

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский государственный университет
Факультет географии и геоинформатики
Кафедра географической экологии

СОГЛАСОВАНО

Заведующий кафедрой

Гагина Н. В.

«22» марта 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Декан факультета

Курлович Д. М.

«23» марта 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Председатель

учебно-методической комиссии факультета

Кольмакова Е. Г.

«22» марта 2021 г.

Геоэкология

Электронный учебно-методический комплекс для специальностей:

1-31 02 01 «География»

(направление 1- 31 02 01-02 «Научно-педагогическая деятельность»);

1-33 01 02 «Геоэкология»;

1-31 02 03 «Космоаэрокартография»

Регистрационный № 2.4.2-12/133

Автор:

Витченко А. Н., профессор кафедры географической экологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, доктор географических наук, профессор.

Рассмотрено и утверждено на заседании Научно-методического совета БГУ 25.03.2021 г., протокол № 4.

Минск 2021

УДК 502.1:55(075.8)
В 545

Утверждено на заседании Научно-методического совета БГУ
Протокол № 4 от 25.03.2021 г.

Решение о депонировании вынес:
Совет факультета географии и геоинформатики
Протокол № 7 от 23.03.2021 г.

А в т о р:

Витченко Александр Николаевич, профессор кафедры географической экологии факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, доктор географических наук, профессор.

Рецензенты:

кафедра географии и методики преподавания географии УО «Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка (заведующий кафедрой Таранчук А.В., кандидат географических наук, доцент);

Кузьмин С.И., заведующий научно-исследовательской лабораторией экологии ландшафтов факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета, кандидат географических наук, доцент.

Витченко, А. Н. Геоэкология : электронный учебно-методический комплекс для специальностей: 1-31 02 01 «География» (направление 1-31 02 01-02 «Научно-педагогическая деятельность»); 1-33 01 02 «Геоэкология»; 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А. Н. Витченко ; БГУ, Фак. географии и геоинформатики, Каф. географической экологии. – Минск : БГУ, 2021. – 290 с. : табл. – Библиогр.: с.286–288.

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) предназначен для студентов, обучающихся по специальностям 1-31 02 01 «География» (направление 1- 31 02 01-02 «Научно-педагогическая деятельность»); 1-33 01 02 «Геоэкология»; 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» В ЭУМК изложены теоретические и методологические основы геоэкологии; геоэкологические особенности функционирования, динамики и эволюции географической среды и ее компонентов, происходящие в ходе естественных тенденций их развития и антропогенного воздействия, геоэкологические аспекты функционирования природно-антропогенных геосистем, основные геоэкологические проблемы человечества и возможные пути их решения. Представлена тематика практических занятий, задания для управляемой самостоятельной работы студентов, перечень заданий в тестовой форме, вопросы для самоконтроля для итогового промежуточного контроля знаний.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	10
1.1. Аннотации учебных пособий по дисциплине.....	10
1.2. Конспект лекций по дисциплине.....	11
1.2.1. Теория и методология геоэкологии.....	11
Тема 1. Введение. Объект и предмет, цель и задачи геоэкологии.....	11
Тема 2. Теоретические и методологические основы геоэкологии.....	20
Тема 3. Геосистемная концепция и ее значение в геоэкологии.....	26
Тема 4. Методы геоэкологических исследований.....	38
1.2.2. Геоэкология - методологическая основа природопользования и охраны окружающей среды.....	47
Тема 1. Природные ресурсы как основа жизнедеятельности человека и общества.....	47
Тема 2. Геоэкологические аспекты неблагоприятных и опасных природных и антропогенных процессов и явлений.....	51
Тема 3. Геоэкологическая экономика и природопользование.....	71
Тема 4. Экономические механизмы и организационно-правовые основы управления природопользованием.....	79
1.2.3. Геоэкологические проблемы географической среды.....	96
Тема 1. Геоэкологические проблемы литосферы.....	96
Тема 2. Геоэкологические проблемы атмосферы.....	108
Тема 3. Геоэкологические проблемы гидросферы.....	130
Тема 4. Геоэкологические проблемы биосферы.....	151
Тема 5. Геоэкологические проблемы природно-антропогенных геосистем.....	161
Тема 6. Глобальные геоэкологические проблемы.....	195
Тема 7. Геоэкологические проблемы Беларуси.....	225
Тема 8. Формы геоэкологической деятельности и международное сотрудничество в области геоэкологии.....	240
2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	254
2.1. Задания практических работ.....	254
2.2. Задания управляемой самостоятельной работы, в том числе размещенные на Образовательном портале БГУ LMS Moodle.....	262
2.3. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся.....	271
3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ.....	273
3.1. Примерный перечень вопросов к экзамену и зачету.....	273
3.2. Примерный перечень заданий в тестовой форме.....	275
3.3. Перечень вопросов для самоконтроля.....	278
3.4. Перечень рекомендуемых средств диагностики и методики формирования итоговой оценки.....	280
4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ.....	286
4.1. Рекомендуемая литература.....	286
4.2. Электронные ресурсы.....	288
4.3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОЭКОЛОГИЯ».....	289

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Электронный учебно-методический комплекс (ЭУМК) по учебной дисциплине «Геоэкология» предназначен для студентов специальностей 1-31 02 01 «География (направление 1- 31 02 01-02 Научно-педагогическая деятельность)»; 1-33 01 02 «Геоэкология»; 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» факультета географии и геоинформатики Белорусского государственного университета. ЭУМК является необходимой методической основой для обеспечения высокого качества образовательного процесса, формирования необходимых профессиональных компетенций у обучающихся.

Цель учебной дисциплины заключается в формировании знаний о свойствах и закономерностях развития географической среды, теоретических основах, принципах, нормативах рационального природопользования и устойчивого развития общества.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний о географической среде и ее значении для жизнедеятельности человека и общества;
- развитие умения использовать знания по геоэкологии при разработке рекомендаций по сохранению целостности географической среды путем оптимизации хозяйственной деятельности человеческого общества, регламентации ресурсопотребления и решении других практических задач в области рационального природопользования;
- формирование практических навыков применения приемов и методов геоэкологических исследований.

Дисциплина «Геоэкология» относится к циклу общенаучных и общепрофессиональных дисциплин компонента учреждения высшего образования специальности 1-31 02 01 «География (направление 1- 31 02 01-02 Научно-педагогическая деятельность)»; к циклу специальных дисциплин государственного компонента специальности 1-33 01 02 «Геоэкология»; к циклу общенаучных и общепрофессиональных дисциплин (дисциплина по выбору) специальности 1-31 02 03 «Космоаэрокартография».

Назначение ЭУМК по дисциплине «Геоэкология» заключается в реализации требований образовательного стандарта и учебной программы, обеспечение непрерывности и полноты процесса обучения, систематизации и контроля знаний.

ЭУМК рекомендуется применять на практических занятиях по дисциплине «Геоэкология», в ходе выполнения управляемой самостоятельной работы студентов, в том числе на размещенных на Образовательном портале БГУ LMS Moodle, подготовке к текущему и итоговому контролю знаний по разделам дисциплины.

Содержание ЭУМК соответствует образовательным стандартам специальностей «Геоэкология», «География», «Космоаэрокартография» и учебной программе дисциплины «Геоэкология». Содержательная часть отражает основные достижения, проблемы и тенденции развития геоэкологии. Последовательно рассматриваются теоретические и методологические основы

геоэкологии; геоэкологические особенности функционирования, динамики и эволюции географической среды и ее компонентов, происходящие в ходе естественных тенденций их развития и антропогенного воздействия, геоэкологические аспекты функционирования природно-антропогенных геосистем, основные геоэкологические проблемы человечества и возможных путей их решения. В необходимой мере изложены практические вопросы применения приемов и методов геоэкологических исследований.

Структура ЭУМК включает теоретический раздел, практический раздел, раздел контроля знаний, вспомогательный раздел.

Теоретический раздел соответствует разделам учебной программы и включает такие вопросы как теоретические и методологические положения геоэкологии; геоэкологические особенности компонентов географической среды их современная динамика и эволюция; геоэкологические аспекты функционирования природно-антропогенных геосистем; глобальные геоэкологические проблемы особенности их регионального и локального проявления; геоэкологические проблемы Беларуси; международное сотрудничество в области геоэкологии и перспективы ее развития.

Практический раздел включает задания для проведения практических работ, управляемой самостоятельной работы студентов, тематика которых соответствует учебной программе. Структура каждого занятия учитывает возможность его самостоятельного выполнения студентами всех форм обучения и включает название темы, цель, форму проведения занятия, теорию и методику работы, материалы и оборудование, задание и методические указания по его выполнению.

Раздел контроля знаний содержит материалы текущей и итоговой аттестации, позволяющие определить степень усвоения материала. В блоке диагностики знаний для каждого раздела дисциплины разработан перечень вопросов для самоконтроля студентов и образцы тестовых заданий, носящих обучающий характер.

Вспомогательный раздел содержит список рекомендуемой литературы, электронных ресурсов и учебно-методическую карту дисциплины.

Цель ЭУМК по дисциплине «Геоэкология» заключается в повышении эффективности управления образовательным процессом с помощью внедрения инновационных образовательных технологий, обеспечения подготовки высококвалифицированных специалистов.

ЭУМК учебной дисциплины «Геоэкологи» должен обеспечить формирование следующих профессиональных компетенций специалиста.

Специальность 1-31 02 01 «География (направление 1- 31 02 01-02 Научно-педагогическая деятельность)»:

ПК-1. Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, законы и закономерности наук о Земле в профессиональной деятельности.

ПК-2. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в геофизике, геохимии, экологии и других науках естественнонаучного профиля. Разрабатывать методические подходы, выбирать приборы и оборудование, картографические

и справочные материалы и проводить научно-исследовательские работы в области наук о Земле.

ПК-3. Владеть основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, наличием навыков работы с компьютером как средством управления информацией.

ПК-4. Определять проблемы в области наук о Земле и осуществлять постановку научных задач, представляющих как теоретический интерес, так и практическую значимость в области глобального и регионального природопользования.

ПК-5. Проводить анализ результатов полевых и экспериментальных исследований и измерений, оценивать их достоверность и осуществлять математическую обработку.

ПК-10. Оценивать последствия антропогенного воздействия на окружающую среду, разрабатывать приемы территориальной оптимизации среды жизнедеятельности населения.

ПК-13. Анализировать исторические и современные проблемы экономической и социальной жизни общества, проблемы и тенденции его устойчивого развития.

ПК-14. Выбирать оптимальные рекомендации по разрешению отраслевых, региональных, национальных и глобальных проблем в области природопользования.

ПК-15. Выполнять анализ и математическую обработку результатов полевых и экспериментальных исследований в области наук о Земле.

ПК-16. Реализовывать на практике принципы и нормативы рационального природопользования.

ПК-17. Самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

ПК-20. Проводить комплексную географическую экспертизу природно-хозяйственных и социально-экономических проектов в различных отраслях природопользования.

ПК-23. Организовывать и проводить мониторинг окружающей среды, проводить паспортизацию социально-экономических объектов, поселений и территорий.

ПК-34. Взаимодействовать со специалистами смежных профилей.

ПК-35. Пользоваться глобальными информационными ресурсами для решения задач природопользования.

ПК-43. Разрабатывать и использовать в учебном процессе современное научно-методическое обеспечение.

ПК-44. Применять психолого-педагогические навыки в организации подготовки специалистов для высшей и средней школы

ПК-45. Готовить научные и учебно-методические доклады, материалы к мультимедийным презентациям на основе анализа информационных ресурсов, инновационных технологий, проектов и решений.

ПК-46. Знать современные проблемы природопользования, определять цели инновационной деятельности и способы их достижения.

Специальность 1-33 01 02 «Геоэкология»:

ПК-1. Использовать основные законы и закономерности наук о Земле в профессиональной деятельности.

ПК-4. Определять проблемы в области геоэкологии и осуществлять постановку научных задач, представляющих как теоретический интерес, так и практическую значимость в области природопользования.

ПК-5. Разрабатывать методические подходы, выбирать приборы и оборудование, картографические и справочные материалы и проводить научно-исследовательские работы в области геоэкологии.

ПК-6. Проводить анализ результатов полевых и экспериментальных исследований и измерений, осуществлять их математическую обработку и оценивать достоверность полученных результатов.

ПК-7. Формулировать из полученных в ходе полевых и экспериментальных исследований результатов корректные выводы и давать рекомендации по их практическому применению.

ПК-8. Составлять аналитические обзоры литературы по теме исследований, анализировать информационные и картографические данные по изучаемой проблеме, обосновывать целесообразность проведения научных исследований.

ПК-9. Составлять отчеты по научно-исследовательским работам, готовить научные доклады и статьи, сообщения, рефераты.

ПК-10. Выполнять полевые и лабораторные исследования состояния отдельных природных компонентов, природных, природно-антропогенных и социально-экономических комплексов.

ПК-12. Применять дистанционные аэрокосмические методы исследования для создания и использования ГИС прикладного назначения для отраслей природопользования.

ПК-16. Выполнять анализ и математическую обработку результатов полевых и экспериментальных исследований в области геоэкологии.

ПК-17. Реализовывать на практике принципы и нормативы рационального природопользования.

ПК-29. Планировать и организовывать проектно-производственную деятельность в области рационального природопользования.

ПК-47. Готовить научные и учебно-методические доклады, материалы к мультимедийным презентациям на основе анализа информационных ресурсов, инновационных технологий, проектов и решений.

ПК-48. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, уметь работать с электронными географическими картами и атласами и учебно-справочной литературой.

ПК-49. Знать современные проблемы природопользования, определять цели инновационной деятельности и способы их достижения.

Специальность 1-31 02 03 «Космоаэрокартография»:

ПК-2. Применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в области наук о Земле, проводить индикационное картографирование поверхности Земли на основе использования аэрокосмической информации.

ПК-6. Проводить анализ результатов полевых и экспериментальных исследований и измерений, оценивать их достоверность и осуществлять математическую обработку.

ПК-7. Формулировать из полученных полевых и экспериментальных результатов корректные выводы и давать рекомендации по их практическому применению.

ПК-12. Применять дистанционные аэрокосмические методы исследования для создания и использования ГИС прикладного назначения для отраслей природопользования.

ПК-15. Строить и использовать картографические модели для описания и прогнозирования различных явлений в природе, экономике и социальной деятельности

ПК-16. Создавать и использовать географические информационные системы прикладного назначения для системы землепользования, гидрометеорологии, лесного хозяйства, транспорта и других отраслей.

ПК-17. Самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности.

ПК-20. Прогнозировать последствия антропогенного воздействия на окружающую среду, социально-экономические результаты реализации программ экономического и социального развития, демографической ситуации, трансформации систем расселения, транспортных сетей и экономических связей на базе космических снимков и картографических моделей местности.

ПК-21. Организовывать и проводить картографическими методами мониторинг окружающей среды, проводить паспортизацию социально-экономических объектов, поселений и территорий.

ПК-32. Готовить научные и учебно-методические доклады, материалы к мультимедийным презентациям на основе анализа информационных ресурсов, инновационных технологий, проектов и решений.

ПК-33. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, уметь работать с электронными географическими картами, атласами и учебно-справочной литературой.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

основные теоретические положения, методологические подходы и понятия геоэкологии;

критерии и приемы рационального природопользования и оценки качества окружающей среды;

основные геоэкологические проблемы глобального, регионального и локального уровня, возможные направления и варианты их решения;

основные достижения, проблемы и тенденции развития геоэкологии;
уметь:

применять методологические подходы геоэкологии при анализе функционирования, динамики и эволюции географической среды;

анализировать основные геоэкологические проблемы глобального, регионального и локального уровня, возможные направления и варианты их решения;

выполнять геоэкологическую оценку качества окружающей среды;

выбирать оптимальные направления и варианты решения геоэкологических проблем на глобальном, региональном и локальном уровнях;

владеть:

базовыми геоэкологическими терминами и понятиями;

аналитическими, дистанционными и другими методами исследования качества окружающей среды;

основными приемами обработки, анализа и интерпретации геоэкологической информации;

формами геоэкологической деятельности.

Дисциплина «Геоэкология» на специальности 1-31 02 01 «География (направление 1- 31 02 01-02 Научно-педагогическая деятельность)» изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины отведено 100 часов, в том числе 52 аудиторных часа, форма получения образования - дневная. Распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 36 часов, практические занятия – 8 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов (из них 8 ДО). Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3,0 зачетные единицы. Форма текущей аттестации – зачет.

Дисциплина «Геоэкология» на специальности 1-33 01 02 «Геоэкология» изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины отведено 124 часа, в том числе 52 аудиторных часа, форма получения образования - дневная. Распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 36 часов, практические занятия – 8 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов (из них 8 ДО). Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3,0 зачетные единицы. Форма текущей аттестации – экзамен.

Дисциплина «Геоэкология» на специальности 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» изучается в 7 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины отведено 108 часов, в том числе 52 аудиторных часа, форма получения образования - дневная. Распределение аудиторных часов по видам занятий: лекции – 36 часов, практические занятия – 8 часов, управляемая самостоятельная работа – 8 часов (из них 8 ДО). Трудоемкость учебной дисциплины составляет 2,5 зачетные единицы. Форма текущей аттестации – зачет.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1. Аннотации учебных пособий по дисциплине

В теоретическом разделе приведены аннотации учебных пособий, которые находятся в Электронной и Фундаментальной библиотеках БГУ.

1. Геоэкология: курс лекций/ А. Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2002. – 101 с

Геоэкология: курс лекций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/40869>. – Дата доступа: 18.02.2021.

В курсе лекций дается анализ теоретических и методологических основ геоэкологии, рассматриваются геоэкологические особенности географической среды и ее компонентов, геоэкологические аспекты природопользования и функционирования природно-антропогенных геосистем.

Предназначено для студентов географического факультета специальности Н 33 01 03 «Геоэкология».

2. Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 01 «География», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А.Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с.

Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 Геоэкология, 1-31 02 01 География, 1-31 02 03 Космоаэрокартография / А. Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/157701>. – Дата доступа: 18.02.2021.

Практикум разработан в соответствии с программой дисциплины «Геоэкология» и содержит методику и приемы выполнения оценки геоэкологического состояния природных и природно-антропогенных геосистем. Включает задания для практических работ и управляемой самостоятельной работы.

Предназначено для студентов географического факультета специальности 1- 33 01 02 Геоэкология», 1-31 02 01 География, 1-31 02 03 Космоаэрокартография.

1.2. Конспект лекций по дисциплине

1.2.1. Теория и методология геоэкологии

Тема 1. Введение. Объект и предмет, цель и задачи геоэкологии

Роль географии и геоэкологии в познании объективного мира, решении задач оптимизации взаимодействия человека, общества и природы. В начале XXI века географическая наука вышла на качественно новый уровень своего развития, обусловленный возросшим значением географии в понимании сложных природных и социальных процессов и явлений, происходящих на нашей планете, в оптимизации использования ее пространства и освоении ресурсов, в решении проблем взаимоотношения природы и деятельности людей, в осмысливании будущего Земли и возможности развития человеческого общества с его постоянно растущими запросами.

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

Рассмотренные выше положения нашли свое отражение в определении географии. ***География** - целостная система естественных и общественных наук о закономерностях развития географической оболочки, структуре, функционировании и взаимодействии природных и социально-экономических территориальных систем, разрабатывающая принципы и нормативы рационального природопользования, оптимальной территориальной организации общества и формирования экологически устойчивой среды жизнедеятельности.*

На всем пути развития человеческого общества деятельность людей в большей или меньшей мере всегда была антагонистична природе.

Первый период охватывает эру наиболее примитивной культуры каменного века и первобытнообщинного уклада жизни. Это был самый

длительный период взаимодействия человека с природой, не вызвавший ее значительных изменений. Для него было характерно преклонение человека перед обожествленными им силами природы, пока еще таинственными, часто недобрыми, всегда неожиданными в своих проявлениях. Сравнительно малочисленные человеческие племена были в ту пору рассеяны по обширным пространствам Земли, и воздействие их на природу в основном ограничивалось рыболовством, охотой на диких животных и использованием отдельных горных пород для изготовления орудий труда и защиты.

Второму периоду соответствует время с начала землепользования (от VIII–VII вв. до н. э.) до становления промышленного производства (XV в. н. э.). Это период рабовладельческого и феодального общества, период активного развития скотоводства, земледелия и мореходства. Интенсивное сельскохозяйственное освоение земель, использование древесины как основного энергетического источника и строительного материала приводило к сокращению площади лесных массивов, активизации эрозионных процессов и другим необратимым неблагоприятным изменениям окружающей среды. Развитие мореходства способствовало расширению морского промысла, прежде всего добычи китов. Использование природных ресурсов вызывает необходимость познания законов природы, что приводит к ускорению развития науки – астрономии, медицины, математики, естествознания. Географические открытия этого времени коренным образом меняли представления о природе Земли, о ее лесных, водных, земельных и минеральных богатствах, раскрывали новые возможности использования этих богатств, казавшихся неисчерпаемыми. Из практического опыта познания природных законов формируются первые природоохранные положения, законодательства и традиции.

Третий период охватывает время с XVI по конец XIX в. Это эпоха становления и развития капитализма, постепенной концентрации производительных сил, развития частного предпринимательства, постоянных захватнических войн, приведших к разделу мира. Для этого периода прежде всего характерно активное освоение минерально-сырьевых ресурсов, развитие горного дела, металлургии и добычи угля. Развитие горнодобывающей и перерабатывающей промышленности привело к перераспределению химических элементов между недрами Земли и ее поверхностью, к нарушению геохимического баланса биосферы. Использование угля в качестве топлива, отсутствие дымоулавливающих и водоочистных сооружений приводило к быстрому загрязнению воздушного бассейна, речных систем, деградации растительного покрова. В связи с расширением и совершенствованием производства в капиталистических странах начался интенсивный процесс урбанизации. Все эти процессы привели к нарушению природных ландшафтов в промышленных районах, снижению плодородия земель на значительной территории.

Четвертый период взаимодействия человека с природой соответствует эпохе империализма и социальных революций (конец XIX–XX в.). В этот период концентрация производства, организация крупных промышленных объединений, охватывающих своим влиянием многие районы мира, приводят к

расширению их воздействия на окружающую природу, оно приобретает региональный, а затем глобальный характер. Возникает ситуация, при которой стремительное изменение природы человеком становится препятствием для дальнейшего развития производства. Создается реальная опасность истощения не только невозобновимых, но и возобновимых природных ресурсов. Гигантскими темпами возросла добыча нефти и газа. Нефть становится основным источником энергетического и химического сырья, транспортировка и переработка которого способствуют увеличению загрязнения среды и особенно океана. Значительная интенсификация горных разработок привела к повышению техногенного преобразования ландшафтов. Увеличилось и качественно изменилось геохимическое воздействие человека на природу. Создание обширных водохранилищ привело к изменению уровня грунтовых вод и водно-солевого баланса окружающих территорий, к развитию инженерно-геологических процессов на их берегах и в приповерхностных грунтах. Развитие производительных сил общества в XX в. потребовало многократно повысить выработку всех видов энергии, прежде всего электрической. Создание мощных тепловых электростанций способствовало возникновению совершенно нового – теплового загрязнения гидросферы и атмосферы. Развитие транспорта и различного рода радиотехнических устройств привело к возникновению очагов шума и повышению его общего уровня, часто превышающего допустимые для человека и фауны нормы.

Следует отметить, что ухудшение состояния окружающей среды и опасность истощения природных ресурсов привлекли внимание многих ученых к проблеме сохранения окружающей среды. Движение за сохранение окружающей среды в конце XX в. приобретает во многих странах мира массовый характер. Охрана окружающей среды становится самостоятельной отраслью научных исследований, технических и проектных разработок, промышленного бизнеса и даже направлением политики. Возникает и формируется представление о коэволюции человека и природы.

Пятый период взаимодействия человека с природой соответствует современному этапу развития человечества. Это эпоха научно-гуманитарной революции. Перед человечеством неотвратимо встала задача разумного, рационального природопользования, позволяющего удовлетворять жизненные потребности людей в сочетании с охраной и воспроизводством окружающей среды. С развитием общества степень антропогенного воздействия постоянно возрастает. Реальные сдвиги в нейтрализации этого влияния пока не очень велики, хотя ведутся значительные работы учеными разных специальностей. В этой связи возрастает необходимость более четкого теоретического обоснования, определения методологии изучения окружающей среды с целью оптимизации взаимодействия общества и природы. Сложность выполнения научных разработок в области природопользования, обусловленная необходимостью учета при их реализации целого ряда природных закономерностей и антропогенных факторов, вызывает необходимость вести широкие поисковые исследования, идти различными путями к их решению, используя для этой цели материалы и методы различных наук.

Современная география является результатом длительного исторического развития. В настоящее время она представляет собой единую систему *естественно-географических* и *общественно-географических* наук, изучающих географическую оболочку Земли, природные и социально-экономические территориальные системы (геосистемы) и их элементы. Существует довольно большая *смешанная группа* наук, отчасти прикладных, так или иначе связанных с географией, но имеющих междисциплинарный характер. Некоторые из них ближе к смежным системам наук, другие - к географии, но не могут быть категорически отнесены к какой-либо одной из двух ее главных подсистем.

Традиционные подходы к решению проблемы оптимизации взаимодействия общества и природы не могут удовлетворить постоянно возрастающие запросы практики и не всегда соответствуют современному уровню развития науки. Этими причинами и обусловлено появление в рамках наук географического цикла *нового научного направления – геоэкологии*.

История становления геоэкологии как научного направления. Взгляды на географию и биологию, их объекты исследований и сферы научных интересов, в настоящее время подвергаются лишь незначительным уточнениям.

Биология – *совокупность наук о живой природе, об огромном многообразии вымерших и ныне населяющих Землю живых существ, их строении и функциях, происхождении, распространении и развитии, связях с друг с другом и с неживой природой.*

Что касается взглядов на *экологию*, переживающую в последние несколько десятилетий период бурного развития, то они не столь однозначна. Термин «экология» был предложен в 1866 г. немецким биологом Э. Геккелем в работе «Всеобщая морфология организмов». В ней указывалось, что *экология* – *это наука об отношениях организмов к окружающей среде*. Несколько позже, в 1869 г. он писал, что экология исследует общее отношение животных как к их органической, так и неорганической средам, их дружественные и враждебные отношения к другим животным и растениям, с которыми они вступают в прямые и косвенные контакты, или, одним словом, все те запутанные взаимодействия, которые Ч. Дарвин условно обозначил как борьбу за существование. Под средой Э. Геккель понимал условия, создаваемые неорганической и органической природой. При этом к *неорганическим условиям* он относил физические и химические особенности мест обитания живых организмов: климат (температура, влажность, освещенность), состав воды и почвы, особенности атмосферы, а также неорганическую пищу (минералы и химические соединения). Под *органическими условиями* им подразумевались взаимоотношения между организмами, существующими в пределах одного сообщества или экологической ниши.

