли сельского хозяйства в многократном увеличении эрозии почвы уже говорилось выше.

Как уже обсуждалось ранее, деградация почв и снижение биологической продуктивности – одна из важнейших, может быть, наиважнейшая геоэкологическая проблема, потому, в частности, что снижение биопроductивности сопровождается неуклонным ростом потребностей населения мира в продуктах питания.

Выше уже отмечалось, что растущий спрос на продовольствие может быть удовлетворен двумя путями: расширением пахотных площадей и интенсификацией сельского хозяйства. В обоих случаях неизбежно усиление геоэкологических проблем вследствие ухудшения состояния земель и повышения транспорта наносов и химических веществ. Таким образом, истинная стоимость продуктов сельского хозяйства (с включением геоэкологических потерь и затрат в величину стоимости) на перспективу будет возрастать.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Акимова, Т.А. Экология: природа – человек – техника / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. – М.: Экономика. – 2007. – 343 с.
2. Витченко, Н.В. Геоэкология. Н.В. Витченко. – Мн.: БГУ. – 2002. – 101 с.
3. Голубев, Г.Н. Геоэкология. Учебник для студентов вузов / Г.Н. Голубев. – М.: Аспект Пресс. – 2013. – 321 с.
4. Комарова, Н.Г. Геоэкология и природопользование / Н.Г. Комарова. – М.: Академия, 2003. – 190 с.
5. Карлович, И.А. Геоэкология / И.А. Карлович. – М.: Альма-Матер Академический проект, 2005. – 511 с.
6. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года. – Минск. – 2017. – 148 с.
7. Национальный доклад о состоянии окружающей среды Республики Беларусь: Нац. доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, РУП «Бел НИЦ «Экология». – Минск: Бел НИЦ «Экология», 2019. – 191 с.
8. Петров, К.М. Геоэкология / К.М. Петров. – С.-Петербург: С.-Петербургский университет, 2004. – 274 с.
9. Ясаманов, Н.А. Основы геоэкологии / Н.А. Ясаманов. – М.: Академия, 2003. – 352 с.

Учебное издание

## ГЕОЭКОЛОГИЯ

Курс лекций

Составитель

**ШАМАТУЛЬСКАЯ** Елена Владимировна

Технический редактор

*Г.В. Разбоева*

Компьютерный дизайн

*В.Л. Пугач*

Подписано в печать 2021. Формат 60х84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 5,58. Уч.-изд. л. 5,60. Тираж экз. Заказ .

Издатель и полиграфическое исполнение – учреждение образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

Свидетельство о государственной регистрации в качестве издателя,  
изготовителя, распространителя печатных изданий

№ 1/255 от 31.03.2014.

Отпечатано на ризографе учреждения образования  
«Витебский государственный университет имени П.М. Машерова».

210038, г. Витебск, Московский проспект, 33.