Ю. Одум отмечает, что как признанная самостоятельная научная дисциплина экология возникла около 1900 г. Сначала исследователи проводили резкую грань между экологией растений и экологией животных, но концепция биотического сообщества Ф. Клементса и В. Шелфорда, концепции пищевых цепей и круговорота веществ, разработанные Р. Линдеманом и Дж. Хатчинсоном, а также исследования озёрных систем, проведённые Э. Бирджем,

Ч. Джудеом и многими другими, помогли создать теоретическую основу общей экологии. В конце XX века Юджин Одум (1986) определял экологию как междисциплинарную область знаний, науку об устройстве многоуровневых систем в природе, обществе и их взаимодействии, об организмах «у себя дома», науку, в которой особое внимание уделяется «совокупности или характеру связей между организмами и окружающей их средой».

В настоящее время экология рассматривается, *во-первых*, как часть биологии, из недр которой она вышла во второй половине XIX века. В этом случае она представляет собой самостоятельную науку, имеющую свой объект и методы исследований. *Экология – наука о взаимодействиях организмов между собой и с косным веществом среды их обитания. Во-вторых*, экология рассматривается как комплексная дисциплина, призванная решать проблемы взаимоотношения человеческого общества и окружающей среды.

С середины XX века, в связи с усиливающимся воздействием человека на природу, экология приобрела особое значение как научная основа рационального природопользования и охраны живых организмов. Поэтому *современную экологию* в широком понимании следует определять, как проблемно ориентированный междисциплинарный комплекс знаний.

В процессе развития и взаимодействия биологии, экологии и географии сформировалось по меньшей мере два направления: *биоэкология и геоэкология*. Термин «биоэкология», как отмечает Н.Ф. Реймерс (1990) используется для обозначения экологии в первоначальном её понимании, которое предложил Э. Геккель. То есть под биоэкологией, очевидно, следует понимать раздел традиционной, классической биологии, занимающийся изучением отношения организмов между собой и окружающей средой.

Понятие о геоэкологии как новой самостоятельной науке географического цикла было введено в конце 30-х годов XX века К. Троллем в качестве синонима двух терминов, предложенного им ранее термина «ландшафтная экология» и идентичного, по его представлениям, термина «биогеоценология». В рамках этой науки предполагалось объединение «горизонтального» и «вертикального» подходов исследования ландшафтов, изучение взаимодействия составных частей природного комплекса и воздействия общества на природную составляющую ландшафта путем анализа баланса вещества и энергии. К. Тролл намечил, таким образом, новое научное направление на стыке физической географии и экологии. Троллевское понимание геоэкологии, по сути, близко, если не тождественно, ландшафтоведению, отличаясь скорее особой нацеленностью на изучение экологических свойств и функций ландшафтов (геосистем). К. Тролл считал необходимым сближать географический ландшафтный и биолого-экологический подходы, полагая, что географии необходимо глубокое экологическое знание, а экология в свою очередь должна ещё больше, чем прежде, основное внимание уделять региональной дифференциации и картированию «жизненных ассоциаций». На основе совместных усилий этих двух наук должны развиваться комплексные исследования Земли и жизни на ней. Впервые термин «геоэкология» был опубликован в 1966 году. Затем, уже с

другой смысловой нагрузкой это понятие стало использоваться не только географами, но и биологами и геологами.

В настоящее время он применяется в географических, геологических, социальных и других науках при решении проблем природоохранной направленности. По сути «геоэкология» – термин свободного пользования, требующий при его употреблении комментария, отражающего точку зрения автора. Современные географы – сторонники новой науки или научного направления – трактуют содержание геоэкологии более широко, чем К. Тролль.

Во-первых, в отличие от К. Тролля, в объект исследования включаются не только природные, но и антропогенные ландшафты. *Во-вторых*, четко обозначается целевая направленность науки – оптимизация природопользования. Основываясь на специфике геоэкологического подхода, многие географы пересечение своей науки с экологией связывают с формированием новой дисциплины – *геоэкологии*. Во всех случаях *геоэкология* определяется как наука о взаимоотношениях человека с окружающей средой, общества с природой, хотя не всегда четко формулируется самостоятельный предмет ее исследования, цели и задачи.

Современные научные представления о геоэкологии. Геоэкология – новое междисциплинарное направление, формирующееся на стыке географии и экологии.

Геоэкология – наука о свойствах и закономерностях развития географической среды и слагающих ее природных и природно-антропогенных геосистем, разработке теоретических основ, принципов и нормативов рационального природопользования, устойчивого развития общества и оптимизации его взаимодействия с окружающей средой.

Биоэкология – наука, изучающая взаимоотношение живых организмов и образуемых ими сообществ друг с другом и окружающей средой.

Объект изучения геоэкологии – географическая среда как часть географической оболочки, преобразованная человеком.

Предмет геоэкологии – изучение природных и природно-антропогенных геосистем различного иерархического уровня на основе гуманитарно-экологического подхода.

Гуманитарно-экологический подход – это совокупность взглядов и действий, выражающихся в уважении достоинства и прав человека, его ценности как личности, заботе о благе людей, их всестороннем развитии, создании благоприятных для человека условий среды жизнедеятельности с учетом экологических ограничений.

Основная цель геоэкологии – сведение к минимуму негативных последствий разнообразной эксплуатации природы человеческим обществом.

Данная трактовка геоэкологии позволяет устанавливать границы исследуемых геосистем в зависимости от решаемой задачи, объединить две ветви географии, физическую и социально-экономическую, для решения насущных практических задач рационального природопользования. Геоэкология является теоретической и методологической основой рационального природопользования, она призвана решать проблемы, связанные

с созданием и сохранением оптимальной среды жизнедеятельности человеческого общества при минимальных изменениях окружающей среды.

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

Главные задачи геоэкологии:

- изучение природных и природно-техногенных геосистем различного иерархического уровня с целью оптимизации их функционирования, динамики и эволюции;
- исследование источников антропогенного воздействия на природную среду, их интенсивности и пространственно-временного распределения;
- геоэкологическое исследование устойчивости природной среды, которая подвергается антропогенному воздействию;
- изучение проблем организации и проведения мониторинга окружающей среды;
- оценка, моделирование и прогноз последствий антропогенных воздействий на глобальном, региональном и локальном уровнях;
- разработка рекомендаций по сохранению целостности географической среды путем оптимизации хозяйственной деятельности человеческого общества и регламентации ресурсопотребления и др.

Область исследований геоэкологии:

1. Глобальные геосферные жизнеобеспечивающие циклы – изучение роли геосферных оболочек Земли в глобальных циклах переноса химических элементов.

2. Глобальная геодинамика и ее влияние на состав, состояние и эволюцию окружающей среды.

3. Влияние геологической среды на изменение климата, дегазацию, геофизические и геохимические поля, геоактивные зоны Земли.

4. Геологическая среда и ее изменения под влиянием урбанизации и хозяйственной, в том числе горнодобывающей, деятельности человека.

5. Источники воздействия на геологическую среду и их последствия.

6. Возникновение и развитие опасных геологических процессов, тенденции и прогноз развития, влияние на хозяйственную деятельность.

7. Факторы и условия формирования литогеохимических аномалий в условиях техногенеза, экологические последствия.

8. Экология подземной гидросферы в условиях техногенеза.

9. Теоретические, методологические, экспериментальные и прикладные проблемы оптимизации взаимоотношений общества и природы.

Междисциплинарные аспекты стратегии выживания человечества и разработка научных основ регулирования качества окружающей среды.

10. Экологические кризисы в естественной истории Земли. Исторические реконструкции и прогноз современных изменений природы.

11. Природные и природно-антропогенные геосистемы различного иерархического уровня, как средообразующие и ресурсовоспроизводящие системы, их экологическое состояние, устойчивость, ландшафтное разнообразие.

12. Загрязнение и деградация природных и природно-антропогенных геосистем, пути и методы их оптимизации.

13. Геоэкологические аспекты рационального использования природных ресурсов.

14. Геоэкологические аспекты медицинской географии и экологии человека.

15. Система организации, принципы и методы мониторинга окружающей среды.

16. Создание, оптимизация и использование геоинформационных систем в геоэкологии.

17. Геоэкология городской среды, урбанизированных, рекреационных и сельскохозяйственных ландшафтов.

18. Источники воздействия и техногенные нагрузки на ландшафты. Оценка, моделирование и прогноз антропогенных воздействий, изменений природной среды и их последствий.

19. Стихийные природные явления, чрезвычайные техногенные ситуации и их геоэкологические последствия.

20. Влияние климата и погоды на здоровье человека и различные сферы хозяйственной деятельности; оценка уязвимости и адаптации различных отраслей экономики к изменениям климата.

21. Влияние геосферных оболочек, естественных процессов и антропогенных факторов на изменение климата и геоэкологическое состояние окружающей среды.

22. Региональные и глобальные экологические проблемы, и их решение. Экологический риск, его оценка и управление риском.

23. Оптимизация природопользования, регламентация и нормирование ресурсопотребления. Управление качеством окружающей среды.

24. Теория, методы, технологии и технические (в том числе строительные) средства оценки состояния, защиты, восстановления и управления природно-техническими системами, включая агросистемы.

25. Специальные экологически и технически безопасные конструкции, сооружения, технологии строительства и режимы эксплуатации объектов и систем в области природопользования и охраны окружающей среды; экологически безопасное градостроительство.

26. Технические средства, технологии и сооружения для прогноза изменений окружающей среды и ее защиты, для локализации и ликвидации негативных природных и техногенных воздействий на окружающую среду.

27. Технические средства контроля и мониторинга состояния окружающей среды; программные продукты по обеспечению функционирования систем мониторинга.

28. Технические методы и средства безопасной утилизации, хранения и захоронения промышленных, токсичных и радиоактивных отходов.

29. Теория и методы оценки экологической безопасности существующих и создаваемых технологий, конструкций и сооружений, используемых в процессе природопользования.

30. Методы и технические средства оперативного обнаружения, анализа причин и прогноза последствий чрезвычайных ситуаций, угрожающих экологической безопасности. Разработка методов и приборов для исследования и количественной оценки влияния антропогенного воздействия на природную среду, его интенсивности и пространственно-временного распределения. Аэрокосмические и геоинформационные методы и технологии оценки состояния природной среды и природопользования.

31. Разработка и совершенствование государственного нормирования и стандартов в природопользовании, в оценке состояния окружающей среды.

32. Создание математических моделей, разработка численных методов и комплексов программ для количественной оценки природно-ресурсного потенциала территорий, антропогенной нагрузки на геосистемы различного иерархического уровня, устойчивости геосистем, нормирования антропогенных нагрузок и прогнозирования влияния хозяйственной деятельности на природные комплексы.

33. Разработка эколого-безопасных технологий при использовании природных и утилизации вторичных ресурсов, а также инженерных методов реабилитации природных комплексов.

34. Динамика, механизм, факторы и закономерности развития опасных природных и техногенных процессов, прогноз их развития, оценка опасности и риска, управление риском, превентивные мероприятия по снижению последствий катастрофических процессов, инженерная защита территорий, зданий и сооружений.

35. Разработка инженерно-технических средств и методов, направленных на снижение ущерба геосистемам от стихийных природных и техногенных катастроф.

В настоящее время, географию пытаются вытеснить с ее традиционного поля деятельности. В частности, как будто не подозревая о существовании географии, три доктора философии А.Д.Урсул, Ю.Ю.Галкин и А.М.Анохин (2000) развивают мысль о становлении новой науки - *социальной экологии* - и ее задачах: «Социальная экология прежде всего изучает влияние способа производства, производственной деятельности человека на природную среду, а также влияние на общество и собственно на человека... Ее можно трактовать и как прогностическое научное исследование, направленное на решение конкретных проблем... исходное начало социальной экологии - противоречие между природой и обществом. Основными в ее категориальной системе являются понятия «биосфера», «общество», «человек», «окружающая среда» и

др. Социальная экология призвана формулировать качественно новые типы законов, отражающих взаимосвязь природы, технико-технологической сферы жизни общества и человека...». И ни одного слова, ни одного намека хотя бы о какой-то связи социальной экологии в интерпретации авторов с географией. И этот пример не единичный.

Проблемы взаимодействия природы и общества, не разрушающего целостности географической оболочки на ее нынешнем биосферном (антропосферном) этапе развития, чрезвычайно сложны и не могут быть решены в рамках одной науки. Необходима консолидация усилий представителей разных научных направлений ученого сообщества. Вместе с географами, но не вместо их. Формирующаяся геоэкология во многом по-другому начинает раскрывать известные ранее законы природы и подошла к открытию новых. Тем самым она оказывает мощное воздействие на развитие общества. Геоэкология будет одной из важных наук в XXI веке.

Тема 2. Теоретические и методологические основы геоэкологии

Базовые теоретические и методологические положения геоэкологии.

Теория (греч. *theoria* - наблюдение, рассмотрение, исследование) - система обобщенного достоверного знания о том или ином «фрагменте» действительности, которая описывает, объясняет и предсказывает функционирование определенной совокупности составляющих его объектов.

Методология – система принципиальных положений науки тесно связанных с философией, представляющих собой свод основных абстракции, закономерно вытекающих из истории, накопленных теоретических исследований и из практического применения данной науки.

Теория и методология геоэкологии базируются на:

- **законах диалектического материализма:** о реальности мира, его единстве, всеобщей связи явлений, о его движении и изменении;
- **трех общенаучных аксиомах:** системной, иерархической, временной;
- **двух космо- и геогенетических аксиомах:** планетарной, земледовческой.

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

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

Временная аксиома. Все, что мы наблюдаем в современном исследовании, есть следствие развития того фрагмента материального мира, который мы

изучаем. В то же время — это лишь момент в общем ходе прошлого и будущего развития.

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

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

Содержание и соотношение основных геоэкологических понятий и терминов. *Географическая оболочка* – оболочка Земли, в пределах которой соприкасаются, взаимно проникают в друг друга и взаимодействуют литосфера, гидросфера, атмосфера и биосфера.

Географическая среда – это часть географической оболочки, в наибольшей степени измененная человеком в процессе развития цивилизации и тождественная его современной окружающей среде, поскольку практически все земные сферы находятся под тем или иным антропогенным воздействием, приводящим к значительному изменению географического пространства.

Окружающая среда – совокупность абиотической, биотической и социальной сред, совместно и непосредственно оказывающих влияние на людей и их хозяйство.

Географическая оболочка и географическая среда являются сложными динамическими геосистемами, подчиняющимися принципам всеобщей связи, взаимообусловленности и развития, постоянно изменяющиеся в результате своего функционирования и обладающими рядом специфических свойств, таких как: устойчивость, саморегулирование, гетерохронность, унаследованность, инерционность, транзитивность, лабильность и других.

По отношению к задачам человечества в масштабах времени нескольких поколений географическая оболочка выполняет *четыре основные функции*:

- поддержание систем жизнеобеспечения человека и общества;
- поглощение и переработка продуктов жизнедеятельности человечества;
- воспроизводство возобновимых природных ресурсов;
- обеспечение невозобновимыми природными ресурсами.

Закон незаменимости географической оболочки: никакая созданная человеком искусственная окружающая среда не сможет обеспечить стабильное состояние географической оболочки лучше, чем существующая природная среда.

Закон обратной связи взаимодействия человека и географической оболочки. Изменение взаимодействия между природой и человеком приводит к переменам в природе и формах хозяйства. Формы хозяйства меняются вследствие изменения природы. В свою очередь, изменение хозяйственной деятельности приводит к переменам в природе.

Природная среда – совокупность природных и незначительно измененных деятельностью людей абиотических и биотических естественных факторов, рассматриваемая вне зависимости от непосредственных контактов с человеком.

Природные условия – это тела и силы природы, которые на данном этапе развития производительных сил существенны для жизни и деятельности человеческого общества, но не участвуют непосредственно в материальном и нематериальном производстве.

Природное разнообразие – совокупность представителей растительного и животного мира, природных комплексов, которые сформировались в процессе развития жизни на Земле.

Природные ресурсы – часть всей совокупности природных условий и важнейших компонентов природной среды, которые используются либо могут быть использованы для удовлетворения разнообразных потребностей общества, поддержания условий существования человечества и повышения качества жизни.

Охрана окружающей среды – комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния деятельности человека на природу.

Природопользование – совокупность всех форм эксплуатации природно-ресурсного потенциала для удовлетворения материальных и культурных потребностей человека и мер по сохранению этого потенциала.

Геоэкологические последствия – изменения окружающей среды и социально-экономических условий жизнедеятельности человека, возникающие в результате негативного воздействия антропогенных и природных факторов.

Глобальные проблемы – совокупность природно-экологических и социально-экономических проблем, от решения которых зависит развитие человечества и сохранение цивилизации.

Стратегия устойчивого развития – стратегия, обеспечивающая сбалансированное решение социально-экономических задач, проблем сохранения благоприятного состояния окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений людей.

Ноосфера – гипотетическое будущее состояние общества и его взаимодействия с природой, в котором приоритетное место будет занимать разум.

Закон ноосферы В. И. Вернадского. Биосфера неизбежно превратится в ноосферу, где разум человека будет играть доминирующую роль в развитии человечества и решении проблем взаимодействия человека и природы.

Многие считают, что с развитием цивилизации возрастает роль человека в регулировании и управлении процессами естественного развития биосферы. Но не все понимают, *что управлять люди должны не природой, а прежде всего своей деятельностью.* Формирование ноосферы возможно только на основе сохранения природной среды обитания человека.

Особенности восприятия человеком геоэкологических проблем окружающей среды. Подавляющее большинство случаев значительных вторжений человека в природную среду приводит к негативным последствиям, но люди ведут себя до аномальности странно, хотя и совершенно закономерно.

Они оправдывают свои действия, пользуясь *тремя основными приемами страуса:*

- принципом инстинктивного отрицания - признания,
- принципом обманчивого благополучия,
- принципом удаленности события.

Принцип инстинктивного отрицания - признания состоит в том, что факты и закономерности, в глубине подсознания, концептуально отрицаемые составителем модели, неосознанно исключаются им из нее, а фактам, признаваемым верными, инстинктивно придается больший вес, чем они имеют в реальности. В конечном итоге получается результат, который был «желаем» составителю модели и к которому исследователь подсознательно и сознательно стремился, или результат, близкий к субъективно желаемому (но не объективному) положению вещей.

Принцип обманчивого благополучия связан с излишней поспешностью суждений - первые успехи или неудачи в природопользовании могут быть кратковременными: успех мероприятия по преобразованию природы или управлению ею объективно может быть оценен лишь после выяснения хода и результатов природных цепных реакций в пределах естественного природного цикла (от немногих лет до их десятков) и лишь после возникновения нового уровня экологического баланса.

Принцип удаленности события состоит в том, что явления, отдаленные во времени и в пространстве, психологически кажутся менее существенными.

Указанные выше три принципа поведения людей, ведущие к ошибкам в природопользовании и мешающие рациональной экологической политике, необходимо тщательно учитывать. Но к пониманию этого приходится идти длинным путем, определяемым **правилом экономико-экологического восприятия**, сформулированного Дж. М. Стайкосом в виде *четырех фаз восприятия проблем окружающей среды*: ни разговоров, ни действий; разговоры, но бездействие; разговоры, начало действий; конец разговоров, решительные действия.

По-видимому, в дальнейшем человек с его сознанием, мировоззрением, культурой и привычками должен претерпеть радикальные изменения. Речь может идти о формировании нового человека, который в отличие от

нынешнего, относящегося к виду *Homo sapiens*, может быть причислен к виду *Homo ecologus*.

Человек, который до сих пор заселяет Землю, при всей его разумности тем не менее не обладает главным свойством, обязательным для любого живого организма, – *свойством экологического самообеспечения*. Без этого свойства человек не имеет будущего, а обретя это свойство, он настолько изменится по своим взглядам, системе ценностей, по своему отношению к природе и к себе подобным, что это уже будет другое существо, лишь внешне напоминающее прежнее. Вот почему для этого нового существа потребуется новое название.

В целом в современном мире совершается переход от эпохи до экологической к эпохе геоэкологической. Этот переход должен произойти обязательно, так как в зависимости от него находится судьба рода человеческого. От того, сможет ли человек стать экологическим существом, зависит, быть ему на Земле или не быть. Можно сказать, что идет своего рода экзамен на подлинную разумность человека. На ту разумность, к которой очень высокие требования предъявлял в свое время *И. Кант*, полагавший, что *только в единстве с нравственным долгом рассудочная способность человека обретает черты разумности и мудрости*.

Пришло время воссоединения логики мышления и нравственности чувств как условия самосохранения человека путем сохранения среды жизни. Само собой, такое преобразование человека не произойдет. Для этого требуется новая система образования и воспитания человека современной эпохи. Приобщение к геоэкологическим знаниям – обязательное условие новой системы образования, так как нужно прежде всего *знать*, что *делать* человеку и как *вести* себя в новых условиях. Но и этого недостаточно, так как преобразованием должна быть охвачена вся эмоциональная сфера человека вплоть до формирования у него высокого *чувства ответственности* перед природой и теми последующими поколениями, которые придут ему на смену и которым он должен оставить Землю в пригодном для жизни состоянии.

Фундаментальные, поисковые и прикладные геоэкологические исследования. Наука представляет собой сферу человеческой деятельности, функцией которой являются выработка и теоретическая систематизация объективных знаний о действительности. В широком смысле слова *наука* – *это одна из форм общественного сознания, представляющая собой исторически сложившуюся и непрерывно развивающуюся на основе практики систему знаний о природе, обществе и мышлении, об объективных законах их развития*.

По *способу изучения* научные исследования подразделяются на *теоретические* и *эмпирические*.

Теоретические исследования направлены на создание теоретических моделей объектов или явлений, которые в логической форме отображают объективные связи объективно существующего мира. Как естественнонаучные, так и общественнонаучные теории обусловлены исторической обстановкой, в которой они возникают, исторически данным уровнем производства, техники, эксперимента, науки. Большое значение для возникновения и развития теорий, особенно общественных, имеют социальные условия, господствующие в тот

или иной период порядка, благоприятствующие или, напротив, тормозящие создание научных теорий. Критерием истинности теории является практика.

Эмпирические исследования включают в себя все формы познавательной деятельности, осуществляемой с помощью экспериментов и наблюдений, в целях получения новой научной информации об изучаемом объекте.

Теоретические и эмпирические исследования тесно связаны между собой, поскольку, с одной стороны, без теоретического обобщения невозможен целенаправленный эксперимент, с другой стороны, теоретические обобщения нуждаются в экспериментальной проверке.

По **области использования** результатов научные исследования делятся на: *фундаментальные и прикладные*. **Фундаментальные исследования** подразделяются: на *собственно фундаментальные*, цель которых - открытие основополагающих новых законов природы; *целенаправленные фундаментальные*, ориентированные на конкретные изыскания и разработки новых способов и средств познания процессов или явлений.

Собственно фундаментальные исследования, как правило, составляют небольшой процент от общего объема научных исследований. Новые фундаментальные открытия чрезвычайно трудно предвидеть даже в самых общих чертах. Открытие может обладать значительной фундаментальностью, но не иметь в данный исторический момент никакого практического приложения, вследствие чего в науке планируется не открытие, а направление ведения поиска.

Результаты *целенаправленных фундаментальных* исследований, как правило, могут быть непосредственно использованы при проведении работ прикладного характера. По оценкам специалистов, вероятность получения практически применимых результатов составляет 50-70%. Научная значимость (фундаментальность) конечного продукта исследований – это его место в иерархическом ряду существующей системы знаний, определяющей общую картину мира. Научная ценность определяется внутри самой науки.

Прикладные научные исследования направлены на непосредственное создание новых: технических средств, технологий, предметов потребления. Они имеющих конкретное практическое применение в различных отраслях науки и техники. Прикладные исследования базируются на результатах фундаментальных исследований, т. е. на уже известных законах.

Любое научное исследование начинается *со стратегии поиска*, которая включает: определение предмета поиска; постановку проблемы или выбор задачи в рамках существующей проблемы; направление (алгоритм) поиска; его организацию. Результат поиска может быть, как положительным, так и отрицательным. Без точной формулировки проблемы (задачи) научное исследование осуществить невозможно.

Проблемой называется *осознанное противоречие между имеющимся знанием, существующей моделью явления или процесса к непознанной ее частью, аномалией, на преодоление которой направлена, деятельность ученого*. Для решения проблемы необходимо получить *новое знание*, которое либо совершенствует имеющуюся модель, либо меняет наши научные

представления. Просто незнание не может являться проблемой, поскольку, если исследователь не знает, что он должен искать, то он не может оценить результаты своего поиска.

Сформулировать задачу в рамках проблемы – значит определить *цель, средства и методы исследования*. Разумеется, задачи исследования и сама реализация их должны быть обоснованы и оправданы в зависимости от наличия средств. Решение задачи, как правило, предполагает конкретный ответ. Если не разработаны методы, то усилия направляются на их разработку. При этом работа носит методический характер, поскольку ставятся методические задачи.

Методологические задачи предусматривают выработку правил создания самих методов и средств изучения предмета и определяют требования к ним. *Теоретический тип задач* предполагает составление теоретических моделей и последующую их апробацию на реальном материале. Эти типы задач часто взаимодействуют между собой и решаются параллельно, хотя содержание и назначение их различно. Ясно, что без решения всех типов перечисленных частных задач невозможно получить корректное общее решение изучаемой проблемы, успех научного поиска зависит от их комплексного разрешения.

Решение научной проблемы начинается с разработки *гипотетической модели*, т. е. делается предположение о ходе процесса, явления или их результатах, которые необъяснимы на основе прежнего знания. Поскольку любой объект обладает бесчисленным множеством характеристик, модель строится как идеализация реальных объектов, которые лишь по каким-либо признакам, параметрам подобны исходным. Один из основоположников кибернетики П. Винер писал, что лучшая материальная модель кошки была бы сама кошка, но пользы от такой модели было бы немного.

Следовательно, *гипотеза* представляет собой *предположительно новое знание о некоторых свойствах объекта, истинность или ложность которых еще нужно доказать*. Характерно, что для решения или толкования одного и того же вопроса может быть выдвинуто несколько конкурирующих гипотез. Выбор между конкурирующими гипотезами обычно обосновывается фактическим материалом. Как правило, каждая из гипотез имеет в своем потенциале достаточный набор убедительных аргументов, но никакое количество опытных подтверждений не гарантирует истинности гипотезы, а делает ее только более правдоподобной. *Перспективность* выдвинутой гипотетической модели, ее развития определяется теоретической и практической проверкой. *Практическая проверка* гипотетической модели предусматривает проведение эксперимента, положительные или отрицательные результаты которого указывают на применимость гипотезы или ее ложность в конкретных условиях. *Теоретическая проверка* основывается на создании новых гипотетических моделей, учитывающих различные свойства идеальной модели изучаемого явления или процесса.

Тема 3. Геосистемная концепция и ее значение в геоэкологии

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

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

В 1963 г. В. Б. Сочава предложил называть объекты, изучаемые физической географией, геосистемами. По его мнению, *геосистема – это особый класс управляющих систем, земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты природы находятся в системной связи друг с другом и как определенная целостность взаимодействуют с космической сферой и человеческим обществом.* До сих пор существуют различия в определении понятия геосистема, во взглядах на его объем и содержание.

В настоящее время понятие «геосистема» применяют для обозначения любых территориальных комплексов, сформировавшихся на поверхности Земли, - природных, социальных, природно-социальных, эколого-социально-экономических и т.д. Такое широкое толкование геосистемы не является недостатком. Оно свидетельствует о стремлении географов разных специальностей использовать системный подход в своей работе. В слове «геосистема» первая часть указывает на территориальность как важное свойство системы. Это необходимо подчеркнуть потому, что многие системы не являются территориальными (например, организмы животных, человек, сложные технические устройства и т.д.).

Геосистемы выявляются на определенной территории. Значит, на их специфику будут влиять площадь, конфигурация и другие территориальные особенности. *Все понятия, характеризующие геосистемы, разделяются на две группы. К первой группе* относятся понятия, характеризующие их внутреннее строение: «элемент», «компонент», «связь», «отношение», «среда», «целостность», «структура», «организация» и др. *Ко второй – относящиеся к функционированию:* «функция», «устойчивость», «равновесие», «регулирование», «обратная связь», «управление» и др. Кроме того, геосистемы характеризуются с точки зрения формирующих их процессов: «генезис», «эволюция», «становление» и др.

Под **компонентами геосистем** понимают крупные постоянные составные части их вертикального строения или входящие в них фрагменты отдельных сфер географической оболочки: атмосферы; литосферы, гидросферы и биосферы. Взаимодействие и развитие геосфер усложняет свойства геосистем. В связи с этим при их анализе возникает необходимость расчленения компонентов на элементы. **Элементы геосистем** – простейшие частицы компонентов, из комбинации которых складывается многообразие объектов реального мира. Элементы, как правило, характеризуют отдельные свойства или состояния компонентов.

Однако геосистема – это не просто хаотическая совокупность элементов, а сложное материальное образование, пространственно-временная система, обладающая определенной структурой и развивающаяся как единое целое. Сопоставление понятий «система», «геосистема», «природно-территориальный комплекс» (ПТК), «ландшафт» позволяет сделать вывод об общности их основных свойств как сложных динамических систем и определить их некоторые отличительные особенности.

Понятие «геосистема» более широкое, чем ПТК или «ландшафт», поскольку охватывает весь иерархический ряд природных и природно-антропогенных географических единств. Для конструирования геосистем не существует ограничений; достаточно двух географических объектов, между которыми существуют какие-либо отношения. Понятие «комплекс» предполагает не любой, а строго определенный набор взаимосвязанных компонентов. В ПТК должны входить некоторые обязательные компоненты.

При всем многообразии трактовки понятия «геосистема» их объединяет главное – признание геосистем, системами, реально существующими на земной поверхности, подчиняющимися принципам всеобщей связи, взаимообусловленности и развития. Свойства геосистем определяются их иерархическим уровнем, теснотой связи слагающих их компонентов и происходящими в них эволюционными и динамическими процессами. Геосистемы, являясь открытыми системами, обладают пространственно-временной организацией, обусловленной взаимосвязанностью, качественными отличиями состояния и различиями связей со средой образующих их компонентов. Кроме основных рассмотренных нами свойств геосистемы обладают и другими, позволяющими заключить, что: **геосистемы** – это сложные динамические системы, представляющие собой целостные образования с устойчивой структурой внутренних и внешних связей, позволяющей им обмениваться веществом, энергией и информацией как между собой, так и с окружающей средой.

Геоэкологические закономерности функционирования, динамики и эволюции геосистем. Связи в геосистемах играют огромную роль, так как именно они определяют целостность геосистемы, ее устойчивость. Существуют различные классификации этих связей по интенсивности, направленности и т. д. В геосистемах прежде всего различают *вертикальные (межкомпонентные)* и *горизонтальные (межгеосистемные)* связи. Они тесно взаимодействуют между

собой и переходят друг в друга и могут быть односторонними, двусторонними, прямыми, обратными, положительными, отрицательными и т. д.

Процесс взаимосвязей в геосистемах не является простой передачей вещества, энергии и информации между компонентами или геосистемами. Под влиянием внешних факторов или саморазвития вещественно-энергетические и информационные потоки постоянно трансформируются и геосистемы приобретают или утрачивают прежние свойства, то есть изменяются. Процесс изменения геосистем осуществляется в ходе их *функционирования, динамики и эволюции*.

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

Выделяется несколько *типов развития* геосистем:

- *равновесный режим* – изменения незначительны (неразвивающихся систем нет);
- *периодический режим* – колебательное состояние (маятниковое), система периодически меняет свое состояние, но в пределах одного инварианта;
- *переходный режим* – переход геосистемы из одного равновесного состояния в другое, например, олиготрофное озеро, превращается в эвтрофное;
- *тренд* – направленное развитие, например, накопление в атмосфере CO₂ - парниковый эффект - повышение температуры воздуха.

С функционированием и динамикой *геосистем* тесно связан ряд их *свойств*, таких как:

- **устойчивость** – способность сохранять инвариантные свойства и характер функционирования при внешних воздействиях;
- **саморегулирование** – способность поддерживать на определенном уровне типичные состояния, режимы и связи между компонентами;
- **гетерохронность** – сосуществование в геосистеме элементов различного возраста;
- **унаследованность** – сосуществование элементов, которые включены в систему энергомассообмена геосистем, но возникли и оптимально функционировали при иных условиях;
- **транзитивность** – способность элементов геосистемы при различных гидротермических условиях переходить из зонального состояния в провинциальное;

- **инерционность** – способность некоторых элементов прошлой геосистемы существовать в условиях современного режима;
- **лабильность** – способность отдельных элементов геосистемы изменяться с различной скоростью;
- **эмерджентность** – появление у взаимодействующих геосистем новых свойств, отсутствующих у каждой из них в отдельности.

На геосистемы так же распространяются общесистемные законы, правила и принципы обобщенные и сформулированные Н. Ф. Реймерсом.

Закономерности сложения систем.

Аксиома эмерджентности – целое всегда имеет особые свойства, отсутствующие у его частей-подсистем и не равно сумме элементов, не объединенных системообразующими связями.

Закон необходимого разнообразия – никакая система не может сформироваться из абсолютно идентичных элементов.

Закон полноты составляющих – число функциональных составляющих системы и связей между ними должно быть оптимальным - без недостатка или избытка в зависимости от условий среды или типа системы.

Правило конструктивной эмерджентности – надежная система может быть сложена из ненадежных элементов или из подсистем, не способных к индивидуальному существованию.

Закон перехода в подсистему, или принцип кооперативности – саморазвитие любой взаимосвязанной совокупности, ее формирование в систему приводит к включению ее как подсистемы в образующуюся или существующую надсистему: относительно однородные системные единицы образуют общее целое.

Закон увеличения степени идеальности (Г.В. Лейбница) – гармоничность отношений между частями системы историко-эволюционно возрастает.

Закон оптимальности – с наибольшей эффективностью любая система функционирует в некоторых характерных для нее пространственно-временных пределах (или никакая система не может сужаться или расширяться до бесконечности).

Закономерности внутреннего развития систем.

Закон вектора развития - развитие однонаправленно.

Закон усложнения системной организации (К.Ф. Рулье) – историческое развитие живых организмов (а также всех иных природных и социальных систем) приводит к усложнению их организации путем нарастающей дифференциации функций и органов (подсистем), выполняющих эти функции.

Закон неограниченности прогресса – развитие от простого к сложному эволюционно неограниченно (в рамках эволюции крупных космических систем).

Закон последовательности прохождения фаз развития – фазы развития природной системы могут следовать лишь в эволюционно и функционально закрепленном (исторически, эволюционно, геохимически и физиолого-биохимически обусловленном) порядке, обычно от относительно простого к сложному, как правило, без выпадения промежуточных этапов, но,

возможно, с очень быстрым их прохождением или эволюционно закрепленным отсутствием.

Общий системогенетический закон – природные (а возможно и все) системы в индивидуальном развитии повторяют в сокращенном и нередко закономерно измененной и обобщенной форме эволюционный путь развития своей системной структуры.

Закон неравномерности развития систем или закон разновременности развития (изменения) подсистем в больших системах – системы одного уровня иерархии (как правило, подсистемы системы более высокого уровня организации) развиваются не строго синхронно - в то время, когда одни из них достигли более высокого уровня развития, другие еще остаются в менее развитом состоянии.

Закономерности термодинамики систем.

Закон энергетической проводимости – поток энергии, вещества и информации в системе как целом должен быть сквозным, охватывающим всю систему или косвенно отзывающимся в ней. Иначе система не будет иметь свойства единства.

Закон сохранения массы – сумма массы вещества системы и массы эквивалентной энергии, полученной или отданной той же системой, постоянна.

Закон сохранения энергии, или первый закон термодинамики – любые изменения в изолированной системе, оставляют ее общую энергию постоянной; или - при всех макроскопических процессах энергия не создается и не исчезает, а лишь переходит из одной формы в другую.

Второй закон термодинамики – энергетические процессы могут идти самопроизвольно при условии перехода энергии из концентрированной формы в рассеянную.

Принцип Ле Шаталье-Брауна – при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, это равновесие смещается в том направлении, при котором эффект внешнего воздействия ослабевает.

Закон максимизации и информации – наилучшими шансами на самосохранение обладает система, в наибольшей степени способствующая поступлению, выработке и эффективному использованию энергии и информации; максимальное поступление вещества как такового не гарантирует системе успеха в конкурентной группе других аналогичных систем.

Принцип максимальной мощи – системы с мощной энергетикой вытесняют системы с более низкой энергетической «мощью».

Правило основного обмена – любая большая динамическая система в стационарном состоянии использует приход энергии, вещества и информации главным образом для своего самоподдержания и саморазвития.

Закономерности иерархии систем.

Принцип иерархической организации, или принцип интегративных уровней – формирование иерархии систем основано на дублировании относительно разнокачественных структур, составляющих в своей

организованной совокупности нечто новое, т. е. наличия свойства эмерджентности и определенности функциональной цели организации в рамках связей со средой и внутренних возможностей системы.

Принцип ограничения числа и форм взаимодействия подсистем одного системного уровня – системы с одной и той же функциональной целью, формируемой обратными связями, располагаются на одном уровне иерархии и поэтому ограничены однотипным характерным временем и пространством, их построение подчинено одному ряду внутренних закономерностей.

Закон периодичности строения системных совокупностей, или системно-периодический закон – принципы структурного построения и управления однородных природных систем в иерархическом соподчинении и особенно сложении таких же природных систем одного уровня организации (иерархии) повторяются с некоторой правильностью в зависимости от действия единого (комплекса) системообразующего фактора (факторов).

Закономерности отношения «система – среда».

Принцип дополнительности Нильса Бора – две взаимосвязанные, но различны материальные системы дополняют друг друга в своем единстве и противоположности.

Принцип торможения развития – в период наибольших потенциальных темпов развития системы возникают максимальные тормозящие эффекты.

Закон развития системы за счет окружающей ее среды – любая система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.

Принцип преломления действующего фактора в иерархии систем – фактор, действующий на систему, преломляется через всю иерархию ее надсистем и через функциональные особенности самой системы.

Закон функциональной неравномерности – темпы реакций и прохождения фаз развития системы (в ответ на действие внешних факторов) закономерно неравномерны - они то убыстряются (усиливаются), то замедляются (ослабевают).

Правило затухания процессов – насыщающиеся системы с увеличением степени равновесности с окружающей их средой или внутреннего гомеостаза (в случае изолированности системы) характеризуются затуханием в них динамических процессов. Частный случай - закон растворения системы в чужой среде.

Балансовые уравнения геосистем. Исследование функционирования геосистем должно основываться на функционально-динамическом подходе, а количественные характеристики функционирования и соотношение между внутренним и внешним вещественно-энергетическим обменом изучаться посредством анализа их балансовых уравнений. Анализ балансовых уравнений геосистем является одним из важнейших средств их познания.

Главное назначение балансового метода – изучение и количественная характеристика динамических явлений, связанных с перемещением вещества и энергии внутри геосистем и между ними, в процессе их функционирования.

Основными балансами, описывающими процессы функционирования геосистем, являются *энергетический, водный и биогеохимический*.

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

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

Алгебраическая сумма рассмотренных выше тепловых потоков, приходящих на земную поверхность и уходящих от нее, составляет *тепловой баланс* геосистем и описывается выражением: $R + P + B + LE = 0$, где R – радиационный баланс; P – турбулентный поток тепла между земной поверхностью и атмосферой; B – поток тепла между земной поверхностью и нижележащими слоями почвы; LE – поток тепла, связанный с фазовыми преобразованиями воды, испарением и конденсацией. Другие составляющие теплового баланса, не включенные в уравнение, такие, как потоки тепла от диссипации энергии ветра, поток тепла, переносимый ветром, расход энергии на таяние льда или снега, фотосинтез и т. п., значительно меньше основных членов баланса и обычно их не принимают во внимание при его анализе. Тем не менее, эти потоки играют существенную роль в функционировании геосистем, и более полное уравнение теплового баланса имеет вид: $R = L(E + T - C) \pm P \pm B \pm F \pm A$, где E – физическое испарение; T – транспирация; C – конденсация водяных паров; L – скрытая теплота парообразования; F – затраты тепла на фотосинтез; A – различные адвекции тепла.

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

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

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

Процесс влагооборота в геосистемах может быть описан уравнением водного баланса. Основной приходной статьей водного баланса является сумма осадков, проступающих в геосистемы из атмосферы ($\Theta_{ос}$). Часть этих осадков перехватывается растительным покровом ($\Theta_{рп}$), остальные, в основном, поступают на поверхность почвы ($\Theta_{п}$) и расходуются на поверхностный сток ($\Theta_{пов.с}$), инфильтрацию в почве ($\Theta_{ин}$) и подземный сток ($\Theta_{подз.с}$). К расходным статьям водного баланса геосистем также относятся затраты тепла на физическое испарение с поверхности почвы и растений ($\Theta_{фи}$) и транспирацию ($\Theta_{тр}$). Кроме того, заметную роль в водном балансе геосистем могут играть различные горизонтальные адвекции влаги ($\Theta_{ад}$).

Таким образом, если начальное количество влаги в геосистеме принять за $\Theta_{н}$, а конечное за $\Theta_{к}$, то уравнение её водного баланса примет вид: $\Theta_{к} - \Theta_{н} = \Theta_{рп} + \Theta_{п} - \Theta_{пов.с} - \Theta_{ин} - \Theta_{подз.с} - \Theta_{фи} - \Theta_{тр} - \Theta_{ад}$ или $\Delta \Theta_{г} = \Theta_{ос} - \Theta_{сс} - \Theta_{си} + \Theta_{ад}$, где $\Delta \Theta_{г} = \Theta_{к} - \Theta_{н}$; $\Theta_{ос} = \Theta_{рп} + \Theta_{п}$; $\Theta_{сс} = \Theta_{пов.с} + \Theta_{подз.с} + \Theta_{ин}$; $\Theta_{сс}$ - суммарный сток; $\Theta_{си}$ - суммарное испарение; $\Delta \Theta_{г}$ - водно-балансовый индекс геосистемы. Если за многолетний период *водно-балансовый индекс* больше нуля, в геосистеме наблюдается прогрессирующее увлажнение, если меньше – иссушение. Нулевое значение $\Delta \Theta_{г}$ соответствует динамическому равновесию водных потоков в геосистеме. При рассмотрении основных составляющих водного баланса геосистем не было учтено количество воды, расходуемое на фотосинтез и некоторые другие процессы, так как ее количество, как правило, меньше точности определения всех остальных составляющих водного баланса. Однако, ее роль в функционировании геосистем, формировании их геоэкологического потенциала весьма значительна.

Биогеохимический баланс геосистем. Специфическим выражением сущности геосистем, позволяющим определить внутренние причины, основу их динамики и развития, выявить значение в формировании геосистем внешних условий, являются процессы образования и разрушения органического вещества, протекающие в рамках биогеохимического цикла их функционирования. Под **биогеохимическим круговоротом** понимается *вся совокупность процессов обмена веществом между биотическими и абиотическими компонентами геосистем*. Существуют различные подходы к рассмотрению биогеохимического круговорота химических элементов в геосистемах. Некоторые ученые рассматривают его, как совокупность круговоротов отдельных биогенных элементов. Они изучили и рассчитали циклы азота, углерода, фосфора, серы и т. д. Другие ученые при исследовании биогеохимического цикла в геосистемах исходят из представления о нем, как едином обобщенном процессе круговорота органического вещества, а не отдельных химических элементов.

Вторая точка зрения о биогеохимическом круговороте более перспективна, в большей степени соответствует задачам геоэкологических исследований, поскольку: не исключая изучение круговоротов отдельных химических

элементов; позволяет получить целостную, законченную картину биогеохимического цикла геосистем.

С позиции *геофизики ландшафтов* приоритетное значение имеет:

- изучение взаимоотношений геобиоценоза, как целого, с другими компонентами геосистем;
- исследование зависимости биогенных потоков и биогеохимической продуктивности от географических факторов;
- рассмотрение закономерностей их проявления на региональном и локальном уровнях;
- определение роли биогеохимического круговорота во внутреннем механизме функционирования геосистем и их внешних связях.

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

Отдельные процессы и части *биогеохимического цикла* достаточно хорошо изучены и описаны в научной литературе. Глобальный круговорот вещества состоит из запасов (резервуаров) и потоков. Как правило, суммарная величина запасов значительно больше, чем потоков, что обеспечивает устойчивость круговорота. Одна из важных количественных характеристик - среднее время оборота вещества, вычисляемое как отношение запаса к потоку. Оно может определяться также для любой ветви круговорота. Все естественные глобальные круговороты вещества отличаются чрезвычайно высокой степенью замкнутости.

Современная продукция органического вещества в биосфере составляет 100 млрд. т/год в единицах массы органического углерода. Эта величина соответствует 1000 млрд. т живой массы. Время существования жизни на Земле около 3,5 млрд. лет. Если принять, что средняя продуктивность живой массы за это время равна 500 млрд. т в год, то всего за время существования жизни образовалось приблизительно 2×10^{12} млрд. т живого вещества, что составляет около 1/3 массы всей Земли. В геологическом масштабе времени баланс потоков синтеза и деструкции органического вещества Земли выдерживается с точностью до восьми знаков за запятой. 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.

Рассмотрим в упрощенном виде основные *глобальные биогеохимических циклы* химических элементов, важнейших для состояния географической среды: *углерода, азота, фосфора и серы*.

Глобальный цикл углерода. Углерод является наиболее важным химическим элементом географической среды, потому что:

- почти все формы жизни состоят из соединений углерода;
- реакции окисления и восстановления соединений углерода в географической среде обуславливают глобальное распространение и баланс не только углерода, но и кислорода, а также и многих других химических элементов;
- способность атома углерода создавать цепи и кольца обеспечивает разнообразие органических соединений;
- углеродсодержащие газы - углекислый газ (CO_2) и метан (CH_4) - играют определяющую роль в антропогенном парниковом эффекте.

Основные резервуары углерода находятся в гидросфере, биосфере и атмосфере. Между ними происходит активный обмен с интенсивностью в десятки миллиардов тонн углерода в год. Важнейшие процессы в биосфере - формирование органического вещества из неорганического при участии солнечной энергии (фотосинтез), расходование органического вещества в процессах аэробной и анаэробной жизнедеятельности биоты и деструкция органического вещества. Мировой океан является главным поглотителем углерода, где он содержится в различных формах: в виде частиц неорганических углеродсодержащих веществ, частиц органического нерастворимого углерода, растворенного органического углерода и живых форм. В конечном итоге подавляющая часть углерода в океане отлагается на дне, перекрывается все более молодыми отложениями.

Основной *антропогенный поток* в глобальном цикле углерода образуется в результате сжигания горючих ископаемых в процессе производства энергии. Другой 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 окружающей среды.

Глобальный цикл азота. Азот - ключевой ингредиент жизни, поскольку он является обязательным компонентом всех белковых соединений. Основные запасы соединений азота сосредоточены в литосфере. Остальные запасы представлены в виде химически малоактивного газа, составляющего 79% атмосферы. Запасы азота в биосфере и гидросфере - на три порядка меньше, чем в атмосфере. Несмотря на относительно небольшие запасы азота в биосфере и гидросфере, это активный элемент, быстро обменивающийся между

геосферами. Картина химических процессов цикла азота чрезвычайно сложна и разнообразна, потому что азот проходит сквозь воздух, воду и почву в различных химических видоизменяющихся формах. В наземном и океаническом субциклах азота сосредоточено до 95% всех его потоков.

Важнейший *антропогенный поток* в цикле азота - использование азотных удобрений, производимых из азота атмосферы. Приблизительно 50% азота, вносимого в агроэкосистемы, попадает в состав сельскохозяйственных растений. Из этого количества около половины убирается с поля с урожаем, а другая половина остается в органическом веществе почвы. Рост численности населения и опережающей его потребности в белковом питании заставили человека интенсифицировать азотный цикл, чтобы производить больше белка. Однако, это привело к загрязнению окружающей среды и, в частности, к интенсификации процесса эвтрофикации водоемов. Другим фактором антропогенной интенсификации потоков азота является энергетика, поскольку при сжигании угля, нефти и ее продуктов, сланцев, торфа и пр. 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 также один из важнейших химических элементов, поскольку он играет огромную роль в биологических и биогеохимических процессах. 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 растворенном виде фосфор всегда находится в динамическом равновесии с кислородом.

Биогеохимия фосфора существенно отличается от биогеохимии других биогенных элементов, поскольку фосфор, в отличие от других биогенов, практически не встречается в газообразной форме. Это предопределяет однонаправленный поток фосфора вниз по уклону под действием силы тяжести, главным образом в виде тонкодисперсных наносов, на поверхности которых адсорбированы соединения фосфора. Противоположного потока не существует, что создает реальную опасность значительного обеднения фосфором экосистем суши (в том числе и агроэкосистем) с соответствующим снижением их биологической продуктивности.

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 в 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. С точки зрения геоэкологии, по-видимому, наиболее важны процессы обмена соединений серы между поверхностью суши и океана, с одной стороны, и атмосферой - с другой.

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. Около 90% мировой эмиссии этого газа характерно для Северного полушария. В среднем антропогенный поток серы вдвое превышает естественный поток. Современный сток соединений серы по речным системам также более чем вдвое превышает его первоначальную, доиндустриальную величину вследствие эрозии почв, применения удобрений, выпадений из атмосферы и пр. Антропогенное нарушение цикла серы определяет или серьезно влияет на ряд глобальных геоэкологических проблем, таких как асидификация окружающей среды и изменение климата.

Анализ системы балансовых уравнений даёт возможность изучить взаимосвязи и взаимообусловленность их составляющих, выразить эти зависимости в виде уравнений связи двух и более элементов балансов, исследовать процессы их взаимодействия и роль в формировании геоэкологического потенциала геосистем. Он так же позволяет выявить наиболее существенные факторы, определяющие условия жизнедеятельности человека, дает возможность количественно оценить их роль и степень участия в формировании среды его обитания.

Географическая среда 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 на энергетический баланс Земли и глобальные циклы вещества. Как правило, естественные вещественно-энергетические круговороты и балансы географической среды и отдельных ее частей отличаются высокой степенью замкнутости, в то время как деятельность человека ведет к разомкнутости и, следовательно, к неустойчивости геосистем. Нарушения замкнутости как локальных систем, так и глобальных циклов приводят к серьезным геоэкологическим проблемам. Следует подчеркнуть, что понимание циклов отдельных биогенных элементов намного превышает понимание механизма комбинаций циклов, то есть того, как эти процессы происходят на самом деле в окружающей среде.

Тема 4. Методы геоэкологических исследований

Классификация, содержание и особенности применения методов научных исследований в геоэкологии. Проблема соотношения и диалектического взаимодействия *эмпирических и теоретических знаний* постоянно находится в центре внимания исследователей. На разных стадиях развития науки характер взаимоотношения этих способов познания меняется. Существует распространенное мнение, что научное исследование направлено на добывание фактов. Однако возникает вопрос, что считать научным фактом?

Понятие «факт» (лат. *factum* – сделанное, совершившееся) – включает объективно существующее и зафиксированное наблюдение либо экспериментально установленное явление или процесс. Факт становится научным, если он получен или зафиксирован в результате специально организованной деятельности, с применением научного метода и с позиции определенных теоретических представлений. Как только появляется принцип отбора фактов, мы можем говорить о научном поиске, поскольку научный факт существует в рамках определенной теоретической конструкции и является теоретически обоснованным. Различают *понятие объективного и научного факта*. Под **объективным фактом** принято понимать некое событие, явление, фрагмент реальности, которые составляют объект человеческой деятельности или познания.

Научный факт – это отражение объективного факта в человеческом сознании, т. е. его описание посредством некоторого – искусственного или же естественного – языка. Научные факты служат основой теоретических построений, которые были бы без них невозможны. Совокупность научных фактов составляет *научное описание*. Большинство географов, доказывая справедливость той или иной точки зрения, в качестве аргументов приводят фактический материал. Часто одни и те же факты интерпретируются по-разному и используются оппонентами в ходе дискуссии. Количество фактов не определяет само по себе истинность гипотезы, а лишь делает ее более правдоподобной. Научные исследования строятся главным образом не по принципу накопления фактов, а по принципу объяснения аномальных явлений, фактов, противоречащих гипотезе или теории.

Важной особенностью научного поиска является *метод познания*. Метод представляет собой способ исследования явлений, который включает в себя различные теоретические и технические средства познания, ведущие к получению новой информации.

Метод (греч. *methodos* – буквально «путь к чему-либо») – способ достижения цели, определенным образом упорядоченная деятельность. Выделяют общие и частные (специальные) методы исследования. Совокупность методов, направленных на проведение какого-либо исследования, называется *методикой*.

Принципы классификации методов исследований:

- в зависимости от роли и места в процессе научного познания можно выделить методы формальные и содержательные, эмпирические и

теоретические, фундаментальные и прикладные, методы исследования и изложения и т.п.;

- *по содержанию изучаемых наукой объектов* выделяют методы естествознания и методы социально-гуманитарных наук;
- *по применяем процедурам и особенностям выражения* выделяют качественные и количественные методы, однозначно-детерминистские и вероятностные, методы непосредственного и опосредованного познания, оригинальные и производные и т.д.
- *по способу изучения* методы научные исследования подразделяются на *теоретические и эмпирические*.

Эмпирические методы исследований:

- *методы непосредственных наблюдений*, когда наблюдатель, исследователь находятся в прямом контакте с объектом наблюдения, исследования;
- *методы опосредованные*, при которых контакт с объектом наблюдения осуществляют специальные устройства – датчики, преобразующие температуру, давление, состав и свойства вещества и иные контролируемые величины в сигналы, удобные для передачи и регистрации;
- *методы дистанционные (бесконтактные)*, с помощью которых информация о состоянии объекта наблюдения регистрируется на расстоянии от него.

Экспериментальные методы исследований:

- *натурные эксперименты*, связанные с организацией направленных воздействий на природные или природно-антропогенные геосистемы и изучением их реакций;
- *модельные эксперименты*, которые осуществляют на аналогах определенных природных или природно-антропогенных геосистем в лаборатории или на компьютере.

Обобщение эмпирических фактов вплоть до формирования законов и теорий совершается с помощью ***теоретических методов***: научного абстрагирования, анализа, синтеза, правил абстрактной логики, теории подобия и аналогии, а также различных общенаучных и конкретно-научных принципов и методов.

Принцип симметрии. В основе построения Мира находится симметрия, т. е. правильное расположение объектов. Исходные первоосновы Мира - поля, тела, потоки - симметричны. Например, гравитационные поля, связанные с космическими телами, имеют в общем шарообразную форму. Общий подход к анализу объектов на базе принципов и методов симметрии сформулирован В. Н. Солнцевым (1981). В его основе находится процедура сравнения симметрии

объекта с потенциальной симметрией, т. е. максимально возможной для данного типа объектов.

Метод балансов. В основе метода балансов находится универсальный физический закон - закон сохранения вещества и энергии. Установив все возможные пути входа и выхода вещества и энергии, измерив потоки, исследователь по их разности может судить, произошло ли накопление в геосистеме этих субстанций или расходование. В других случаях измерение входящих и выходящих потоков и изменений содержания изучаемого вещества в геосистеме обнаруживает невязку баланса, неравенство его положительных и отрицательных частей. Если измерения произведены достаточно точно, то остается единственное объяснение невязки баланса - существование потока, о котором мы в данный момент не знаем. Балансовый метод используется в геоэкологии в качестве средства исследования энергетического, водного, биогеохимического и других круговоротов в окружающей среде, газового состава воздуха, потоков миграции загрязняющих веществ и т. д.

Информационный анализ. Многие исследования строятся на основе представлений о передаче информации в географической среде. Процессы, происходящие в одних объектах, отображаются в других - в их составе и структуре, распределении вещества и энергии. Поэтому по характеристикам одних объектов мы можем судить о других. Отличия такого подхода от метода аналогии заключаются в том, что аналогия предполагает некоторую идентичность сравниваемых объектов, тогда как в данном случае речь идет о получении любой информации.

Структурный анализ. Этот тип анализа, основан на изучении взаимодействия составных частей геосистем в целом. Поиск факторов и причин тех или иных особенностей геосистем ведется не за их пределами, а связывается со структурой взаимодействия составных частей объекта. Ключевым понятием этого типа анализа является обратная связь. Различают положительные и отрицательные обратные связи. Первые усиливают внешнее воздействие на объект, вторые способствуют погашению внешних воздействий. Сочетание положительных и отрицательных обратных связей, наблюдающихся в геосистемах, приводит к возникновению сложных «цепных реакций», к формированию свойств геосистем, которые невозможно объяснить и предсказать с помощью других видов анализа.

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

Системный анализ. Под системным анализом понимают систематизированное изучение сложного объекта, проводимое для выяснения возможностей улучшения функционирования этого объекта. Системный анализ опирается на математический аппарат. Но его нельзя отождествлять с формальным математическим методом, пригодным лишь для описания или решения какой-либо проблемы. Системный анализ – это стратегия научного поиска, логическая нормативная методология, ее понятийный аппарат, идеи,

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

Картографический метод позволяет воспроизвести основные геоэкологические объекты и явления в естественной пространственной последовательности.

Геохимический метод используется для изучения особенностей круговорота, миграции, пространственного распространения химических элементов в географической среде.

Геофизический метод предполагает изучение геосистем физическими методами. В центре внимания этого метода находится изучение энерго- и массообмена, связывающего геосистемы в единое целое.

Районирование – это универсальный метод упорядочения и систематизации территориальных систем, имеет большое значение для решения задач территориального управления и районной группировки, для административного деления и т. п.

Роль моделирования в геоэкологических исследованиях. Модель – это упрощенное воспроизведение изучаемого объекта в виде физической конструкции, совокупности математических формул, карты, блок-диаграммы и др. *Классификации моделей* основаны: на характере моделируемых объектов; разнообразных свойствах моделей; форме отображения ими реальности; способе реализации; сфере приложения и т. д.

По способу реализации модели, применяемые в геоэкологии, делятся на *три класса*: вербальный, графический, математический. Внутри классов выделяются роды, виды и группы моделей. *Вербальные (словесные) модели* – это любое описание, выполняющее функцию замещения, объекта в процессе его исследования. К *графическому* классу относятся модели, где элементы геосистем и их связи исследуются с помощью геометрических фигур и стрелок. В *математический* класс входят модели, где объекты, связи и процессы отображаются с помощью математических символов.

Анализ модели (как и эксперимент с моделью) позволяет получить новые знания. Построение моделей является вынужденной мерой, обусловленной невозможностью исследовать реальный объект во всей его сложности. Естественно, что упрощение не должно касаться наиболее важных с точки зрения решаемых задач элементов. Модель обычно строится также на основе преобразования масштабов: пространственных и временных. Геоэкологическая модель всегда меньше по размерам реального объекта. Если модель динамическая, то, как правило, воспроизведение процессов идет с большими скоростями по сравнению с реальными.

Сложность устройства окружающей среды значительно ограничивают возможность использования физических конструкций (т. е. моделей в самом прямом смысле) для воспроизведения процессов. Гораздо более эффективны математические модели. Математическое моделирование позволяет

воспроизводить процессы при учете разных факторов, исключая одни и, вводя другие. В этом случае реализуется классическая схема экспериментов, характерная для физики, химии, физиологии и ряда других наук. Следует отметить, что реализация моделирования как средства познания, при проведении геоэкологических исследований, имеет ряд особенностей, обусловленных необходимостью учета большого количества сложных взаимоотношений разнокачественных природных и антропогенных образований. Построение модели, включающей множество элементов, позволяет объединить два противоречивых принципа изучения геосистем – *редукционизм* и *интегратизм*, делая модели важнейшим инструментом исследования геосистем.

На различных этапах изучения географических объектов *модель выполняет различные функции*: нормативную, собирательную, эталонную, систематизирующую, объяснительную, конструктивную, коммуникативную, прогнозирующую и др. Следует отметить, что ряд моделей взаимозаменяем и совместное их использование ускоряет процесс познания, усиливает системный эффект исследования. При разработке геоэкологической модели геосистем исследовать абсолютно все связи практически невозможно и вряд ли целесообразно. Многие из них несущественны и незначительно влияют на их функционирование и динамику. При построении модели необходимо стремиться к достижению оптимального уровня её сложности. Казалось бы, более совершенная модель позволяет полнее учесть сложности реального объекта и уменьшает неопределенность присущую модельным исследованиям и прогнозам. Но в то же время можно предположить возрастание неопределенности, связанное с ошибками измерения новых параметров, вводимых в модель при её усложнении. Разумное упрощение модели, уменьшение количества включенных в нее характеристик, представляется логичным и обоснованным.

Геосистему, её структуру и протекающие в ней процессы можно представить графически в виде «*черного ящика*» или простейшей блоковой модели. По мере детализации исследований геосистемы, с учетом оптимизации уровня ее сложности, в соответствии с задачей моделирования, «*черный ящик*» переходит в «*серый*», а затем в «*белый*», где процессы функционирования и динамики геосистемы изучаются с максимально необходимой детальностью. Одним из фундаментальных положений кибернетики является утверждение, что в области решения прикладных задач системного анализа *метод «черного ящика»* может оказаться основным способом исследования и является вполне полноправным научным методом. Построение блоковых моделей является одним из этапов системного анализа, позволяет уяснить основные взаимосвязи изучаемой геосистемы, возможные результаты её функционирования, и видимо необходимо для более сложного, детального математического моделирования.

Географические информационные системы (ГИС) в геоэкологии. Все ГИС разделяются на три основные группы:

- к *первой группе* относятся ГИС, не добывающие и не обрабатывающие факты, а собирающие опубликованную информацию и обслуживающие потребителей;
- ко *второй группе* относятся ГИС, самостоятельно добывающие первичную информацию и выпускающие ее в виде сводок или баз данных;
- к *третьей группе* ГИС относятся такие, которые аккумулируют поступающую информацию, перерабатывают ее и выдают в различной форме.

ГИС подразделяются: по охвату обслуживаемой территории (глобальные, международные, региональные, национальные, областные и даже на отдельные полигоны); *по проблемной ориентации и цели* (охрана природной среды и управление природопользованием); *на картографические; на библиографические* (содержащие каталогизированную информацию об опубликованных или неопубликованных источниках данных); *на тематические* (посвященные сбору информации, например, о состоянии вод или атмосферы) и др.

Особое значение имеют ГИС автоматизированного сбора, хранения, преобразования и предоставления географической информации, реализованные на ПЭВМ. В отличие от блоков библиотечной информации в ГИС осуществляется также обработка данных по определенным программам: имитационное и экспертное моделирование, автоматизированное картографирование, картометрические вычисления, аналоговая система «пользователь - ПЭВМ» и др. Таким образом, ГИС – это не только банк данных и справочно-информационная система, но и инструмент исследования явлений.

Комплексная ГИС – это система, выполняющая сбор, кодирование, хранение, систематизацию, обработку, анализ и воспроизведение информации, заложенной в ней или полученной в результате моделирования по какой-либо программе.

В такой ГИС традиционно выделяются четыре подсистемы: 1) сбора данных и ввода; 2) управления данными, сортировки их и классификации по заданным признакам; 3) вычислительной обработки и комбинирования данных по заданной программе, картографического редактирования; 4) представления текущей и прогнозируемой ситуации в виде схем и карт с выводом на графопостроитель и дисплей. *Первая и вторая* подсистемы представляют собой центральное звено любой ГИС базу данных (содержащую предметные данных, связанных с территориальной интеграцией, компонентной, элементной и целевой территориальной интеграцией). *Третья и четвертая* – базу знаний (совокупность моделей, на основе которых осуществляются процедуры описания, прогнозов, оптимизации, управления, картографирования и т. д., набор геоэкологических шкал, экспертных процедур, поисковых систем и др.). Наряду с этими блоками в ГИС имеются вспомогательные блоки, выполняющие функции статистического учета объекта, указания их территориальной привязки, адресов потребителей экологической информации

(с их бланками заказов), а также функции информационно-поисковых работ и т. д.

Мониторинг окружающей среды. *Мониторинг – система наблюдений, оценки и контроля за состоянием окружающей человека природной средой с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному использованию природных ресурсов и предупреждению о критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, за существованием живых организмов и их сообществ, природных объектов и комплексов, прогнозирования масштабов неизбежных изменений.* Первоочередное внимание в мониторинге уделяется наблюдению за антропогенными изменениями в природе. Достаточно глубоко изучается естественная, малоизмененная природа (как эталон для сравнения при оценке антропогенных изменений).

В настоящее время классы, или уровни, мониторинга выделяются в соответствии: с пространственно-временными параметрами контролируемых процессов: локальный, региональный, глобальный; с целями контроля: биоэкологический (санитарно-гигиенический), геоэкологический (геосистемный, природно-хозяйственный), биосферный. Кроме этого, мониторинг различают по: методам ведения (авиационный, космический и др.); объектам наблюдения (атмосферного воздуха, лесов и др.).

Основные задачи мониторинга: наблюдения за состоянием окружающей среды; оценка текущего экологического состояния; прогноз состояния окружающей среды.

Принципы организации информационной системы мониторинга. Регламентированность мониторинга. Это принцип обязательности мониторинга на единой методической основе. *Статистическое обобщение.* Результатом функционирования системы должны быть статистические обобщения наблюдаемых величин, сравнение их с доступными историческими рядами, их вероятная оценка, пространственное осреднение.

Виды обслуживания потребителей продукцией мониторинга подразделяются на:

- *регулярный для широкого круга потребителей.* Предусматривает регулярное издание бюллетеней с определенной заранее установленной структурой и набором параметров (характеристик);
- *регулярный специальный.* Предусматривает обслуживание только постоянных потребителей, имеющих специфические запросы;
- *разовое обслуживание по запросу.* Автоматизированный ответ на них затруднен в силу разнообразия запросов.

Геоэкологическое прогнозирование и прогноз. *Геоэкологическое прогнозирование - это научно обоснованное суждение о будущем географической среды на основе оценок ее прошлого и настоящего состояний в целях принятия практических решений по ее рациональному использованию.*

Прогнозирование – это процесс получения данных о возможном состоянии исследуемого объекта. Прогноз -- результат прогнозных исследований. Общая логическая схема процесса прогнозирования представляется как последовательная совокупность: во-первых, представлений

о прошлых и современных закономерностях и тенденциях развития объекта прогнозирования; *во-вторых*, научного обоснования будущего развития и состояния объекта; *в-третьих*, представлений о причинах и факторах, определяющих изменение объекта, а также условий, стимулирующих или препятствующих его развитию; *в-четвертых*, прогнозных выводов и решений по управлению.

Актуальность геоэкологического прогнозирования определяется особенностями современного научно-технического прогресса и социально-политической ситуацией. *Главная задача* геоэкологического прогнозирования состоит в геоэкологическом обосновании долгосрочного развития народного хозяйства в его региональном аспекте, предвидении изменений окружающей среды в естественных и техногенных условиях. *Выбор проблемы* геоэкологического прогнозирования должен основываться на следующих *критериях*: соответствии проблемы современным общественным и научно-техническим потребностям; *актуальности* значения проблемы на большой период времени (25-30 лет и более); *наличии* научных предпосылок, в частности соответствующих методов решения проблемы.

Процесс прогнозирования начинается с определения его *цели и объекта*, так как именно они определяют: тип прогноза, содержание, набор методов прогнозирования, временные и пространственные параметры. *Цели и объекты прогнозирования* могут быть очень разными: процессы; явления; события социального, научно-технического, экономического, географического, экологического характера и т. д. В настоящее время главной, наиболее актуальной и очень ответственной целью геоэкологического прогнозирования является предвидение того состояния окружающей среды, в которой будет обитать человек. При этом цель заключается не только в прогнозировании состояния воздуха, воды и почвы, но в целом географической среды, ее природы и хозяйства.

При выборе объекта прогноза необходимо учитывать следующие его *признаки*: природу объекта прогноза; масштабность объекта прогноза; сложность объекта прогнозирования; степень детерминированности; характер развития во времени; степень информационной обеспеченности.

Главные операционные единицы прогнозирования: время и пространство.

Пространственные или территориальные единицы прогнозирования могут быть: локальными, региональными, глобальными.

По *направленности действий* все прогнозы можно разделить на *два класса*: поисковые (исследовательские), нормативные (программные, проектные или целевые). В процессе *поискового прогнозирования* определяется возможное состояние объекта в будущем, выявляются тенденции развития объекта, факторы его ограничивающие или активизирующие, новые возможные пути развития. Основная задача *нормативного прогноза* в геоэкологии - определение набора и последовательности управленческих мероприятий, необходимых для нейтрализации неблагоприятной природной и социально-экономической ситуаций, выявленных в процессе поискового прогноза. Поисковое и нормативное прогнозирование – единый процесс их сопоставление

позволяет выявить различия между желаемым и возможным состоянием прогнозируемого объекта.

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

Известно более десяти *классификаций прогнозов* с использованием значительного числа прогностических признаков: количество рабочих процедур; источник исходной информации; способ получения материала; принцип работы метода и т. д. Так же геоэкологические прогнозы могут быть классифицированы по разным *признакам*. Они могут быть: локальными, региональными, глобальными; краткосрочными, долгосрочными и сверхдолгосрочными; покомпонентными и комплексными; связанными с исследованием динамики природных, природно-хозяйственных и социально-экономических систем.

Процесс прогнозирования складывается из *предварительного* и *основных этапов*. Каждый из этапов должен иметь точно сформулированную задачу и заканчиваться определенным результатом. Оценка достоверности и точности или обоснованности прогноза называется *верификацией прогноза*. Несмотря на вероятностный характер прогнозов, многие из них достаточно надежны. Абсолютно достоверных прогнозов нет. Достоверность и надежность прогноза зависят прежде всего от его периода, т. е. времени, на которое разрабатывается прогноз, а также его принадлежности к пассивному или активному виду прогноза. В целом надежность прогноза, т. е. вероятность наступления предсказываемого события, уменьшается с увеличением его временного горизонта, степени детальности и динамичности прогнозируемого процесса. Источники ошибок прогнозирования могут быть регулярными и нерегулярными. К регулярным источникам ошибок относятся неадекватный метод прогнозирования, недостоверные и недостаточные исходные данные. Нерегулярные ошибки – это непредсказуемые события нарушающие тенденции развития объекта: взрывы, скачки, резкие спады, перепады.

Наиболее популярными *методами прогнозирования* являются логические и формализованные. *Логические методы*, основанные на применении определенной последовательности мыслительных операций и используются или в случае очень простого, или сложного объекта прогнозирования: методы индукции и дедукции; экспертных оценок (индивидуальных и коллективных), аналогий, системного анализа. *Формализованные методы*, основанные на использовании источников фактографической информации. По характеру общих признаков и принципов действия они объединяют методы: прогнозной экстраполяции и интерполяции; статистический; аналитический; моделирования и др.

Наиболее часто в геоэкологии пользуются *исследовательские подходы* к процессу прогнозирования, основанные на использовании: экстраполяционных

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

1.2.2. Геоэкология - методологическая основа природопользования и охраны окружающей среды

Тема 1. Природные ресурсы как основа жизнедеятельности человека и общества

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

Природные ресурсы – часть всей совокупности природных условий и важнейших компонентов природной среды, которые используются либо могут быть использованы для удовлетворения разнообразных потребностей общества, поддержания условий существования человечества и повышения качества жизни.

Наряду с понятием «природные ресурсы», часто употребляют понятие «природные условия». В широком смысле к природным условиям следует отнести всю совокупность элементов природы, в том числе и ресурсы. В узком смысле *природные условия* – это тела и силы природы, которые на данном этапе развития производительных сил существенны для жизни и деятельности человеческого общества, но не участвуют непосредственно в материальном и нематериальном производстве. В понятие «природные ресурсы» включаются все элементы географической оболочки, которые используются или могут быть использованы в производственных и непроизводственных отраслях. Различия между природными условиями и ресурсами относительные. Природные условия могут переходить в ресурсы.

Человек превращает разрушительные силы природы, в естественные производительные силы, используя, например, энергию волн или ветра для получения электричества. В определенных условиях, сама территория Земли рассматривается как ресурс для расселения и развития хозяйства. Природные ресурсы являются главным объектом природопользования и в интересах нынешнего и будущих поколений людей подлежат рациональной эксплуатации.

Природные ресурсы – пространственно-временная категория. Их объем различается по регионам земного шара и в зависимости от стадии социально-

экономического развития общества. Тела и явления природы выступают в качестве определенного ресурса в том случае, если в них возникает потребность. Но потребности в свою очередь появляются и расширяются по мере развития технических возможностей освоения природных богатств. Территориальное расширение сферы хозяйственной деятельности человеческого общества и вовлечение в материальное производство новых видов природных ресурсов вызывало в природе разнообразные изменения, своего рода ответные реакции в виде различных природно-антропогенных процессов. Во второй половине XX в. ресурсопотребление неизмеримо возросло, охватив практически всю сушу и известные в настоящее время природные тела, и компоненты.

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

Техническое и технологическое несовершенство многих процессов извлечения и переработки природных ресурсов, соображения экономической рентабельности и недостаток знаний об объемах и величинах природного сырья заставляют при определении природно-ресурсных запасов выделять несколько их категорий по степени: технической доступности; экономической доступности; изученности. *Доступные, или реальные запасы – это объемы природного ресурса, выявленные современными методами разведки или обследования, технически доступные и экономически рентабельные для освоения.* Природные ресурсы являются важной частью национального богатства страны и источником создания материальных благ и услуг. Природные ресурсы во многом определяют не только социально-экономический потенциал страны и региона и эффективность общественного производства, но и здоровье, и продолжительность жизни населения.

Природные ресурсы являются объектом исследования в двух аспектах: как важнейшая часть социально-экономического потенциала, реализуемого в процессе создания валового внутреннего продукта, часть национального богатства страны; как основа природной окружающей среды, подлежащей охране, восстановлению и воспроизводству.

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

Классификация природных ресурсов по происхождению. Природные ресурсы (тела или явления природы) возникают в природных средах (водах, атмосфере, растительном или почвенном покрове и т.д.) и в пространстве образуют определенные сочетания, меняющиеся в границах природно-территориальных комплексов. На этом основании они подразделяются на *две группы*: ресурсы природных компонентов; ресурсы природно-территориальных комплексов.

Ресурсы природных компонентов. Каждый вид природного ресурса обычно формируется в одном из компонентов географической оболочки. Он управляется теми же природными факторами, которые создают данный природный компонент и влияют на его особенности и территориальное размещение. По отношению к тем или иным компонентам природы различают: геологические, минеральные, климатические, водные, земельные, биологические ресурсы и т. д. При использовании приведенной классификации основное внимание уделяется закономерностям пространственного и временного формирования отдельных видов ресурсов, их количественным, качественным характеристикам, особенностям их режима, объемам естественного восполнения запасов.

Научное понимание всего комплекса естественных процессов, участвующих в создании и накоплении природного ресурса, позволяет правильнее рассчитать роль и место той или иной группы ресурсов в процессе общественного производства, системе хозяйства, а главное - дает возможность выявить предельные объемы изъятия ресурса из природной среды, не допуская его истощения или ухудшения качества. Например, точное представление об объемах ежегодного прироста древесины в лесах определенного района позволяет рассчитать допустимые нормы рубок. При строгом контроле за соблюдением этих норм истощения лесных ресурсов не происходит.

Ресурсы природно-территориальных комплексов (ПТК). В данной классификации учитывается комплексность природно-ресурсного потенциала территории. Выделяются природно-ресурсные территориальные комплексы по наиболее предпочтительному (или предпочтительным) виду хозяйственного освоения: горнопромышленные, сельскохозяйственные, водохозяйственные, лесохозяйственные, селитебные, рекреационные и др. Каждый ПТК обладает определенным набором разнообразных видов природных ресурсов. В зависимости от свойств ПТК, сочетания видов ресурсов их количественные и качественные характеристики меняются очень существенно, определяя возможности освоения и организации материального производства. Часто возникают такие условия, когда один или несколько ресурсов определяют направление хозяйственного развития целого региона. Практически любой ПТК имеет климатические, водные, земельные, почвенные и другие ресурсы, но возможности хозяйственного использования весьма различны. В одном случае могут складываться благоприятные условия для добычи минерального сырья, в других - для выращивания ценных культурных растений или для организации промышленного производства, курортного комплекса и т.д.

Классификация по видам хозяйственного использования. Основной критерий подразделения ресурсов в этой классификации - отнесение их к различным секторам материального производства. По этому признаку природные ресурсы делятся на ресурсы промышленного и сельскохозяйственного производства. *Ресурсы промышленного производства.* Эта подгруппа включает все виды природного сырья, используемые промышленностью. В силу очень большой разветвленности промышленного производства, наличия многочисленных отраслей, потребляющих разные виды природных ресурсов и соответственно выдвигающих к ним различные требования, виды природных ресурсов промышленного производства, дифференцируются на *энергетические* и *неэнергетические*.

Энергетические, к которым относятся разнообразные виды ресурсов, используемых на современном этапе развития науки и техники для производства энергии: а) горючие полезные ископаемые (нефть, угли, газ, уран, битуминозные сланцы и др.); б) гидроэнергоресурсы - энергия свободно падающих речных вод, приливно-волновая энергия морских вод и др.; в) источники биоконверсионной энергии - использование топливной древесины, производство биогаза из отходов сельского хозяйства; г) ядерное сырье, используемое для получения атомной энергии.

Неэнергетические включающие подгруппу природных ресурсов, которые поставляют сырье для различных отраслей промышленности или же участвуют в производстве по технологической необходимости: а) полезные ископаемые, не относящиеся к группе каустобиолитов; б) воды, используемые для промышленного водоснабжения; в) земли, занятые промышленными объектами и объектами инфраструктуры; г) лесные ресурсы, поставляющие сырье для лесохимии и строительной индустрии; д) рыбные ресурсы относятся к данной подгруппе условно, так как в настоящее время добыча рыбы и обработка улова приобрели промышленный характер.

Ресурсы сельскохозяйственного производства. Они объединяют виды ресурсов, участвующих в создании сельскохозяйственной продукции: а) агроклиматические - ресурсы тепла и влаги, необходимые для продуцирования культурных растений или выпаса скота; б) почвенно-земельные ресурсы - земля и ее верхний слой - почва, обладающая уникальным свойством продуцировать биомассу, рассматриваются и как природный ресурс и как средство производства в растениеводстве; в) растительные кормовые ресурсы - ресурсы биоценозов, служащие кормовой базой выпасаемого скота; г) водные ресурсы - воды, используемые в растениеводстве для орошения, а в животноводстве - для водопоя и содержания скота.

Также выделяют *природные ресурсы непроемственной сферы или непосредственного потребления*: ресурсы, изымаемые из природной среды (дикие животные, составляющие объект промысловой охоты, дикорастущие лекарственные растения); ресурсы рекреационного хозяйства; ресурсы заповедных территорий и ряд других.

Классификация природных ресурсов по признаку исчерпаемости. Все природные ресурсы по исчерпаемости делятся на две группы: *исчерпаемые* и

неисчерпаемые. Исчерпаемые ресурсы образуются в географической оболочке, объемы и скорости их формирования измеряются по геологической шкале времени. В то же время потребности в таких ресурсах со стороны производства или для организации благоприятных условий обитания человеческого общества значительно превышают объемы и скорости естественного восполнения. По интенсивности и скорости естественного образования эти ресурсы делят на 3 подгруппы.

Невозобновляемые, к которым относят: *минеральных ресурсы (полезные ископаемые)* которые постоянно образуются в недрах земной коры в результате непрерывно протекающего процесса рудообразования, но масштабы их накопления столь незначительны, а скорости образования измеряются многими десятками и сотнями миллионов лет; *земельные ресурсы* в их естественном природном виде – это материальный базис, на котором происходит жизнедеятельность человеческого общества. Морфологическое устройство поверхности (т. е. рельеф) существенно влияет на хозяйственную деятельность, на возможность освоения территории. Однажды нарушенные земли (например, карьерами) при крупном промышленном или гражданском строительстве в своем естественном виде уже не восстанавливаются.

Возобновляемые ресурсы включают: ресурсы растительного и животного мира. Они восстанавливаются довольно быстро, и объемы их естественного возобновления хорошо и точно рассчитываются. Поэтому при организации хозяйственного использования накопленных запасов древесины в лесах, травостоя на лугах или пастбищах, промысла диких животных в пределах, не превышающих ежегодное возобновление, можно полностью избежать истощения ресурсов.

Относительно (не полностью) возобновляемые ресурсы: а) продуктивные пахотнопригодные почвы; б) леса с древостоями спелого возраста; в) водные ресурсы в региональном аспекте. Эти ресурсы хотя и восстанавливаются в исторические отрезки времени, но возобновляемые объемы их значительно меньше объемов хозяйственного потребления. Именно поэтому такие виды ресурсов оказываются весьма уязвимыми и требуют особенно тщательного контроля со стороны человека.

Неисчерпаемые ресурсы. Среди тел и явлений природы ресурсного значения имеются и такие, которые практически неисчерпаемы. К ним относятся *климатические и водные ресурсы. Климатические ресурсы*. Обычно под климатическими ресурсами понимают запасы тепла и влаги, которыми располагает конкретная местность или регион. Наиболее жесткие требования к климату предъявляют сельское хозяйство, рекреационное и лесное хозяйство, промышленное и гражданское строительство и др. *Водные ресурсы*. Земля обладает огромным объемом воды - около 1,5 млрд. куб. км. Однако 98% этого объема составляют соленые воды Мирового океана, и только 28 млн. куб. км - пресные воды. Пока природная среда ежегодно «дарит» человечеству в 10 раз больше воды, чем ему нужно для удовлетворения самых разнообразных потребностей.

Критерии оптимальности и принцип комплексности использования природных ресурсов. Использование природных ресурсов человеком имеет ряд закономерностей.

Закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов: все природные ресурсы (и естественные условия) Земли конечны. Эта конечность возникает либо в силу прямой исчерпаемости, либо в результате возмущения среды обитания, делающей непригодной для сложившегося хозяйства и жизни человека.

Правило интегрального ресурса: конкурирующие в сфере использования конкретных природных систем отрасли хозяйства неминуемо наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем значительно они изменяют совместно эксплуатируемый геоэкологический компонент или всю геосистему (во всей их иерархии) в целом.

Закон падения природно-ресурсного потенциал: в рамках одной общественно-экономической формации, способа производства и одного типа технологий природные ресурсы становятся все менее доступными и требуют увеличения затрат труда и энергии на их извлечение, транспортировку, а также воспроизводство.

Анализ природных ресурсов и разработка рекомендаций об их рациональном использовании предполагает следующие этапы научных изысканий:

- изучение отдельных видов природных ресурсов в исследуемом регионе, их качественный и количественный учет на основе новейших методов оценки;
- картографирование выявленных природных ресурсов;
- установление природно-ресурсного потенциала (ПРП) территории, т. е. совокупности естественных ресурсов, выступающих в качестве средств производства или предметов потребления в границах геосистем;
- экономическую оценку природно-ресурсного потенциала геосистем;
- установление приоритетных направлений в хозяйственном освоении ПРП территории; разработку схемы наиболее рационального освоения ПРП с учетом геоэкологических ограничений;
- организацию охраны отдельных природных объектов и мероприятий по восстановлению и расширенному воспроизводству природных ресурсов.

Для решения этих задач необходимо участие специалистов различного профиля – физико- и экономико-географов, экономистов, геоэкологов и др. Но полноценное, научно обоснованное решение проблемы рационального использования природно-ресурсного потенциала территории возможно лишь на основе комплексных геоэкологических работ. Одним из универсальных способов такой оценки является «воспроизводственный подход» в рамках которого каждый ресурс и вся система оцениваются по затратам на искусственное воссоздание того или иного объекта при равном количестве и эквивалентом качестве в условиях интенсивного производства.

Основные отличительные признаки природных ресурсов:

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

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

Геоэкологические принципы рационального использования природных ресурсов:

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

Проблемы экономической и внеэкономической оценки природных ресурсов. *Виды оценок природных ресурсов.* Каждый природный ресурс обладает определенной ценностью для человека (экономической, экологической, культурной и т.д.). Эта ценность отражается суммой экономической и внеэкономической оценок. *Экономическая оценка природных ресурсов* – определение их общественной полезности, то есть вклада данного ресурса (его единицы) в повышение уровня удовлетворения человеческих потребностей через производство или потребление. В узкоэкономическом смысле – денежное выражение народнохозяйственной ценности природных ресурсов. *Внеэкономическая оценка природных ресурсов* – определение экологической, здравоохранительной, социальной, социально-психологической (моральной и культурной), религиозно-культурной и иной ценности природного

ресурса, обычно не выражаемой в экономических показателях либо условно выраженная в деньгах как сумма, которой готово и может пожертвовать общество для сохранения природных ресурсов.

Функции оценки природных ресурсов. Экономическая оценка природных ресурсов выполняет две функции: *учетную* (показывает, каким национальным богатством обладает страна, на что можно рассчитывать в развитии производства); *стимулирующую* (создает основу для введения платы за эксплуатацию природных ресурсов с учетом ущерба и его возмещения в случае их нерационального использования). Экономическая оценка природных ресурсов представляет собой очень сложную научную и практическую проблему. Дело в том, что стоимость любой вещи определяется затратами труда на ее изготовление, а природные ресурсы являются продуктами природы, а не человека. Однако в их разведку, освоение, охрану и воспроизводство труд вкладывается, то есть создается стоимость. В настоящее время существуют две основные концепции оценки природных ресурсов: *затратная и рентная*. При *затратной концепции* учитываются расходы на освоение природных ресурсов, а качество природных благ, их полезность выступают как дополнительных фактор меры ценности. При *рентной концепции* исчисляется дифференциальная рента, то есть разная величина дохода, получаемая при эксплуатации природных ресурсов различного качества и местоположения (например, земель высоко- и низкоплодородных, расположенных далеко или близко от транспортных путей и т.д.).

При экономической оценке природных ресурсов очень важно найти компромиссное решение с учетом обоих подходов. От его разумности будет зависеть: выбор очередности и вариантов использования природных ресурсов в народном хозяйстве; оценка ущерба от их нерационального использования эффективности природоохранных затрат; действенность мер по стимулированию рационализации природопользования, обоснованность размеров платы за использование природных ресурсов; прибыльность экспорта природных ресурсов; справедливое распределение прибыли, получаемой на совместных предприятиях.

Среди *внеэкономических оценок* необходимо отметить *технологическую* (производственную), определение которой исходит из различий в природных особенностях внутри одного вида природных ресурсов (например, сорта нефти, марки угля и т.д.). Вариантность оценок предполагает использование различных показателей: натуральных (тонна, кубометр, гектар, баррель и др.); баллов (в них, например, можно оценить относительную величину источников ресурсов, их хозяйственную значимость); денежных (используется в случаях определения рыночной цены ресурса, платы за использование природных ресурсов, экологического ущерба и др.).

Кадастры природных ресурсов – совокупность достоверных сведений о хозяйственном, правовом, качественном и количественном состоянии природных ресурсов. В основе кадастра земли и лесов лежат данные учета, данные топографо-геодезических, картографических, геоботанических и других специальных исследований, получаемых в результате землеустройства.

лесоустройства, а также данные мониторинга о качественном состоянии этих природных ресурсов и происходящих в них изменениях.

Тема 2. Геоэкологические аспекты неблагоприятных и опасных природных и антропогенных процессов и явлений

Геоэкологические последствия неблагоприятных и опасных природных процессов, и явлений. Основные понятия риска для человека и хозяйства. *Под риском понимается возможность нежелательных последствий какого-либо действия или течения событий.* Измеряется риск вероятностью таких последствий или вероятной величиной потерь. Заблаговременное предвидение риска и принятие мер по его снижению называется *управлением риском*. Управление ведется на основе оценки риска согласно его зависимости от подверженности рассматриваемого объекта опасным воздействиям, чувствительности, или уязвимости его к этим воздействиям и защищенности от них. Понятию риск противостоит понятие **безопасность** – *такое состояние рассматриваемого объекта, при котором риск для него или от него не превышает некоторого приемлемого уровня, а возможно и вовсе отсутствует.* Целью управления риском является достижение безопасности.

Основными видами риска являются: природный, техногенный, социальный. Величины потерь по социальным причинам более значительны, чем от природных и техногенных опасностей. Риск возрастает, причем существенно быстрее, чем размеры человечества и величина продуктов его труда. Запас безопасности неуклонно сокращается, что осознается как глобальный геоэкологический кризис.

Специалисты по природному и техногенному риску видят изъяны в управлении риском, в научно-методических и информационных пробелах и в недостаточности средств, выделяемых на меры управления риском. На самом деле основная проблема заключается в особенностях восприятия и оценки риска людьми. Специалисты выдают рекомендации по управлению конкретным видом риска на основе экономических расчетов для частных задач и объектов. Человек, как правило, действует в соответствии со своими житейскими понятиями о счастье и несчастье, не разделяя риск на отдельные его виды. Причем ощущение риска различно не только для разных людей, но и для одного человека в разной обстановке. Поэтому, к трем названным выше факторам оценки риска (*подверженность, чувствительность, защищенность*) необходимо добавить четвертый: *социально-психологическое восприятие риска*. Оно часто оказывается решающим во всех отношениях, включая уровень финансирования защитных мер.

Следует также отметить *две наиболее общие закономерности изменения риска* в связи с человеческой деятельностью: 1) риск нарастает по мере продолжения деятельности так, что однажды величина потерь становится больше величины выгод; 2) хотя риск может быть существенно снижен

введением различных мер защиты, он в принципе не может быть сведен к нулю.

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

В качестве объектов подверженных риску, необходимо рассматривать не только отдельные сооружения, населенные пункты, группы людей некоторой численности, но также территориальные комплексы населения и хозяйства (ТКНХ) разного ранга, вплоть до глобального. *При инженерно-экономическом подходе* риск и ущерб измеряются в натуральных величинах потерь и квалифицируются как своего рода налог на природопользование. *При геоэкологическом подходе* требуется дополнить эту систему измерений оценками тяжести потерь по отношению к устойчивости природно-антропогенных геосистем (ПАГ).

К неблагоприятным и опасным природным процессам, и явлениям (НОЯ) относятся все те, которые отклоняют состояние окружающей среды от диапазона, оптимального для жизни человека и для ведущегося им хозяйства. Число и разнообразие видов НОЯ растут по мере усложнения производства и проникновения человека в районы с непривычной природной обстановкой. Следует подчеркнуть относительность категории НОЯ. Природное явление, представляющее в одних случаях неудобство и опасность, в других может быть полезным. Неблагоприятные природные явления создают неудобства, преодоление которых отражается ростом предвидимых затрат на строительство, эксплуатацию, жизнеобеспечение ПАГ в целом. Опасные явления создают возможность больших непредвиденных потерь, чрезвычайных ситуаций, стихийных бедствий. Граница между неудобствами и опасностями условна и зависит от степени приспособленности ПАГ к природной обстановке, а также от повторяемости и интенсивности НОЯ. К часто повторяющимся, пусть и интенсивным воздействиям НОЯ, ПАГ приспосабливается опытным путем настолько, что эти воздействия воспринимаются лишь как неудобства. Однако более редкие, пусть и не столь интенсивные, воздействия оборачиваются опасностями. Обычно бедствия (неожиданные потери) создаются событиями, повторяющимися в среднем реже, чем один раз во много лет – от 5–10 до 100 лет и более. Интервал 5–10 лет отвечает активной памяти человека, потерпевшего ущерб и старающегося избегать его впредь. Более длинные интервалы отвечают «памяти» населенных пунктов, многие из которых перемещались на новые места после тяжелых стихийных бедствий. Так или иначе, величина интервала обозначает «норму» природных условий, к которой приспособился ПАГ. Строительные правила (нормативные

документы), назначающие сроки безопасности для различных объектов, в некоторой степени отражают накопленный народный опыт.

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

По размеру разового ущерба воздействия НОЯ изменяются от мелких, рассеянных до создающих стихийные бедствия. Примеры рассеянных – удары молний, укусы ядовитых животных, автомобильные аварии по вине плохой погоды и т. д., они вызывают каждый раз малочисленные, но в сумме значительные потери. Стихийное бедствие может быть определено как событие, значительно нарушающее обычную жизнедеятельность в ПАГ и вызывающее существенные жертвы и (или) экономический ущерб. Но по сути этого народного термина *стихийное бедствие* – прежде всего общее несчастье, означающее нечто большее, чем некоторое количество жертв и экономических потерь. Поэтому специалисты по управлению риском предпочитают термин *«чрезвычайная ситуация»* (ЧС), когда речь идет именно об измерении потерь. Кроме того, термин «ЧС» более общий по отношению к термину «стихийное бедствие».

При выборе мер управления природным риском и снижения потерь от природных и природно-техногенных ЧС прежде всего возникает вопрос, можно ли просто уйти от опасности. Участки проявления некоторых видов НОЯ ограничены настолько резко, что бывает достаточно отойти в сторону иногда лишь на немногие десятки метров, чтобы оказаться в безопасной зоне. Другие виды НОЯ не дают такой возможности, поскольку границы участков их проявления размыты. Интенсивность опасного воздействия следует выражать показателями природного явления, минимальными по числу и отвечающими характеру поражаемого объекта (элемента ПАГ). Кроме того, при выборе этих показателей должна быть учтена необходимость оценки повторяемости воздействий разной интенсивности (и ЧС соответствующей тяжести) на основе знаний о геофизических условиях возникновения опасных природных явлений. Интенсивность опасных воздействий в общем случае определяется отклонением природной обстановки от нормы по «силе» воздействующего фактора и (или) по площади его воздействия и (или) длительности. Применение различных защитных мер определяется обстоятельствами и общей стратегией управления риском.

Оценки социально-экономических эффектов НОЯ разнообразны. Они делятся на заблаговременные затраты для предотвращения потерь и не предотвращенные потери. Ущерб от НОЯ разделяется по объекту их воздействия на: социальный, экономический, экологический.

Социальный ущерб обычно измеряют: числом жертв, раненых и пострадавших (потерявших кров и т. д.) в очаге ЧС; можно также принимать во внимание число людей, так или иначе затронутых последствиями ЧС за пределами ее очага. Потери в виде жертв и увечий (утраты трудоспособности) могут быть оценены в денежной форме несколькими способами через: стоимость содержания инвалида; утрату прибыли от потери работника; величину доплаты за профессиональный риск; стоимость мер, необходимых для снижения смертности.

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

Экономический ущерб от воздействия НОЯ заключается прежде всего в непосредственных потерях зданий, сооружений, оборудования и т. п. (основные фонды), оборотных фондов (сырья, топлива, полуфабрикатов), готовой продукции, урожая, скота, яичного имущества и т. д. Это – *прямой ущерб*, полный перечень слагаемых которого может быть весьма длинным. Считается, что при оценке прямого ущерба от ЧС упускается из вида до 30 % его величины. *Косвенный экономический ущерб* при ЧС образуется: вследствие недополучения продукции за время остановки поврежденных и связанных с ними предприятий; отвлечения людей и техники на аварийно-спасательные и ремонтно-восстановительные работы; роста себестоимости или снижения качества продукции, смежников, вынужденных использовать иные варианты снабжения и транспорта и т. д. *В зависимости от экономической «дистанции»*, на которую этот вид ущерба распространяется, он может быть подразделен на: местный, народнохозяйственный и мирохозяйственный. Экономический ущерб от слабых, рассеянных воздействий НОЯ создается: множеством мелких поломок, ускоренным износом зданий и коммуникаций, повышенными потерями тепла и т. п. Он выражается в форме: предвидимого увеличения эксплуатационных расходов, снижения производительности труда, средней многолетней урожайности в сравнении с ее величиной в лучшие годы.

Экологический ущерб природе возможен при событиях природно-антропогенного характера. Прямые потери эксплуатируемых природных ресурсов называют *эколого-экономическим ущербом*; потери природной среды как биосферы можно назвать *собственно экологическим ущербом*. Главная

проблема стоимостной оценки природных ресурсов и эколого-экономического ущерба заключается в том, что природные ресурсы оцениваются в критериях индустриальной экономики столь низко, что их истощение неизбежно.

В самом деле: минеральные ресурсы оцениваются лишь по затратам на разведку, разработку и доставку потребителю; водные – на подготовку (фильтрацию и пр.) и доставку; лесные – на рубку и доставку; цена земли (пашня, пастбище, промысловые и рекреационные угодья) считается через: получаемый доход; величину затрат на возмещение участков, отбираемых в иное пользование (например, затопливаемых водохранилищами) или стоимость возвращения (рекультивации) техногенной пустыни в сельскохозяйственное или хотя бы лесопарковое использование.

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

Тяжесть ЧС можно соотносить с *абсолютной величиной потерь*. Но они весьма различаются для ТКНХ разного типа. Поэтому целесообразнее рассматривать потери относительно богатств или потенциала восстановления ТКНХ.

По потере относительно богатств:

ЧС-1, ЧС-2, ЧС-3 и ЧС-4 соответственно:

- для городов отвечают поражению менее 1%; 1-10; 10-30; и более 30% их территории,
- для пахотных земель - потере их плодородия до 5%, 5- 10; 10-30 и более 30%,
- потере, урожая до 10%, 10 - 30 и более 30% отвечают ЧС первой, второй и третьей категории соответственно.

По потенциалу восстановления:

- ЧС-1 и ЧС-2 отвечают вариантам эволюции ТКНХ при подавляющем большинстве природных и техногенных ЧС;
- к категории ЧС-3 относятся не слишком разрушительные землетрясения, сильные наводнения, длительные засухи и пр.;
- более тяжелые ЧС - 4, 5 уникальны: поражение зоны вблизи Чернобыльской АЭС, случаи гибели государств, в историческом прошлом от засоления почв, обезвоживания (опустынивания) или, напротив, от затопления земель.

Чрезвычайные ситуации разных категорий тяжести находят разный *социально-психологический отклик*. ЧС-1 проходят почти незаметно. ЧС-2 для большинства населения неприятность, вызывающая чувство неудобства, раздражения и т.д. ЧС-3 это уже бедствие в прямом смысле слова; они могут

существенно менять социально-психологическую обстановку, вызывать вспышки эмиграции. ЧС-4 создают общее уныние, возбуждают принципиальные изменения жизненных ценностей и могут привести к социальным потрясениям. ЧС-5 уцелевших людей (эмигрантов) навсегда остаются событием, сломавшим жизнь.

Предложенная типизация ЧС по тяжести, как можно видеть, применима, и к событиям далекого прошлого, и ко всему кругу современных и предвидимых проблем управления природным и иными видами риска. Она согласуется со многими сходными по назначению шкалами, например, со шкалой биологической опасности загрязнения (БОЗ), разработанной Всемирной организацией здравоохранения; остроты экологической ситуации (ОЭС) предложенной Б. И. Кочуровым; градацией «индексов стресса» от стихийных бедствий Г. Форстера и др.

Геоэкологическая классификация антропогенных воздействий на географическую среду. Антропогенные воздействия «накладываются» на природные процессы, приводя к их изменениям. Они характеризуются: высокой временной изменчивостью, преимущественно абиотическим характером, образованием неизвестных ранее химических соединений и т.д. Среди всех видов антропогенных воздействий на природную среду можно выделить приоритетные виды, проявляющиеся наиболее отчетливо и поддающиеся параметрическим оценкам. К ним относятся устойчивые во времени воздействия, в результате которых изменяются природные условия на больших географических пространствах.

Виды антропогенной деятельности могут быть объединены в группы, отличающиеся по: технологии, характеру, масштабу, скорости, продолжительности и месту воздействия на природу.

Классификация антропогенных воздействий (АВ), состоит из трех классов, подразделяющихся на подклассы и группы.

К **первому классу АВ** относятся все виды **эмиссионных антропогенных воздействий (ЭАВ)**, то есть все виды выбросов загрязняющих все сферы природной среды (воздушный бассейн, поверхность почвы, водоемы всех типов и т. д.). Этот класс включает в себя выбросы всех видов источников загрязнений - площадных, локальных, грунтовых. В качестве загрязнителей могут быть газообразные, жидкие и твердые вещества в диспергированном (измельченном) состоянии.

Первый подкласс ЭАВ – газообразные выбросы в атмосферу – подразделяется на следующие группы: нейтральные газовые выбросы, токсические газовые выбросы, термодинамически активные газовые выбросы (малые газовые составляющие (МГС) атмосферы).

Второй подкласс ЭАВ – выбросы аэрозолей в атмосферу – подразделяется на две группы: неорганические жидкие и твердые частицы, органические жидкие и твердые частицы.

Третий подкласс ЭАВ – аэрозоли, оседающие на поверхностях (литосферы, гидросферы, криосферы), разделяется по степени дискретности. От

размера аэрозолей зависит скорость их осаждения из точек выбросов, расположенных над уровнем поверхности.

Четвертый подкласс ЭАВ – выбросы, подразделяющиеся: по степени биологической токсичности, по биогенным свойствам, зависящим от ионного состава.

Ко *второму классу АВ* относятся **фоново-параметрические антропогенные воздействия**. Принципиальная особенность таких воздействий состоит в их распространении на значительных пространствах поверхности планеты. Это тепловое, радиоактивное, ионизационное, шумовое загрязнения. Они могут быть количественно оценены в любой точке пространства путем прямых измерений.

Первый подкласс ФПАВ – это воздействия, приводящие к нагреву всех геокомпонентов природной среды, связанному с повышением энтропии всей системы геоболочек. Причина этого явления очевидна. Сгорание углеводородного топлива, источники гидро- и ветроэнергии, атомные и тепловые станции составляют основу промышленного производства и жизнеобеспечения общества. Отсутствие механизмов и устройств с коэффициентом полезного действия, равным единице, приводит к тому, что значительная часть энергии идет на повышение температуры среды.

Второй подкласс ФПАВ связан с увеличением радиоактивного фона природной среды в результате деятельности атомной энергетики и испытаний ядерного оружия. Особо опасен процесс выброса радионуклидов при нештатных ситуациях, возникающих в реакторах атомных электростанций и в других видах реакторов.

Третий подкласс ФПАВ на природную среду и особенно ее биосферу составляют шумовые воздействия. Этот вид загрязнения пока не привлек внимания исследователей. Между тем влияние шумов повышенного уровня катастрофически сказывается на биологических условиях жизни, сокращает продолжительность жизни и угнетает умственную деятельность человека.

Четвертый подкласс ФПАВ выражается в изменении ионизационного состояния природной среды, главным образом верхних слоев атмосферы, под влиянием ряда производственных процессов. Невозмущенному состоянию атмосферы соответствует превышение количества отрицательных ионов над числом положительных в единице объема. Это положение благотворно сказывается на некоторых биохимических и физиологических процессах у живых организмов, в том числе и у человека. Мощным источником отрицательных ионов является растительность. В загрязненной атмосфере меняется общее число ионов. В ней начинают преобладать положительно заряженные ионы, что приводит к эффекту токсичности воздуха. Другим негативным следствием этого вида воздействий служит снижение атмосферой проводимости коротковолновых электромагнитных колебаний в ионосфере.

Третий класс АВ составляет наиболее обширная группа воздействий антропогенного происхождения – это **ландшафтно-деструктивные антропогенные воздействия**. Они объединяют все виды направленного или непреднамеренного изменения ландшафтов. К ним относятся: вырубка лесов,

исчезновение биологических видов, урбанизация, создание агроценозов вместо естественных биоценозов и многие другие формы деструкции природных ландшафтов. ЛДАВ носят ярко выраженный географический аспект. Из огромного числа различных форм воздействий этого класса выделим три основных подкласса.

Первый подкласс ЛДАВ – урбанизация. Отмечают три основные характеристики этого процесса: рост и развитие городов с увеличением доли городского населения; приобретение сельской местностью черт, присущих городам; повышение роли городов в ходе развития общества.

Второй подкласс ЛДАВ связан с заменой естественных биогеоценозов агроценозами. Создаваемые для получения высокоурожайных сельскохозяйственных культур агроценозы, по своей сути, являются деградированными экосистемами, из которых принудительно изъяты многие растительные (и животные) сообщества. Поэтому без систематических внесений энергетических ресурсов самостоятельное существование агроценозов как устойчивых геоэкологических систем невозможно.

Третий подкласс ЛДАВ – мелиорация естественных ландшафтов. Основным экологическим следствием этого является изменение микро- и мезоклимата мелиорированных регионов.

Критерии оценки современного геоэкологического состояния геосистем. Обострение геоэкологических проблем и, как следствие, ухудшение условий жизнедеятельности и состояния здоровья людей объективно обусловили необходимость выделения специальных зон с серьезными нарушениями окружающей среды. Несмотря на ряд мер, принимаемых для снижения негативного воздействия производства на окружающую среду, а также на проводимые природоохранные мероприятия, геоэкологическая обстановка в наиболее населенных и экономически развитых регионах остается неблагоприятной, а загрязнение окружающей среды – высоким. Регионы с очень острыми геоэкологическими ситуациями, при которых состояние окружающей среды начинает прямо угрожать условиям жизни населения, а отдельные геоэкологические проблемы или их совокупность достигают кризиса, различаются механизмом возникновения и возможными мерами нейтрализации негативных последствий сложившейся на той или иной территории неблагоприятной обстановки.

Поэтому выделение зон чрезвычайной геоэкологической ситуации или зон геоэкологического бедствия должно способствовать решению геоэкологических проблем, например, путем приоритетного выделения финансовых и материальных ресурсов: для внедрения соответствующих технологий производства, сооружений для очистки воздуха и воды, дополнительного строительства лечебно-оздоровительных объектов и др. Наступление критической ситуации констатируется тогда, когда деградация окружающей среды превосходит возможности существующих социально-экономических и природных систем поддерживать сложившуюся систему хозяйствования и благосостояние населения в течение длительного периода.

Результаты исследования природно-антропогенных геосистем показали целесообразность выделения, наряду с зонами чрезвычайной геоэкологической ситуации и геоэкологического бедствия, также районов с напряженной геоэкологической обстановкой (зон геоэкологического риска), где в результате хозяйственной деятельности начались негативные изменения в состоянии окружающей среды и требуется проведение предупредительно-профилактических мероприятий. При рассмотрении неблагоприятных в геоэкологическом отношении районов принципиально важно определить: стратегические и тактические направления оздоровления обстановки, снижения степени воздействия на окружающую среду. Для этого разрабатывают специальные программы.

При оценке окружающей среды и к выбору наиболее емких и информативных критериев оценки состояния геосистем, их природной и антропогенной составляющих целесообразно использовать *комплексный геоэкологический подход*. В соответствии с основными положениями действующих директивных документов *геоэкологическую обстановку* можно классифицировать по возрастанию степени (уровня) геоэкологического неблагоприятия в результате природно-антропогенных нарушений. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений геосистем по глубине и необратимости, т. е. по реальным, имеющим физическое выражение морфологическим факторам. Принято различать следующие *классы состояний и зоны нарушений*:

- *геоэкологической нормы*, или класс удовлетворительного (благоприятного) состояния окружающей среды. Это территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости геосистем, их относительной стабильности; удовлетворительного здоровья населения. Значения прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых (деградация земель менее 5 % площади);
- *геоэкологического риска*, или класс условно удовлетворительного (неблагоприятного) состояния окружающей среды. Это территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости геосистем, их нестабильным состоянием, ведущим в дальнейшем к спонтанной деградации геосистем, но еще с обратимыми нарушениями. Территории требуют разумного хозяйственного использования и планирования мероприятий по их улучшению; здоровье населения ухудшено частично. Значения прямых критериев оценки незначительно превышают ПДК или фон (деградация земель 5–20 % площади);
- *геоэкологического кризиса*, или класс неудовлетворительного состояния окружающей среды или чрезвычайной геоэкологической ситуации. Это территории с сильным снижением продуктивности и потерей устойчивости геосистем, с труднообратимыми нарушениями; отмечена серьезная угроза здоровью населения. Происходят устойчивые отрицательные изменения состояния естественных геосистем (уменьшение видового разнообразия, исчезновение отдельных видов растений и животных, нарушение генофонда). Необходимо выборочное

хозяйственное использование территорий и планирование их глубокого улучшения. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон (деградация земель 20-50 % площади);

- *геоэкологического бедствия* – катастрофы, или класс катастрофического состояния окружающей среды. Это территории с полной потерей продуктивности, глубокими практически необратимыми нарушениями геосистем; здоровье населения значительно ухудшено. Происходит разрушение естественных геосистем (нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда). Значения прямых критериев оценки многократно превышают ПДК или фон (деградация земель более 50 % площади).

Характеристика зон и определение классов геоэкологического состояния территории дается по наиболее репрезентативным показателям, но обязательно с использованием и взаимным учетом *тематических, пространственных и динамических критериев* оценки. Важно подчеркнуть, что единого интегрального показателя состояния (или оценки) геосистем пока не разработано, однако число наиболее репрезентативных показателей может быть сведено к оптимальному минимуму. Следовательно, оценка геоэкологического состояния территории может состоять из интегральной морфологической оценки состояния геосистемы с расшифровкой ее через характеристику состояния отдельных компонентов окружающей среды. Только так можно оценить современное состояние геосистемы, а также и причины этого состояния с учетом влияния техногенеза. Глубокие необратимые изменения необходимо рассматривать за относительно короткий исторический срок, но не менее продолжительности жизни одного поколения людей. Особое внимание необходимо обращать на выбор и обоснование критериев, по которым оценивают геоэкологическое состояние отдельных территорий.

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

Под существенным ухудшением здоровья населения понимают увеличение необратимых, несовместимых с жизнью нарушений здоровья, изменение структуры причин смерти и появление специфических заболеваний, вызванных загрязнением окружающей среды.

Под угрозой здоровью населения понимают существенное увеличение частоты обратимых нарушений здоровья (неспецифические заболевания, отклонения физического и нервно-психического развития и др.), связанных с загрязнением окружающей среды.

Медико-демографические показатели геоэкологически неблагоприятных геосистем сравнивают с аналогичными показателями контрольных (фоновых) территорий в тех же природных зонах. В качестве контрольных (фоновых) принимают населенные пункты (либо отдельные их части), где зарегистрированы более благоприятные значения медико-демографических показателей. Эти показатели рекомендуют определять отдельно для городской

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

Состояние окружающей среды также характеризуют *критерии загрязнения воздушной среды, воды, почв, истощения природных ресурсов и деградации геосистем*. Существует несколько подходов к классификации и иерархии показателей оценки состояния геосистем различного уровня и их компонентов. Под *критерием* подразумевают описание совокупности показателей, позволяющих охарактеризовать ухудшение состояния здоровья населения и окружающей среды. *Показатели* означают размер, а *параметры* – границы интервалов, соответствующих степеням экологического неблагополучия территорий. Параметры приняты либо на основании научных, экспериментальных данных, либо экспертных оценок специалистов.

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

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

Ботанические критерии имеют наибольшее значение, поскольку они не только чувствительны к нарушениям окружающей среды, но и наилучшим образом прослеживают зоны геоэкологического состояния по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени. Ботанические показатели весьма специфичны, так как разные виды растений и различные растительные ассоциации в неодинаковых географических условиях имеют разную чувствительность и устойчивость к нарушающим воздействиям и, следовательно, одни и те же показатели для классификации зон геоэкологического состояния могут существенно варьировать для разных геосистем. При этом учитывают признаки негативных изменений на разных уровнях: организменном, популяционном и экосистемном.

Зоологические критерии можно рассматривать на ценотическом и на популяционном уровнях. По ним выделяют ряд стадий геоэкологического нарушения геосистем. *Зону риска* определяют главным образом по геоэкологическим критериям начальной стадии нарушения – синатропизации, потере стадного поведения, изменении путей миграции, реакции толерантности. Последующие стадии нарушения оценивают дополнительно по пространственным, демографическим и генетическим критериям. *Зона кризиса* характеризуется нарушением структуры популяций, групп и стай, сужением

ареала распространения и обитания, нарушением продуктивного цикла. *Зона бедствия* отличается исчезновением части ареала или местообитания, массовой гибелью возрастных групп, резким ростом численности синатропных и нехарактерных видов, интенсивным ростом антропо-зоонозных и зоонозных заболеваний. Ввиду сильной межгодовой изменчивости зоологических показателей (не менее 25 %) некоторые из применяемых критериев берут за 5–10-летний период.

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

Пространственные критерии наряду с учетом степени нарушенности имеют большое значения для оценки площади пораженности геосистемы. Если площадь изменения невелика, то при равной глубине воздействия малая по площади нарушенная система восстановится быстрее, чем обширная. Если площадь нарушения превышает предельно допустимые размеры, то разрушение среды практически необратимо и относится к уровню катастрофы. Размер катастрофического нарушения достаточно велик и превышает площадь 10-100 тыс. га в зависимости от типа растительности и геоэкологических условий. Чем серьезнее нарушение, тем больше репрезентативная площадь его влияния. Пространственным критерием зон геоэкологического нарушения служит относительная площадь земель (%), выведенных из землепользования в пределах исследуемой геосистемы. Даже в норме относительная площадь нарушенных земель может достигать 5 %, а в зонах геоэкологического бедствия превышает 50 %. При одной и той же стадии нарушения, выявленной по тематическим критериям, увеличение относительной площади нарушения соответствует более высокому уровню опасности. Это может быть выражено в виде матрицы для административного района площадью 100-200 тыс. га. Если нарушено менее 5 % территории, то изменение квалифицируется в пределах нормы, но умеренное нарушение на относительной площади более 50 % оцениваемой территории уже является основанием для объявления ее зоной геоэкологического риска.

Для классификации зон геоэкологического риска, кризиса и бедствия необходимо учитывать пространственную неоднородность нарушенных зон и

наличие в ней комбинаций относительной площади разной степени нарушения, например: *зона риска* может составлять комбинацию из слабоизмененных площадей (менее 30 %), средне- и сильноизмененных (менее 40 %) геосистем; *зона кризиса* – из слабо- и среднеизмененных площадей (менее 30 %), сильно- и очень сильноизмененных (более 40 %), очень сильноизмененных (менее 30 %) геосистем; *зона бедствия* – из очень сильноизмененных площадей (более 40 %), слабо- и среднеизмененных (менее 20 %), очень сильноизмененных (более 30 %) геосистем.

Динамические критерии наиболее достоверны для выявления зон геоэкологического нарушения по скорости нарастания неблагоприятных изменений окружающей среды. Статические критерии выявления зон геоэкологических нарушений при всей их очевидности недостаточны для объективной оценки изучаемых ситуаций, поскольку они не дают полного представления об истинной картине бедствия. Следует иметь в виду, что имеются природные стабильные зоны с кризисными и бедственными признаками, которые не являются не только антропогенными, но и динамичными. Например, известные биогеохимические провинции по статическим биогеохимическим показателям могут быть отнесены к зонам экологического кризиса. Вместе с тем по динамичным критериям они таковыми не являются, так как повышенные концентрации металлов в почвах и растениях были здесь до антропогенеза. Точно так же нельзя считать зонами экологического бедствия изначально не закрепленные пески, устойчивые природные эрозионные комплексы и т. п. Для выявления скорости смен и исключения годичных колебаний при выделении зон геоэкологического бедствия необходима представительная продолжительность наблюдений. Считается, что минимальный срок для определения линейной скорости изменений составляет 8–10, а нелинейной – 20–30 лет.

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

Некоторые авторы для характеристики геоэкологической ситуации используют понятие *потенциальной емкости* (несущей способности) территории. **Потенциальная емкость (несущая способность) любой экологической или природно-ресурсной системы** – это количество особей организмов какого-либо вида, которые могут устойчиво существовать неопределенно долгое время. Этот показатель может быть выражен, например, числом особей на квадратный километр. В более сложных социальных ситуациях понятие «потенциальная емкость территории» может быть определено как некоторое значительно изменяющееся число людей, населяющих данную территорию, которые могут на обозримое будущее

сохранять данный уровень жизни, используя имеющиеся природные ресурсы, свои трудовые навыки, общественные институты и обычаи.

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

По сути, ПГЕТ характеризует способность окружающей среды к самовосстановлению и нейтрализации вредных антропогенных воздействий, а также является мерой максимально допустимого вмешательства в процессе производственной и иной деятельности. Показатель ПГЕТ может значительно меняться в каждой стране в зависимости от многих причин, например, от: повышения урожайности без снижения потенциального плодородия почв; различий в требованиях к качеству жизни; соотношения рыночной экономики и экономики натурообмена; изменений государственной политики; внедряемых технологических открытий и многих других условий.

Соотношение между антропогенным давлением и естественной потенциальной емкостью страны подвижно; оно может меняться в зависимости от изменений и того и другого фактора. Многие страны мира значительно перенаселены, то есть численность населения превышает имеющиеся ресурсы. Иными словами, антропогенное давление превышает естественную несущую способность территории, и соответственно увеличиваются их геоэкологические проблемы. Несмотря на невозможность получения однозначного ответа при оценке естественной ПГЕТ по сравнению с антропогенным давлением, концепция несущей способности является полезным инструментом для оценки геоэкологического состояния территорий и разработки национальных стратегий развития. Более сложен вопрос оценки соотношения антропогенного давления и несущей способности для мира в целом. Во многом ответ зависит от желаемого уровня благосостояния людей как в среднем для мира, так и по отдельным регионам или странам. Ресурсов Земли уже сейчас недостаточно для того, чтобы материальный уровень жизни всех людей соответствовал современному стандарту развитых стран, и с этой точки зрения антропогенное давление уже превысило потенциальную емкость географической среды. Для обеспечения минимально низкого уровня жизни несущая способность Земли еще не достигнута. Существует, разумеется, много промежуточных вариантов между этими двумя крайними ситуациями.

Основные регионы мира с критическими нарушениями географической среды. Разнообразные сведения о величине и географическом распределении ущерба от стихийных бедствий (СБ) можно найти во многих публикациях по отдельным видам НОЯ, а также в комплексных монографиях и сборниках. Стандартизованные статистические сводки появились в последние десятилетия благодаря усилиям ООН и организаций, занимающихся страхованием жизни и имущества. Анализ общей картины распространенности СБ за 1900-2019 гг. показывает, что большинство СБ приходится на территории, занятые земледелием и промышленностью и при этом наиболее плотно заселенные: сильные ветры (ураганы, тайфуны, смерчи и т.п.) ответственны за 36% общего числа СБ; землетрясения и извержения вулканов - за 35%; не связанные с ураганами наводнения - за 22%; другие виды НОЯ вместе - за 7%.

Сильные ветры как причина СБ наиболее характерны для областей, находящихся под воздействием тропических циклонов, а также смерчей, наиболее распространены в США и Канаде. Землетрясения и извержения вулканов - для побережий Тихого океана и сейсмоактивной зоны от Китая до Средиземноморья. Наводнения повсеместны, но особенно опасны в наиболее плотно заселенных странах: Пакистане, Индии, Бангладеш и Китае. При крупных СБ в 1900-2019 гг. погибло около 11 млн. чел., в среднем 90 тыс. в год, в том числе от наводнений около 52%, засух 22%, землетрясений и извержений вулканов 18%, ветров 7%, от прочих видов НОЯ менее 1%.

Самым смертоносным за 20 лет стихийным бедствием стало землетрясение 12 января 2010 года на Гаити, унесшее 229 570 жизней. За первым подземным толчком магнитудой более 7 последовали еще около тридцати толчков меньшей силы. В результате столица страны Порт-о-Пренс была разрушена практически полностью. Из-за разрушений и антисанитарии до конца 2010 года еще около тысячи человек в Гаити стали жертвами эпидемии холеры.

Цунами в Индонезии в 2004 году – 165 708 погибших (только в этой стране, жертвы в Индии и в Шри-Ланке посчитаны отдельно). Десятки тысяч пропали без вести, более чем миллион человек остались без крыши над головой. Подводное землетрясение в Индийском океане, произошедшее 26 декабря 2004 года, вызвало огромное цунами, которое было признано самым смертоносным в современной истории. Магнитуда землетрясения составила, по разным оценкам, от 9,1 до 9,3 балла. Это третье по силе землетрясение за всю историю наблюдения. На юго-западном побережье Шри-Ланки волны высотой 7–9 метров уничтожили находящийся близ побережья переполненный пассажирский поезд, в результате чего погибли около 1700 человек – крупнейшая железнодорожная катастрофа в мировой истории.

Сычуаньское землетрясение 12 мая 2008 года в китайской провинции Сычуань. Магнитуда землетрясения составила 8 баллов. Погибло 69 197 чел., 18 тыс. пропало без вести, 288 431 пострадало. Сегодня существует мнение специалистов о том, что землетрясение в Китае в мае 2008 года в провинции Сычуань стало техногенной катастрофой, поскольку спровоцировано оно было результатами деятельности человека. Ученые-сейсмологи основной причиной

называют деятельность ГЭС, расположенной в пяти километрах от эпицентра землетрясения. Они полагают, что именно давление воды в хранилищах гидроэлектростанции смогло спровоцировать движение сейсмически неустойчивых пластов Сычуаньской котловины. В пользу этой теории говорит и тот факт, что эпицентр землетрясения находился всего лишь на глубине восьми километров. Власти Китая всеми силами отрицают человеческий фактор в основе произошедшей трагедии. Это понятно. Правительству выгоднее объявить виновником неуправляемые природные явления, чем взять на себя ответственность за последствия катастрофы. Землетрясение, обрушившееся на провинцию Сычуань, имело жуткие разрушительные последствия. Магнитуда толчков оценивалась в 8 единиц по шкале Рихтера. За первым толчком последовал ряд повторных. Всего землетрясение длилось несколько дней, перенеся почти 25 тысяч подземных толчков различной силы. Продолжающаяся сейсмическая активность делала невозможным или значительно затрудняла проведение спасательных операций. Возможно, именно этим объясняется такое большое количество жертв. Города провинции были разрушены до основания. И некоторые из них официально получили статус «мертвых». Сильнее всех пострадал город Бэйчуань. Всего в этой катастрофе по официальным данным погибло почти 70 тысяч человек, пропало без вести около 18 тысяч. Почти 350 тысяч человек получили ранения различной степени тяжести. Более 500 детей остались сиротами. Специалисты утверждают, что Сычуаньское землетрясение стало сильнейшим за последние тридцать лет. Общий экономический ущерб составил порядка 150 миллиардов долларов США. Правительство Китая выделило из бюджета страны более 440 миллионов долларов США на восстановление и ликвидацию последствий землетрясения в провинции Сычуань. Россия оказала Китаю финансовую помощь в размере 14 миллионов долларов США. По прошествии ста дней после катастрофы власти впервые открыли «мертвые города» для родственников погибших. На руинах своих бывших домов раздавленные горем люди жгли поминальные свечи. В провинции Сычуань, начиная с 2009 года, ежегодно проходят памятные мероприятия. А на месте разломов земной коры сегодня открыт мемориальный музей.

Тема 3. Геоэкологическая экономика и природопользование

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

обходиться без учета экологических факторов. В настоящее время учет экологических затрат становится необходимостью. Цена продукта должна отражать все виды затрат. Она должна включать затраты общества, связанные с загрязнением воды, воздуха и почвы, с болезнями, вызванными этими загрязнениями, с расходом возобновимых и не возобновляемых ресурсов, со снижением функций жизнеобеспечения окружающей среды и пр. Задача интегрирования экономических и экологических проблем изучаются экономикой окружающей среды, экономикой природных ресурсов, но исследования всей сложной системы взаимоотношений природы и общества относятся к новому междисциплинарному направлению - *геоэкологической экономике*.

Оценка истинного состояния экономики стран должна основываться на анализе и оценке следующих показателей: $ФУД = (ВНП - АМК) + (РПБ - АПБ - МПУ - ПНУ)$, где ФУД - фактический устойчивый доход, ВНП - валовой национальный продукт, АМК - амортизация материально-финансового капитала, РПБ - рост национального природного богатства, АПБ - амортизация национального природного богатства, МПУ - стоимость мер по предотвращению ущерба природным ресурсам, ПНУ - потери от не предотвращенного ущерба природным ресурсам. При этом два первых члена правой части уравнения отражают традиционную оценку состояния экономики, а четыре последующих члена - геоэкологическую часть этой оценки.

В США разработан Индекс истинного прогресса (ИИП), отражающий изменения благосостояния этой страны. Он принимает во внимание более двадцати экономических, социальных и экологических индикаторов. ИИП основан на данных ВНП, выражается в денежном исчислении и потому позволяет сравнивать ИИП и ВНП. Вместе с тем ИИП вносит поправки к некоторым показателям, учитываемым в ВНП. ИИП, например, учитывает неравномерность распределения дохода таким образом, что он уменьшается, если бедная часть населения получает меньшую, чем в среднем, долю национального дохода. ИИП добавляет к ВНП некоторые факторы, например, стоимость домашней или добровольной работы. Вычитает из ВНП такие показатели как потери общества в связи с ростом преступности или загрязнением окружающей среды. ИИП учитывает ухудшение состояния природных ресурсов.

Проведенные расчеты ИИП для США за последние 25 лет показали, что экономический рост, как будто бы отражаемый в ВНП, на самом деле приводит к снижению ИИП и демонстрирует: исправление ошибок и социальных проблем предшествующего периода; заем ресурсов из будущего; усиление монетаризации экономики без ее фактического прогресса. Общественные настроения в США и изменения таких эмоциональных показателей, как ощущения благополучия, безопасности и счастья, также гораздо точнее отражаются через ИИП, чем через ВНП. Аналогичные расчеты по Беларуси, России и странам СНГ не проводились, но нет сомнения, что фактический рост суммарного национального богатства этих стран давно остановился и стал отрицательным вследствие безудержного экспорта нефти, газа, леса, цветных

металлов, других природных ресурсов и ухудшения состояния окружающей среды.

Более детальные, количественные оценки изменения национального богатства, включающие традиционные экономические и геоэкологические показатели, необходимы как индексы состояния стран и их эволюции. При этом должны учитываться компоненты, выражаемые в денежном и в материальном исчислении (например, в величинах запасов ресурсов), а также приниматься во внимание геоэкологические неисчисляемые факторы, такие как красота ландшафта. Этот подход носит название *бухгалтерии природных ресурсов*. Ни одна из стран пока не ввела у себя эту бухгалтерию, полностью интегрирующую экономические и геоэкологические показатели, но проработки на государственном уровне в ряде стран показывают, что геоэколого-экономический индекс был бы более корректным и полезным, чем принятая сейчас система оценки экономического состояния государств, основанная на идеологии ВВП.

Экологическая экономика – междисциплинарная область знаний, появившаяся в конце 1980-х годов, изучающая взаимосвязи между экосистемами и экономическими системами в самом широком их представлении. Экологическая экономика является своего рода синтезом традиционной неоклассической и ресурсной экономики в сочетании с оценкой воздействия на окружающую среду (ОВОС), с одной стороны, и экономикой природопользования с ОВОС, и традиционной экологией, с другой. Люди-потребители рассматриваются в качестве одного из важных компонентов целостности экономико-экологической системы, а не как доминирующая и центральная сила. Потребление подвергается не только денежным бюджетным ограничениям как в традиционной экономике, но также и природным ограничениям, и действию физических законов. В центре экологической экономики находится устойчивое управление экономико-экологической системой, а временные рамки рассматриваются обычно шире, чем в традиционной экономике.

Цель экологической экономики состоит в поиске наилучших путей проживания на нашей планете «экономного общества», основанного на определении бережливости через экономическую эффективность и достижение экологически приемлемого экономического развития. Конкретные темы исследования в рамках экологической экономики включают: экологически устойчивое экономическое развитие, анализ экологических пределов экономического роста, глобальные изменения климата, сохранение биоразнообразия, экономическая оценка природных ресурсов, эколого-экономическое моделирование, реформа экологического налогообложения и др. В экологической экономике делается упор на междисциплинарный подход, поскольку конфликт экономики и окружающей среды привел к тому, что экономическая и природоохранная политика стали взаимно деструктивными, а не взаимодополняющими и устойчивыми.

Международное общество экологической экономики - ISEE (International Society for Ecological Economics) – международный союз экономистов;

общественная некоммерческая организация, призванная интегрировать экологическую экономику в междисциплинарную науку целенаправленную на мировое устойчивое развитие. Общество основано в 1989 г. Секретариат общества базируется в Вашингтоне. ISEE раз в 2 года проводит международные конференции: Вашингтон, 1990; Стокгольм, 1992; Сан Хосе, Коста-Рика, 1994; Бостон, 1996; Сантьяго де Чили, 1998; Канберра, 2000; Сус, Тунис, 2002; Монреаль, 2004; Дели, 2006; Найроби, 2008; Бремен и Оснабрюк, 2010; Рио-де-Жанейро, 2012; Рейкьявик, 2014; Вашингтон, 2016; Пуэбла, Мексика, 2018. Официальным журналом общества является Ecological Economics.

Содержание и соотношение понятий природопользование, использование природы, природопользователь, природно-ресурсный потенциал, охрана окружающей среды и др.

Природопользование – деятельность по эксплуатации природно-ресурсного потенциала для удовлетворения материальных и культурных потребностей и осуществлению мер по сохранению этого потенциала (включает: а) извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление или воспроизводство; б) использование и охрану природных условий среды жизни; в) сохранение (поддержание), воспроизводство (восстановление) и рациональное изменение экологического баланса (равновесия, квазистационарного состояния) природных систем, что служит основой сохранения природно-ресурсного потенциала развития общества).

Природопользование подразделяется на рациональное и нерациональное. При рациональном природопользовании осуществляется максимально полное удовлетворение потребностей в материальных благах при сохранении экологического баланса и возможностей восстановления природно-ресурсного потенциала. Поиск такого оптимума хозяйственной деятельности для конкретной территории или объекта является важной прикладной задачей науки природопользования. Достижение данного оптимума получило название «устойчивое развитие». При нерациональном природопользовании происходит экологическая деградация территории и необратимое истощение природно-ресурсного потенциала.

Геоэкологические аспекты природопользования. Современный этап развития мирового хозяйства отличается: возрастающими масштабами потребления природных ресурсов; резким усложнением процесса взаимодействия природы и общества; интенсификацией и расширением сферы проявления специфических природно-антропогенных процессов, возникающих вследствие техногенного воздействия на природу. В этой связи большое значение приобретает изучение проблем природопользования. Недоучет или игнорирование принципов научно обоснованного природопользования приводит к многочисленным кризисным явлениям в природе и хозяйстве, столь характерным для многих регионов мира. Указанные положения позволяют рассматривать современное природопользование как процесс удовлетворения личных и общественных потребностей в природных ресурсах (качественный и количественный аспекты) и объектах природы (с изъятием и без изъятия

вещества, элементов, тел природы) в сочетании с мерами по регулированию этого процесса.

По масштабам воздействия на окружающую среду природопользование подразделяется на *глобальное, национальное, региональное и локальное*. Развитие взаимодействия общественных производительных сил и природы объективно приводит к необходимости регулирования этих взаимоотношений, а именно к управлению, в первую очередь, общественными силами на основе целенаправленного труда. Это и является основной целью природопользования в современном обществе. Экологизация экономики привела к формированию нескольких новых областей исследования, соответствующих различным стадиям процесса природопользования.

Экономика природных ресурсов, изучает проблемы эффективного использования природных ресурсов в условиях различных типов экономик и различных природно-климатических зон Земли. Эта область исследования изучает экономику первой стадии процесса природопользования — стадии извлечения и переработки природных ресурсов. *Экономика загрязнения* (экономика удаления отходов), исследует процессы использования такого особого природного ресурса, как ассимиляционный (поглощающий) потенциал природы. Важно, какой объем загрязнения причиняет минимальный ущерб природе и с помощью каких экономических механизмов можно оптимально использовать её поглощающий потенциал. Исследования в области экономики загрязнения имеют дело со второй стадией природопользования — удалением отходов производства. *Экономика природовосстановления и природоохраны* — изучает экономические особенности третьей стадии природопользования, связанной с восстановлением и охраной природных богатств.

Существуют *три основные парадигмы «экономики природопользования»*. *Первая парадигма* основана на идее о том, что наилучшим является минимальное использование природных ресурсов. Согласно принципу «минимизации воздействия», права на использование ресурсов должны находиться в руках локальных групп населения, то есть людей, проживающих в небольших поселениях и заинтересованных в том, чтобы жить в гармонии с природой. *Вторая парадигма* базируется на идее оптимального использования природных ресурсов. Под оптимальностью понимается извлечение из природы такого объема ресурсов, которое позволяет каждому члену растущего общества неуклонно повышать уровень своего благосостояния (небольшой, но одинаковый прирост ежегодного потребления для общества). *Третья парадигма* базируется на принципе максимизации использования природных ресурсов для максимально возможного увеличения благосостояния населения. Согласно этой парадигме, все члены общества стремятся к максимизации использования природных ресурсов.

Использование природных ресурсов – получение различными способами пользы от природных ресурсов для удовлетворения потребностей человека. Человечество всегда использовало природные ресурсы, т.к. других внешних ресурсов у него нет. По мере развития цивилизации человечество потребляет

все больше природных ресурсов, что приводит к деградации окружающей среды и геоэкологическому кризису.

Природопользователь — юридическое или физическое лицо, осуществляющее природопользование. Поскольку каждое предприятие и каждый человек пользуются природными ресурсами и условиями окружающей среды, а вне этих условий (т.е. вне географической оболочки) существовать не могут, постольку все юридические и физические лица без исключений являются природопользователями. Даже в условиях космического полета космонавты остаются природопользователями, так как затрачивают ресурсы, выведенные на орбиту с Земли.

Природно-ресурсный потенциал — совокупность природных ресурсов данной территории, природных условий, явлений и процессов, которые используются или могут быть реально вовлечены в хозяйственную деятельность при данных технических и социально-экономических возможностях общества с условием сохранения среды обитания человека. Размер природно-ресурсного потенциала — это сумма потенциалов отдельных видов природных ресурсов. Природно-ресурсный потенциал территории - важнейший хозяйственный фактор, одно из качеств, по которому оценивается экономико-географическое положение. В процессе хозяйственного освоения территории происходит количественное и качественное изменение природно-ресурсного потенциала территории. Сохранение, рациональное и комплексное использование этого потенциала - одна из основных задач рационального природопользования.

Природный капитал — запасы природных ресурсов, используемых человеком или представляющих для него интерес (хотя бы потенциальный). Природный капитал включает запасы природных активов, таких как почва и леса, животный мир и водные ресурсы, биологические ресурсы, ландшафты, почвенную влагу и др. Иногда говорят о включении в это понятие ассимиляционной емкости геосистем, учета эффекта биогеохимических циклов и энергетических потоков. Природный капитал рассматривается в качестве актива в экономике с потенциалом увеличения производительности и благополучия людей. Например, ценность природного ресурса как экономического актива зависит от величины дохода или благополучия, который он может принести. Производительность антропогенного (созданного человеком) капитала все больше ограничивается сокращением размеров природного капитала. Одним из важнейших принципиальных вопросов в природопользовании является возможность замены природного капитала искусственно созданным.

Природная рента — добавочный доход, получаемый сверх определенной прибыли на затраченные труд и капитал. Образование природной ренты обусловлено более благоприятными условиями, в которых один природопользователь находится перед другим, например, за счет выявления, разведки и добычи природных ископаемых с лучшими горно-геологическими характеристиками, более высокой продуктивности пластов, местоположения

природных ресурсов, лучших климатических условий, более высокого естественного плодородия земли, обладает привилегией и т. д.

Природно-ресурсный цикл — совокупность превращений и территориальных перемещений природного вещества или группы веществ на всех этапах их использования человеком, включая выявление, подготовку к эксплуатации, извлечение из природной среды, транспортировку, переработку, потребление и возвращение в природу.

Охрана окружающей среды — комплекс международных, региональных, государственных и локальных мероприятий, включая административные, политические, технологические, социальные, юридические и общественные, направленные на сохранение в необходимом объеме естественной биоты на земле, обеспечивающей устойчивость окружающей среды. При этом на локальных и региональных уровнях возможны очаги неустойчивого состояния окружающей среды. Цели охраны окружающей среды, обеспечение биологического равновесия в природе улучшение качества окружающей среды достижимы только при условии рационального использования, воспроизводства и сохранения природных ресурсов Земли и ближнего космического пространства в интересах людей, путем его планового преобразования. Все соответствующие меры продвигают человечество и к решению других задач: обеспечению социально-экономического, культурно-исторического, физического, химического и биологического комфорта, обеспечивающего сохранение здоровья человека. Меры по охране окружающей среды включают предотвращение, ограничение и уменьшение негативного воздействия последствий стихийных бедствий, аварий, катастроф либо хозяйственной и производственной деятельности людей на здоровье и благосостояние человека и окружающую человека природную среду. Такими мерами могут являться ограничение выбросов в атмосферу и гидросферу с целью улучшения общей экологической обстановки; ловли рыбы, охоты с целью сохранения определённых видов; выброса мусора; создание заповедников, национальных парков с целью сохранения природных комплексов.

Геоэкологические принципы, правила и законы природопользования и охраны окружающей среды.

Правило (неизбежных) ценных реакций «жесткого» управления природой: «жесткое», как правило, техническое управление природными процессами чревато ценными природными реакциями, значительная часть которых оказывается экологически, социально и экономически неприемлемыми в длительном интервале времени.

Правило «мягкого» управления природой: «мягкое» (опосредованное, направляющее, восстанавливающее экологический баланс) управление природными процессами, как правило, способно вызвать желательные природные ценные реакции и поэтому социально-экономически предпочтительнее «жесткого», техногенного. В отличие от «жесткого» управления «мягкое» управление, основанное на восстановлении бывшей естественной продуктивности экосистем или ее повышении путем

целенаправленной и основанной на использовании объективных законов природы серии мероприятий, позволяет направлять природные ценные реакции в благоприятную для хозяйства и жизни людей страну.

Закон необратимости взаимодействия человек – биосфера: возобновимые природные ресурсы делаются невозобновимыми в случае глубокого изменения среды, значительной переэксплуатации, уничтожения или крайнего истощения, а потому превышения возможностей их восстановления.

Закон обратимости биосферы: биосфера стремится к восстановлению экологического равновесия тем сильнее, чем больше давление на нее: это стремление продолжается до достижения экосистемами климаксовых фаз развития.

Правило меры преобразования природных систем: в ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойство самоподдержания (самоорганизации и саморегуляции) и обычно ограниченные заметным изменением природных систем трех сопряженных уровней иерархии. Из правила меры преобразования природных систем следует ряд выводов. Единица (возобновимого) ресурса может быть получена лишь в некоторый, определяемый скоростью функционирования системы (и их иерархии), отрезок времени. Перешагнуть через фазу последовательного развития природной системы с участием живого, как правило, невозможно. Проведение хозяйственных мероприятий рационально лишь в рамках некоторых оптимальных размеров, выход за которые в меньшую и большую стороны снижает их хозяйственную эффективность. Преобразовательная деятельность не должна выводить природные системы из состояния равновесия путем избытка какого-то из средообразующих компонентов, или, если это необходимо, требуется достаточная компенсация в виде относительно не преобразованных природных систем. Преобразование природы дает локальный или региональный выигрыш за счет ухудшения каких-то показателей в смежных местностях или в биосфере в целом. Хозяйственное воздействие затрагивает не только ту систему, на которую оно направлено, но и на ее надсистемы, «стремящиеся» нивелировать производимые изменения. В связи с этим расходы на преобразование природы никогда не ограничиваются лишь затратами на непосредственно планируемые воздействия. Природные цепные реакции никогда не ограничиваются изменением вещества и энергии, они также затрагивают динамические качества систем природы. Вторичное постепенно сложившееся экологическое равновесие, как правило, устойчивее, чем первичное, но потенциальный «запас преобразований» при этом сокращается. Несоответствие «целей» естественно-системной регуляции и целей хозяйства может приводить к деструкции природного образования. Технические системы воздействия в конечном итоге (в длительном интервале времени) всегда менее хозяйственно эффективны, чем направляемые естественные. Технические воздействия имеют тенденцию превращаться в перманентные и все более усиливающиеся, вплоть до полной замены саморегуляции природных систем техногенным регулированием, что в конечном итоге экономически не целесообразно.

Геоэкологические принципы охраны окружающей среды. Наиболее общим правилом охраны природы можно считать **закон шагреновой кожи: глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается, что требует от человечества научно-технического совершенствования, направленного на более широкое и глубокое использование этого потенциала.** В случае хозяйственной деятельности существует мало осознаваемый **закон неустранимости отходов и/или побочных воздействий производства (хозяйства): в любом хозяйственном цикле образующиеся отходы и возникающие побочные эффекты неустранимы, они могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве**

Принципы охраны природы П. Р. Эрлиха. В охране природы возможны только успешная оборона или отступление. Наступление невозможно: вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены. Продолжающийся рост народонаселения и охрана природы принципиально противоречат друг другу. Экономическая система, охваченная манией роста, и охрана природы также принципиально противостоят друг другу. Не только для всех других организмов, но и для человечества смертельно опасно представление о том, что при выработке решений об использовании Земли надо принимать во внимание одни лишь ближайшие цели и немедленное благо человека. Аргументы об эстетической ценности различных форм жизни, о том интересе, который они представляют сами по себе, или призывы к сочувствию по отношению к нашим, быть может, единственным живым спутникам в космосе в основном попадают в уши глухих. Охрана природы должна считаться вопросом благосостояния и в более далекой перспективе - выживания человека.

Вместе с тем сохранить все невозможно. Закон оптимальности в охране природы и окружающей человека среды может быть сформулирован как **принцип разумной достаточности и допустимого риска: расширение любых действий человека не должно приводить к социально-экономическим и экологическим катастрофам, подрывающим саму возможность существования людей.** Однако все учесть невозможно в связи с исключительной сложностью природных систем, их индивидуальной уникальностью и неизбежностью уже упомянутых природных цепных реакций, характер и направление которых трудно предсказать. **Принцип неполноты информации (принцип неопределенности):** информация при проведении акций по преобразованию и вообще любому изменению природы всегда недостаточна для априорного суждения обо всех возможных результатах таких действий, особенно в далекой перспективе, когда разовьются все природные цепные реакции.

Если зрелость общества и глубина экологического дисбаланса не совпадают, наступает сначала экологический кризис, а затем катастрофа. Чтобы скорректировать поведение человека **Б. Коммонер предложил четыре закона: все связано со всем; все должно куда-то деваться; природа «знает» лучше; ничто не дается даром.**

Следствием всего цикла экологических и близких к ним обобщений является следующее: тысячелетиями все активные действия человечества были направлены вовне - на преобразование природы. Внутренние процессы шли как саморегуляция, а предложения об улучшении социальных механизмов были утопичны прежде всего из-за желания управлять жестко, авторитарно. Человечество не создавало механизма, который бы позволил ему «вписаться» в природу, а наоборот, делало все, чтобы «подняться» над нею, «победить» ее. В настоящее время люди начинают понимать, что это губительно для человечества и принимать меры по оптимизации взаимодействия с природой. Отнюдь не все рассмотренные закономерности могут быть математически точно выражены, хотя большинство из них доступно обосновать эмпирическим рядом данных или даже изобразить в виде уравнения. Лишь небольшую часть положений приходится принимать как аксиому или пока еще трудно доказуемую гипотезу. Вероятно, такое большое количество рассмотренных закономерностей взаимоотношений человека и окружающей его среды невозможно ни разом запомнить, ни учесть в практической деятельности. Но в науке нет ничего лишнего, а существует только верное и неверное.

Тема 4. Экономические механизмы и организационно-правовые основы управления природопользованием

Экономический и социальный ущерб от загрязнения и истощения природной среды. *Под управлением природопользования и охраной окружающей среды понимается обеспечение реализации экологического законодательства.* Применительно к предмету данной отрасли речь идет: о распоряжении природными ресурсами, об обеспечении рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, о сохранении окружающей среды, защите экологических прав и законных интересов физических и юридических лиц. В соответствии с экологическим законодательством управление охраной окружающей среды складывается из ряда функций, действия которых представляют собой постоянное направление деятельности по обеспечению охраны окружающей среды и рационального природопользования. К таким функциям относятся: создание системы органов управления в сфере взаимодействия общества и природы; координация деятельности по управлению; планирование использования и охраны природных ресурсов; экологическое нормирование; экологическая экспертиза; экологическое лицензирование; экологическая сертификация; экологический аудит; наблюдение за состоянием окружающей природной среды; учет состояния и использования отдельных природных объектов и окружающей среды в целом, а также вредных воздействий; экологическое воспитание и образование; контроль за использованием и охраной объектов природы; разрешение в административном порядке споров о праве природопользования и охраны окружающей среды.

Функциями управленческой деятельности по обеспечению охраны окружающей среды и рационального природопользования наделяются не все

субъекты управления. Такие функции, как экологическое нормирование, лицензирование, сертификация, выполняются лишь в рамках государственного управления. Управление природопользованием и охраной окружающей среды осуществляется общественными формированиями, юридическими лицами, государственными органами. Соответственно можно выделить *общественное, производственное, отраслевое (ведомственное) и государственное управление.*

Общественное управление охраной окружающей среды и природопользованием регламентируется законодательством Республики Беларусь и представляет широкое взаимодействие общественных и некоммерческих объединений с органами государственной власти на разных уровнях.

Специфическими функциями *производственного управления*, являются планирование, учет вредных воздействий на природу, экологический контроль, содержание которых определяется экологическими требованиями, регламентирующими использование недр, лесных ресурсов, водных объектов и т. д. Управление в данном случае осуществляется функциональными службами, руководителями производственных подразделений по охране природы. Предприятие должно следовать пяти принципам рационального управления природопользованием: определение политики экологической деятельности и принятия обязательств; составление планов по проведению (внедрению) экологической политики; исполнение (организация должна развивать механизмы проведения экологической политики и достижения экологических целей); создание системы мониторинга и оценка экологических показателей; постоянная оценка и совершенствование системы экологического менеджмента в целях улучшения экологических показателей.

Отраслевое (ведомственное) управление природопользованием и охраной окружающей среды осуществляется министерствами, государственными комитетами, государственными службами в пределах своей отрасли или сферы деятельности. Как и при производственном управлении, содержание отраслевого управления определяется спецификой отрасли или сферы деятельности, характером предприятия, масштабами и видами воздействий на природу.

Государственное управление в области природопользования и охраны окружающей среды - составная часть государственного управления в целом.

Экономическая эффективность мероприятий по управлению и охране окружающей среды. Комплексным показателем, наиболее полно отражающим экономический эффект осуществления средозащитных мероприятий, является величина предотвращенного ущерба. Ущерб от воздействия загрязненной среды состоит: из ущерба здоровью человека; ухудшения условий труда, быта и отдыха; потерь качества продукции; ускоренного износа основных производственных и непроизводственных фондов; снижения продуктивности природных (биологических) ресурсов и потери устойчивости экосистем.

Ущерб, возникающий в результате воздействия загрязненной окружающей среды *на здоровье человека*, можно выразить в виде суммы следующих слагаемых: затраты на выплаты по социальному страхованию за временную

нетрудоспособность, вызванную заболеванием работника или члена его семьи в связи с повышенным уровнем загрязнения окружающей среды; потери в материальном производстве от недовыпущенной продукции, оцененных по средней величине прибавочного продукта, полученного за счет увеличения числа занятых в сфере материального производства; затраты на восстановление и укрепление здоровья трудящихся после болезни, выплачиваемые из средств общественных фондов; потери от снижения производительности труда в первый период после болезни и в течение последующего периода, если заболевание вызывает неблагоприятные последствия долговременного характера.

Ущерб в *сфере материального производства*, обусловленный ростом загрязнения окружающей среды, включает в себя: потери от ускоренного выбытия основных производственных фондов, обусловленные загрязненными элементами окружающей среды (коррозия металла, разрушение конструкций и другие последствия); потери от выбытия территорий, пригодных для хозяйственного использования, обусловленные увеличением горных выработок и отвалов и выпадающих из сферы сельскохозяйственного использования; дополнительные затраты, обусловленные ростом требований санитарно-гигиенического нормирования при новом производственном строительстве в районах с относительно худшими по устойчивости к нарушению природными условиями и высоким фоновым загрязнением окружающей среды.

Ущерб от загрязнения окружающей среды в *непроизводственной сфере* в основном совпадает со структурой ущерба в отраслях материального производства, но, кроме того, включает в себя: потери от увеличения затрат на восстановление и поддержание уникальных строительных объектов и памятников истории и архитектуры, их профилактические осмотры и текущий ремонт; потери от роста затрат в связи с переносом водозаборов и других сооружений коммунального хозяйства, обусловленных ухудшением качества воды в источнике; потери от гибели или порчи городских зеленых насаждений при росте загрязнений среды, не считая объектов лесного хозяйства; потери от роста затрат на предотвращение просадочно-эрозионных нарушений при гражданском и дорожном строительстве, осуществляемом в городах и городских агломерациях; дополнительные затраты, возникающие в связи с перемещением зон отдыха и благоустройством побережья рек и водоемов, которые обусловлены ростом загрязнения окружающей среды.

Ущерб в *природно-экологической сфере* (потери экосистем природных комплексов, животного и растительного мира и т.п.) от роста загрязнения окружающей среды включает в себя: снижение (или полную утрату) экологической устойчивости экосистем или отдельных их элементов; потери (или снижение) естественной и антропогенно-обусловленной биологической продуктивности природных комплексов; потери (или сокращение поголовья) представителей животного мира и снижение возможности их культивирования в будущем; потери или деградацию биомассы внутренних водоемов и морей; потери от нарушения гидрологических режимов водоемов и водостоков и органолептических свойств воды, обусловленные ростом загрязнения

окружающей среды. Кроме того, потери в природно-экологической сфере влияют на сокращение прироста продукции сельско- и лесохозяйственных угодий, а также на продуктивность вторичных продуктов (ресурсов) леса, увеличение поголовья ценных пород животных (охотничьих), рост объема улова рыб и другие природные объекты.

Показатели предотвращенного ущерба (полного экономического эффекта), отражающие конечные (социально-экономические) результаты оздоровления окружающей среды в городах и районах страны, позволяют конкретизировать производственно-экономическую и социально-демографическую нагрузку и на окружающую среду в процессе социально-экономического развития. Помимо экономического эффекта использование средозащитных мероприятий обеспечивает достижение таких социальных и природно-экологических результатов, которые не могут пока получить адекватное денежное выражение.

Поэтому в соответствии с теорией социально-экономической эффективности народнохозяйственных решений *социальные результаты могут получить отражение в виде экономии*: бюджетных средств в отраслях непроизводственной сферы для обеспечения удовлетворения соответствующих социальных нормативов коммунально-бытового и жилищного обслуживания населения; средств социального страхования на выплату пособий по временной нетрудоспособности при сокращении заболеваемости и травматизма вследствие улучшения качественного состояния окружающей среды; средств социального страхования на выплату пенсий при сокращении инвалидности вследствие предотвращения травматизма, обусловленного загрязнением окружающей среды; бюджетных средств на развитие здравоохранения вследствие сокращения заболеваемости и травматизма, обусловленных загрязнением окружающей среды; средств бюджета на обучение и подготовку кадров вследствие сокращения выбытия трудовых ресурсов по инвалидности и необходимости их преждевременной замены; личных средств населения на дополнительные коммунально-бытовые услуги и предметы потребления, а также на рекреационные потребности, обусловленные предотвращением загрязнения окружающей среды; свободного времени населения вследствие снижения потребностей в дополнительных услугах жилищного, коммунально-бытового и рекреационного назначения.

Эти виды социальных эффектов средозащитных мероприятий отражают реальную экономию материальных и финансовых ресурсов и общественных фондов потребления, которая может быть направлена обществом на другие общественно необходимые нужды, в том числе и на экологические. Поэтому они должны в полной мере учитываться в расчете эколого-экономического эффекта мероприятий по управлению и охране окружающей среды.

Экономическое стимулирование природопользования и природоохранной деятельности. Методы управления качеством окружающей природной среды. Системы управления природоохранной деятельностью различных стран развивались под воздействием исторических, политических, этнокультурных и других факторов. Поэтому в разных странах используются различные инструменты управления природоохранной

деятельностью. Анализ существующих методов управления природоохранной деятельностью позволяет выделить три основные группы этих методов: административное регулирование; система экономических стимулов; методы регулирования, основанные на рыночных отношениях в сфере природопользования.

Указанные подходы к управлению природоохранной деятельностью могут применяться на различных стадиях производственного процесса применительно к его воздействию на окружающую среду. Это воздействие зависит от: состава первичных ресурсов, специфики производственного процесса, применяемых природоохранных технологий. Немалую роль в выборе методов управления играет экономический уклад, сложившийся в стране.

Административные методы управления природоохранной деятельностью. Административное регулирование предполагает введение соответствующих нормативных стандартов и ограничений. Кроме того, административное регулирование требует прямого контроля и лицензирования процессов природопользования. В лицензиях природопользователю указываются ограничения на природопользование, которые он должен соблюдать.

Стандарты качества окружающей природной среды регламентируют допустимое состояние воздушного и водного бассейнов, почв, других природных компонент. В качестве стандарта качества используется система предельно допустимых концентраций (ПДК).

Стандарты воздействия на окружающую среду определенного производственного процесса устанавливают уровень выбросов или сбросов из данного точечного источника выбросов (сбросов) после применения очистного оборудования. Стандарты воздействия определяются на основе ПДК. Для каждого природопользователя выбросы не должны превышать таких величин, при которых по всей территории, подверженной воздействию, соблюдаются нормативы ПДК. Расчеты этих стандартов воздействия, которые называются предельно допустимыми выбросами (ПДВ) для воздушного бассейна и предельно допустимыми сбросами (ПДС) для водных объектов, проводят с учетом рассеивания выбросов или разбавления сбросов и наложения их на фоновое загрязнение. Часто приходится сталкиваться с ситуацией, когда природопользователь ни при каких условиях не может быстро сократить свои выбросы или сбросы до уровня предельных нормативов. В качестве компромисса для них устанавливаются нормативы временно согласованных выбросов (ВСВ) или сбросов (ВСС). При этом предполагается наличие программы мероприятий для снижения выбросов или сбросов до уровня нормативных.

Технологические стандарты устанавливают определенные требования для процесса производства или технологии очистки от загрязнений. Например, в США используются стандарты так называемой наилучшей из доступных технологий. Этот стандарт означает, что для природопользователя, подпавшего под действие такого стандарта, должно соблюдаться следующее требование:

природоохранная технология должна соответствовать некой эталонной (стандартной) технологии.

Стандарты качества продукции. Это стандарт содержания вредных примесей в продуктах питания, сельскохозяйственных продуктах, питьевой воде и т.п. При нарушении установленных нормативов и стандартов для окружающей природной среды применяются меры административного воздействия на виновников загрязнения.

Прямые запреты. Эта мера применяется, если определенные производства или первичные ресурсы оказывают настолько нежелательное воздействие на окружающую среду, что наиболее действенной мерой становится их полное запрещение. В качестве примера можно привести запрещение применения ряда пестицидов (ДДТ, ГХЦГ), а также запрет на производство и потребление хлорфторуглеродов (фреонов), которые (как считают) разрушают озоновый слой Земли. В рамках прямых запретов могут использоваться ограничения общего масштаба негативного воздействия на окружающую среду или ее компоненты с помощью вводимых лимитов или квот (например, производства определенного вещества, вылов рыбы, заготовка леса, предельное число выпасаемых на 1 га животных и т.п.).

Сертификаты на использование земель и воды даются при дефиците этих ресурсов для ранжирования потенциально конфликтующих природопользователей в целях максимальной эффективности природопользования. Сертификаты или лицензии выдаются природопользователям в том случае, если для них определены лимиты воздействия. Эти сертификаты дают право на использование, временное или постоянное, конкретного участка земли, леса, забор определенного объема воды и т.п.

Оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС) – основная часть в составе проектной документации, состоящая из: прогноза влияния проектируемого объекта на природную среду (современные ландшафты территории и его компоненты); экологической, экономической и социальной оценок возможных изменений и последствий. ОВОС включает в себя анализ альтернатив проекта, т.е. способов достижения поставленной цели другим путем, вплоть до полного отказа от нее. Главная цель ОВОС не оценка как таковая, хотя очень важно качество оценки, а принятие решения директивными органами на основе этой оценки.

Лицензии (разрешения) необходимы для природопользователей, которые желают активно работать в сфере, подлежащей лицензированию, или легально осуществлять выбросы или сбросы. Лицензия - документ, выданный специально уполномоченными на то органами (Министерство природных ресурсов) и удостоверяющий право его владельца на использование в определенный период времени (обычно 1 год) природного ресурса (земель, вод, недр и др.), а также на выбросы, сбросы и размещение твердых отходов. Лицензия на комплексное природопользование включает следующую информацию: перечень используемых природных ресурсов, лимиты и нормативы их расхода и изъятия; нормативные платы за охрану и

воспроизводство природных ресурсов; перечень, нормативы и лимиты выбросов (сбросов) загрязняющих веществ и размещение отходов; нормативы платы за выбросы (сбросы) загрязняющих веществ и размещение отходов; экологические требования и ограничения, при которых разрешается хозяйственная и иная деятельность.

Выдаче лицензии предшествует установление лимитов на природопользование, представляющих собой установленные предприятиям-природопользователям на определенный срок объемы предельного использования (изъятия) природных ресурсов, выбросов и сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду и размещения отходов производства. Получив лицензию и пройдя экспертизу на предполагаемую деятельность, природопользователь (промышленное предприятие, фермерское хозяйство, воинская часть и т.п.) в обязательном порядке заключает *договор о комплексном природопользовании*. В этом документе содержатся условия и порядок использования природных ресурсов, права и обязанности природопользователя, размеры платежей за пользование природными ресурсами, ответственность сторон (государства и природопользователя) и механизмы возмещения возможного вреда, причиненного природной среде.

Таким образом, лимиты, лицензия и договор на комплексное природопользование, будучи, с одной стороны, элементами системы экологических ограничений со стороны государства (административное управление), выполняют, с другой стороны, и экономические функции, побуждая природопользователя при помощи «рубля» бережнее относиться к природной среде. Разрешения и лицензии должны сочетаться с другими инструментариями: сертификатами на использование земель, требованиями осуществить ОВОС, как условие предоставления разрешения. Разрешения и лицензии могут быть также дополнены платой за загрязнение, налогами и другими платежами природопользователей при комбинированной экономической природоохранной стратегии.

Экономические методы управления природоохранной деятельностью. Тенденция сокращения вмешательства государства в экономику, с одной стороны, и необходимость перехода от политики ликвидации уже нанесенного ущерба окружающей среде к предотвращению такового, с другой стороны, привели к усилению роли экономических рычагов охраны окружающей среды, имеющих целью оказать стимулирующее влияние на поведение загрязнителя и обеспечить сбор финансовых ресурсов, необходимых для осуществления мер по охране окружающей среды.

Для усиления природоохранной деятельности нужно *создать механизм экономического стимулирования* охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов. Требования к формированию и функционированию этого механизма:

- *ориентация* деятельности отраслей, объединений, предприятий на конечные результаты, т.е. улучшение качества окружающей среды, снижение и предотвращение ущерба от загрязнения природной среды;

- *эколого-экономическая оценка* природных ресурсов и ущерба от загрязнения окружающей природной среды (ОПС) в региональных системах;
- *установление норм платы* за использование природных ресурсов и сверхнормативное загрязнение ОПС;
- *строгий учет и контроль* за фактическим состоянием ОПС и соблюдением нормативов;
- *создание экономической заинтересованности* и ответственности предприятий, объединений и региональных органов в рациональном использовании природных ресурсов и охране ОПС;
- *установление обоснованных соотношений* между сокращением вредных выбросов и размеров стимулов, выделяемых предприятиям;
- *установление дифференцированных размеров* экономического стимулирования и штрафных санкций на отрасли, предприятия и ответственных за нарушение экологического равновесия в природе лиц.

В ряду экономических рычагов и стимулов в регулировании охраны природы *основное место занимают платежи и налоги за загрязнение*. Они выражаются в установлении платы за выбросы или сбросы. Уровень платежа соответствует социально-экономическому ущербу от загрязнения, но его не следует рассматривать как компенсацию такого ущерба. Налоги и платежи за загрязнение являются экономической основой выбора предприятием-загрязнителем стратегии сочетания степени очистки и платы за остаточный выброс. Это позволяет минимизировать суммарные издержки, связанные как с природоохранной деятельностью (затраты на уменьшение выбросов (сбросов) загрязнителей), так и с платежами за превышение предельных нормативов загрязнений.

Виды экологических налогов. *Налоги на выброс (сброс, складирование)* загрязняющих веществ в окружающую среду. Они базируются на количестве и качестве выбрасываемых загрязнителей. Налоги на выброс имеют, как правило, более выраженную финансовую цель, т. е. сбор средств для увеличения инвестиций, направляемых на охрану окружающей среды.

Налоги на пользование представляют собой оплату расходов коллективных или коммунальных систем сброса и очистки от загрязнения. Ставки налогов могут быть едиными или дифференцированными в зависимости от количества и качества очищаемых сточных вод или размещаемых отходов. Эти налоги следует рассматривать скорее, как оплату услуг по уменьшению загрязнения, чем как экономический механизм охраны окружающей среды. Однако применение таких налогов позволяет достаточно полно покрывать расходы за счет конкретных загрязнителей.

Налоги на продукцию - добавочный налог к ценам на продукцию, которая загрязняет окружающую среду на стадии производства или потребления. Налоги на продукцию базируются на отдельных характеристиках продукции (например, налог на содержание серы в нефти) или на самой продукции (налог

на нефть, на смазочные масла, на батарейки, на одноразовую тару для напитков). Налоги на продукцию имеют как стимулирующую цель, так и цель сбора финансовых средств. Стимулирующая цель реализуется, когда увеличение цены за счет налога сокращает потребление продукции. Доходы от налогов на продукцию также могут использоваться для финансирования мер по предотвращению или ликвидации загрязнения, связанного с экологическими характеристиками продукции, или для финансирования других мероприятий по охране окружающей среды.

Дифференцированные налоги могут быть рассмотрены как специальная форма налога на продукцию, комбинирующая положительный и отрицательный добавочные налоги (надбавка и скидка к цене) соответственно на загрязняющую продукцию (товар) и альтернативную продукцию, экологически чистую или экологически грязную.

Административные налоги в основном представляют собой плату (взнос) за регистрацию продукции и контроль. Административный налог схож с налогом на продукцию. Они позволяют частично финансировать деятельность администрации, тем самым ускоряя регистрацию и проведение контроля.

Субсидии. Это общий термин для различных форм финансовой помощи, которая выступает как стимул для загрязнителя изменять его поведение, и которая оказывается фирмам для приведения уровня их воздействия на окружающую среду в соответствие с установленными для них стандартами. Существует несколько видов финансовой помощи. *Гранты* - не подлежащая возврату форма финансовой помощи, оказываемая загрязнителю, если он обязуется в конкретные сроки принять конкретные меры по уменьшению уровня загрязнения окружающей среды. *Льготные кредиты* — это кредиты, которые выдаются загрязнителям, если они осуществляют конкретные природоохранные меры; норма процента по ним установлена ниже рыночной. *Налоговые льготы* – ускоренная амортизация или другие формы освобождения от уплаты налогов или снижение налоговых ставок, если загрязнитель осуществляет определенные природоохранные меры.

Система возврата задатка. В системах возврата задатка добавочный налог (задаток) включается в цену продукции, являющейся потенциальным загрязнителем. Если удастся избежать загрязнения ОПС посредством повторного использования такой продукции (например, многоразовая тара) или она поступает в системы сбора отходов, то следует возврат добавочного налога (задатка).

Принудительные стимулы. Эта категория экономического механизма представляет систему санкций и штрафов, применяемых к загрязнителю в случае его несогласия с установленными правилами. Это могут быть принудительные обязательства, которые представляют собой плату, взимаемую административными структурами с загрязнителя априори в надежде на согласие с установленными правилами. Если согласие достигнуто, то взысканная сумма подлежит возврату. К принудительным стимулам относится и система штрафов за нарушение правил и стандартов. Если предприятие-загрязнитель не подчиняется установленным правилам, то на него налагается

штраф, величина которого зависит от прибыли, незаконно полученной загрязнителем в результате нарушения требований. В решении вопросов совершенствования экономического механизма охраны природы и природопользования большой интерес представляет изучение и критический анализ методов стимулирования природоохранной деятельности в развитых странах. Показательно, что еще в начале 60-х годов указанные страны имели централизованные административные системы управления охраной ОПС, которые базировались на национальных законодательных базах. Позже в США и в других странах наряду с административными мерами начали широко применяться экономические рыночные регуляторы.

В развитых странах к экономическим стимулам можно отнести *информационные системы*, которые обеспечивают полноту информации и свободу ознакомления с ней потребителей. Производители помещают в информационные системы сведения о размерах загрязнения или вредных веществах в продукции. Такая информированность потребителей ведет к изменению спроса на продукцию, обеспечивая в результате сокращение загрязнения, использование соответствующих первичных ресурсов и типа технологий (экологически чистые).

Рыночные методы управления природоохранной деятельностью. В течение последних тридцати лет в странах с развитой рыночной экономикой (особенно в США) административные меры регулирования природоохранной деятельности в значительной степени вытеснялись экономическими и рыночными. Оценка результативности государственных программ охраны окружающей среды, реализованных в США, показала, что затраты на снижение концентраций окислов серы в атмосфере до требуемого уровня были бы в 2-3 раза ниже, если бы была введена плата за загрязнение, пропорциональная объемам выбросов, чем при использовании системы расчета и назначения каждому предприятию уровней ПДВ по загрязняющим веществам. Сочетание рыночного и нормативного подходов представлено в программе торговли выбросами ЕРА (ЕРА - Агентство по охране окружающей среды США). Эта программа введена Агентством по охране окружающей среды для смягчения воздействия на экономику быстрорастущих расходов на достижение принятых стандартов качества окружающей среды.

Суть программы торговли выбросами заключается в том, что предприятие, которое сокращает суммарный выброс некоторого загрязняющего вещества ниже установленного уровня, имеет право поместить излишки от сокращения выбросов в так называемый «*банк выбросов*» (иначе излишки называют *кредиты на выбросы*). В дальнейшем такие предприятия могут использовать свои кредиты на выбросы для собственной реконструкции, модернизации или расширения, а также продать их другому предприятию, нуждающемуся в таких кредитах. Единственным условием такой продажи является нахождение этих предприятий в одном географическом районе. Считается, что такой подход позволяет: сократить суммарный выброс данного загрязняющего вещества при меньших издержках; сделать предприятия более инициативными в выборе методов снижения выбросов и точечных источников выбросов, где эти методы

будут применяться; стимулировать инвестиции в более совершенное очистное оборудование и малоотходные производственные технологии.

Основой программы являются кредиты на выбросы, которые служат своеобразной валютой торговли излишками сокращения выбросов. Такие излишки могут быть созданы различными способами: установкой более эффективного очистного оборудования; переходом на малоотходные производственные технологии; реконструкцией или закрытием как предприятия в целом, так и отдельных производств. Излишки сокращения выбросов могут стать кредитом на выбросы в том случае, если сокращение выбросов удовлетворяет следующим четырем требованиям: имеет не сезонный, периодический или временный характер, а носит постоянный характер; является добавочным к результатам фактической снижения выбросов согласно требуемому нормативному уровню, а не следствием выполнения других требований и мер, предусмотренных планом природоохранных мероприятий по выполнению стандартов качества воздуха; находится в рамках административно-правовой ответственности местной или федеральной инспекции качества воздуха, иначе говоря, контролируется и предписывается этими инспекциями; поддается количественному выражению или измерению.

Цена кредитов на выбросы определяется соотношением спроса и предложения. Чем меньше предложений на рынке кредитов на выбросы, тем больше они стоят, и наоборот. Другими факторами, которые определяют цену таких кредитов, являются: издержки, связанные с созданием излишков сокращения выбросов; возможные выгоды и риск сделки по кредитам для продавца в данный момент; расходы, связанные с осуществлением самой сделки. Спрос на кредиты для покупателя зависит от факторов: выгоды, связанной с возможными прибылями от строительства или эксплуатации предприятия; стоимости осуществления сделки; риска, связанного с приобретением кредитов на выбросы. Цены за кредиты будут подниматься до уровня, при котором покупатели не захотят платить за излишки сокращения выбросов и предпочтут или не расширять производство или перенесут свое производство в более «дешевые» районы. Спрос в этом случае снизится, и цены стабилизируются.

Основу программы торговли выбросами составляют четыре экономических механизма: суммирование выбросов; компенсация выбросов; помещение кредитов на выбросы в «банки выбросов»; бабл-принцип. *Суммирование выбросов, или политика «облака»*: порядок, согласно которому кредиты на выбросы, которые получены на предприятии, используются им самим. Эта политика разрешает каждому природопользователю свободно распределять выбросы между внутренними источниками на своих промышленных объектах таким образом, чтобы в целом они удовлетворяли всем стандартам выбросов. Причем природопользователь не имеет права наращивать выбросы одних видов загрязняющих веществ за счет других. Перераспределение выбросов должно осуществляться по каждому загрязняющему веществу отдельно. В результате не нужно следить за каждой «дымящейся трубой», а можно ограничиться заводом в целом, отдельные

источники которого как бы формируют «облако». Такой подход допускает маневр выбросами: природопользователь может отыскивать их оптимальное распределение, соответствующее минимальным издержкам контроля за загрязнением и очистки от загрязнения.

Экономический *механизм компенсации выбросов* заключается в том, что строительство новых источников загрязнения и одновременное сдерживание загрязнений, например, воздушной среды в районах, где не выполняются федеральные стандарты качества воздуха, возможно только в том случае, если дополнительный выброс загрязняющего вещества от этого источника будет компенсирован сокращением выбросов от других источников. То есть данный механизм решает проблему экономического роста в регионах, которые не удовлетворяют федеральным стандартам качества воздуха или воды. Новые хозяйствующие субъекты, расширяющие деятельность, связанную с ростом выбросов, должны выкупить право на выбросы загрязняющих веществ (кредиты на выбросы) у других предприятий этого региона. Механизм компенсации предусматривает более чем 100% компенсацию с целью общего улучшения качества природных сред, например, воздушного бассейна. При этом продавцы обязаны сократить выбросы на величину, большую, чем будут выбрасывать покупатели.

«*Банк выбросов*» образуется излишками сокращения выбросов. Этот «банк» организует дальнейшее их использование или продажу. Такие «банки выбросов» организуются при региональных органах охраны и контроля природной среды. Подобные банки могут организовываться в межрегиональные банковские системы, объединяющие «банки выбросов» разных регионов. Этот подход облегчает потенциальным покупателям кредитов на выбросы поиск подходящих продавцов, значительно сокращает издержки на такой поиск.

Развитием компенсационного подхода стал *бабл-принцип* (принцип «пузыря»). Бабл-принцип – это альтернативная стратегия административному контролю выбросов. Этот принцип предполагает, что региональная производственная деятельность, отрицательно влияющая на воздушную среду, осуществляется в некотором гипотетическом «пузырьке» достаточно больших размеров. Другими словами, два и более точечных источников загрязнения представляются помещенными как бы в одном объеме под единым сводом. Это позволяет снижать суммарный выброс данного загрязняющего вещества, а не его выбросы на каждом точечном источнике. Задача регулирования в этом случае состоит в наиболее рациональном распределении между загрязнителями воздушной среды (ограниченного объемом «пузырька») возможностей выбросов различных видов загрязняющих веществ. Предприятия, получившие разрешение на применение бабл-принципа, могут снижать выброс определенных загрязняющих веществ на тех его точечных источниках, где природоохранные мероприятия приносят максимальный результат, например, снижают объем выбросов на единицу затрат. Таким образом, предприятия имеют экономию средств при одновременном сохранении качества воздушной среды и сохранении или снижении существовавшего уровня суммарного

выброса. В США разрешение на применение бабл-принципа выдает ЕРА на основе конкретных заявок.

В результате анализа различных подходов к управлению природопользованием можно сделать следующие выводы: применение рыночных подходов в природоохранной деятельности позволяет решать одновременно несколько экологических проблем, ввиду их взаимозависимости; традиционные административно-правовые подходы имеют право на существование, если они дают положительный эффект. Так, при сравнении таких экономических методов, как плата за загрязнение в форме платежей или налогов и торговля правами на выбросы, предпочтение отдается последней. Это объясняется тем, что в случае платы за загрязнение трудно рассчитать величину налога и соответствующий этой величине уровень снижения загрязнения. В случае торговли правами, на выброс сначала рассчитывают необходимый уровень снижения загрязнения и, исходя из его величины, выдают разрешение на выброс. Таким образом, система торговли правами на выброс весьма гибкая система и может быть приспособлена к новым, более жестким природоохранным нормативам.

Рыночный подход позволяет достигнуть более высокого уровня охраны природной среды при тех же удельных издержках на борьбу с загрязнением, стимулирует инициативу предприятий в отношении удобных им методов охраны природной среды. В результате предприятия будут стремиться принимать решения, связанные с меньшими издержками, применять новые технологии борьбы с загрязнением окружающей среды. Об экономической целесообразности изложенного подхода свидетельствуют подсчеты экспертов: только в химической промышленности США при сохранении общего объема выбросов, благодаря применению описанного механизма перераспределения, расходы на поддержание стандартов качества воздушной среды сократятся со 136 до 55 млн дол./год.

В целях упорядочения поступления платы за загрязнения может быть введено *акцизирование загрязнений*. При этом предприятие (до отчетного периода) подает в природоохранные органы сведения о планируемом загрязнении и приобретает лицензию, позволяющую выбросить его в объемах, указанных в лицензии. Если фактические выбросы окажутся меньше запланированных, предприятие может получить остатки денежных средств или продать право на оставшееся загрязнение другому предприятию. В противном случае предприятие штрафуется. В настоящее время Конгресс США принял решение и Агентство по охране окружающей среды выставляет на аукцион акции-разрешения на выброс 1 т диоксида серы. Во исполнение данного решения тепловые электростанции, являющиеся основным источником загрязнения атмосферы диоксидом серы, должны будут ограничивать объем выбросов последнего до величины, соответствующей акции-разрешению. В противном случае они облагаются крупными штрафами, в исключительных случаях предусматривается даже тюремное заключение для руководителей предприятий, нарушивших закон. Таким образом, регулируя количество акций-разрешений, ежегодно выставляемых на аукцион, государство может

эффективно регулировать общую величину выбросов диоксида серы (и не только этого вещества) в окружающую среду. В последнее время принято решение о ежегодном снижении на 2 млн тонн выбросов оксидов азота. Сообщается о возможности участия в покупке акций-разрешений общественных экологических организаций, при этом покупка одной акции будет равносильна выведению из общего количества выбросов 1 тонны того или иного вредного вещества. Аналогичный рынок акций-разрешений планируется создать и по другим видам характерных загрязняющих веществ. В частности, ООН позитивно рассмотрела вопрос о создании международного рынка загрязнений на выбросы хлорфторуглеродов, приводящих, как известно, к разрушению озонового слоя Земли.

Таким образом, по своей сути рыночные методы управления природоохранной деятельностью направлены на обеспечение рационального использования ассимиляционного потенциала природной среды. Вначале общество определяет допустимые масштабы воздействия на среду обитания, затем оно (в лице государственных органов) распределяет лицензии (разрешения) между заинтересованными предприятиями. В дальнейшем (в отличие от административной и экономической системы регулирования) предприятиям дается полная свобода перераспределять, перепродавать лицензии. Органы управления лишь следят за эквивалентностью сделок (т.е. за тем, чтобы общее воздействие на природу не увеличивалось) и способствуют созданию рыночной инфраструктуры: контроль за деятельностью экологических банков и бирж, закрепление прав собственности и создание организаций, обеспечивающих реализацию этих прав. Большинство специалистов признается, что рыночные методы - весьма перспективное направление развития механизма управления природоохранной деятельностью. В то же время они не могут заменить другие методы полностью. Каждый из рассмотренных подходов к управлению природопользованием имеет свои положительные и отрицательные стороны, а, следовательно, свою область применения, зависящую от экономического развития и традиций управления в стране.

Пути совершенствования хозяйственного механизма природопользования. Территориальное природопользование. При анализе последствий воздействия человечества на территориальном уровне можно выделить три комплекса проблем: экономические, эколого-экономические, экологические. Каждый комплекс включает проблемы, возникающие в процессе природопользования, решение которых связано с дилеммой либо о дальнейшем развитии того или иного вида, либо об ограничении или жесткой стабилизации. Природоохранные мероприятия на территориальном уровне могут быть представлены в виде следующей схемы. Управление природопользованием на территориальном уровне предполагает следующие этапы: территориальное и отраслевое планирование хозяйственной деятельности; контроль за реализацией планов, разработка документации и санкций, обеспечивающих соблюдение экологических нормативов. Таким образом, территориальное природопользование включает: нормирование

нагрузок на окружающую среду по всем видам хозяйственных мероприятий (промышленность, транспорт, агропромышленный комплекс и др.) с выделением проблемных ареалов; установление планировочных ограничений в размещении предприятий для сохранения параметров среды (функции природных систем) и поддержание экологического баланса; комплексирование отдельных предприятий по принципу функционирования экосистем с целью минимизации отходов; комплексирование хозяйственных и средозащитных объектов; разработку новых средств и технологий, необходимых для решения природоохранных и социальных проблем и др.

Крупные ТПК состоят из различных по своему назначению функциональных зон, к которым с позиций рационального природопользования предъявляются различные требования. С точки зрения устойчивого развития территорий, нет единого мнения, какую площадь должна занимать та или иная зона. Можно сослаться на Швецию, страну со сбалансированным уровнем природопользования, где существует следующее соотношение площадей: застроено 3%, занято агрокомплексом 8%, леса - 54%, водные поверхности - 9%, горы - 16%, болота - 10%. Считается, что такое территориальное соотношение между освоенными и неосвоенными землями (до 40% освоения территории) является оптимальным с экологических позиций. При этом в приоритетные выдвинуто 6 основных условий устойчивого развития (или рационального природопользования): снижение потребности в энергии и применение возобновляемых источников; рост биологического разнообразия и объема природных ресурсов; создание «замкнутых» (экоподобных) циклов для материалов; соблюдение нормативов взаимодействий между природой и человеком; отсутствие новых экологических проблем в результате соответствующей деятельности в ближайшей перспективе; использование принципа предосторожности и учет невозможности прогноза всех последствий вмешательства в природу.

Оценка природопользования на территориальном уровне проводится с помощью различных методов, которые включают следующие блоки:

- *Анализ существующего состояния ОС:* природных условий, устойчивости к антропогенным нагрузкам (климатические особенности, биогеохимические условия, физико-механическая устойчивость почв, инженерно-геологическая устойчивость и состояние ПР, репродуктивная способность ландшафтов и др.); анализ техногенных условий (антропогенных нагрузок): городская и инженерная инфраструктуры; нарушение состояния воздушного и водного бассейнов, населенных мест, флоры, фауны.
- *Синтезирующая оценка существующего и прогнозируемого состояния ОС по следующим критериям:* экологические - оценка динамики нарушения природных систем; социальная - социально-гигиенические аспекты нарушения среды; экономические - оценка экологического ущерба; организационная - оценка нарушений нормативных требований и ресурсообеспеченности.

- *Оценка эколого-социальных пределов*: градозкологическое зонирование и проблемные ситуации; приоритетные проблемы жизнеобеспечения; анализ финансовых потоков на природоохранные мероприятия; организационно-правовая документация.
- *Стратегия природоохранных мероприятий*: цели и прогнозируемый результат по природным компонентам; градостроительные, технические и организационные мероприятия.

Систематизация полученных сведений отражается как в виде отдельных экологических карт, так и атласов природопользования, раскрывающих современные концепции и результаты многоаспектных исследований о состоянии ОС на территории. В последнее время создаются электронные версии атласов с применением ГИС-моделирования, позволяющие проводить изучение различных сценариев развития хозяйственной деятельности в регионах.

Геоэкологическая экспертиза проектов хозяйственной деятельности.

В начале XXI века развитие земной цивилизации достигло такого уровня, когда для решения глобальных и региональных экологических проблем, для устойчивого развития и сохранения природного разнообразия на нашей планете понадобилась разработка принципиально новых подходов и формирование государственного и международного статуса экологического проектирования и экспертизы.

Проектирование (от лат. *projectus*, буквально – брошенный вперед) – процесс создания проекта: прототипа, прообраза, модели предполагаемого или возможного объекта, материала, схемы охраны природы и т.д. Многообразие видов хозяйственной и иной деятельности человека порождает многообразие видов проектирования. Традиционные виды проектирования – архитектурно-строительное, машиностроительное, гидротехническое. Сравнительно новый вид – природоохранное проектирование.

Экологическое проектирование, а точнее экологическая составляющая проектирования, в широком значении – прогноз и ОВОС любого проекта хозяйственной и иной деятельности человека, которая потенциально может оказать негативное воздействие на окружающую среду. Спектр объектов проектирования чрезвычайно широк. Это – технологии производств, новые материалы, генеральные планы развития свободных экономических зон, проекты гидроэлектростанций, трасс нефте- и газопроводов и т.д.

Экологическое проектирование в узком значении термина – процесс обоснования и оценка воздействия на окружающую природную среду объектов, либо специально предназначенных для изменения неблагоприятных свойств среды обитания человека (природных и антропогенных ландшафтов), либо объектов, имеющих прямое природоохранное значение. Примерами первых выступают проекты полигонов захоронения твердых бытовых и промышленных отходов, устройств депонирования осадков сточных вод и т.д. Примерами вторых – проекты создания заповедников, национальных парков, заказников.

Геоэкологическое проектирование – особый вид экологического проектирования. Это проектирование различных геотехнических систем в рамках географической оболочки Земли В настоящее время целесообразнее говорить о геоэкологических принципах проектирования.

Экологическое обоснование проекта – этап проектирования, в ходе которого на основе экспериментальных и прогнозных построений доказывается, что неблагоприятные экологические последствия при реализации проектов не превысят существующих экологических норм или что, проект соответствует экологическим требованиям, узаконенным в нормативных государственных документах.

Экологическая экспертиза – установление соответствия намечаемой хозяйственной и иной деятельности экологическим требованиям и определение допустимости реализации объекта экспертизы в целях предупреждения возможных неблагоприятных воздействий ее на окружающую природную среду и связанных с ней социальных, экономических и других последствий реализации объекта экологической экспертизы. Это вид научно-практической, оценочной деятельности специалистов государственных органов, ведомств, а также общественности для обоснования принимаемых решений при формировании и реализации природоохранной и экологической политики, связанной с различными видами хозяйственной и иной деятельности человека.

Геоэкологическая экспертиза – вид научно-практической деятельности, направленной на междисциплинарную (комплексную) оценку целостного процесса развития конкретной региональной и локальной природно-хозяйственной системы с целью нахождения механизма коадаптивного совмещения хозяйственной подсистемы с природной. *Объектом геоэкологической экспертизы* выступают территориальные единицы географической размерности, в чем заключается одно из главных ее отличий от экологической. Объекты геоэкологического проектирования и экспертизы выполняют социальные, экономические, экологические функции и являются составными частями природно-антропогенных ландшафтов. Отсюда следует, что может быть предложено значительное число их классификаций. Наиболее конструктивными представляются: по отраслям хозяйств (или виду производственно-хозяйственной деятельности человека); по типу обмена веществом и энергией между природными геосистемами и инженерно-техническими сооружениями; по степени экологической опасности для человека и природы, т. е. по степени загрязнения. *Главная цель геоэкологической экспертизы* – установить на заданные сроки соответствие ТЭО, проектов, схем размещения производительных сил, новых технологий и т.д. нормативным требованиям состояния и охраны природной среды. Другими словами, цель геоэкологической экспертизы – предупреждение возможных негативных последствий от планируемой деятельности человека на среду его обитания и на природную среду в целом. Проектирование тесно связано с экспертизой. Проектирование базируется на государственных строительных нормах и правилах (СНиПах), на ведомственных методических разработках и рекомендациях, отражающих геоэкологические принципы проектирования.

1.2.3. Геоэкологические проблемы географической среды

Тема 1. Геоэкологические проблемы литосферы

Геоэкологические функции литосферы. Литосфера представляет собой верхнюю твердую оболочку планеты толщиной от 50 до 200 км, имеющую большую прочность и переходящую без определенной резкой границы в нижележащую астеносферу. Сверху литосфера ограничивается гидросферой и атмосферой, частично проникающими в нее. Литосфера является геологической основой ландшафта, почв, средой обмена веществом и энергией с атмосферой, и поверхностной гидросферой, через нее осуществляется круговорот воды в природе. Она служит накопителем пресных вод, входящих в структуру наземной биоты, обеспечивая процессы ее жизнедеятельности. Литосфера – среда сосредоточения природных минеральных ресурсов, необходимых для функционирования и развития человечества как общественной социальной структуры. В связи с этим свойства литосферы требуют особого рассмотрения в первую очередь с позиции ее геоэкологических функций, как продукта природного и техногенного развития верхней части земной коры.

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

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

Ресурсы литосферы, необходимые для жизни биоты, включая человека как биологический вид, представлены: *горными породами*, включающими в себя элементы биофильного ряда – растворимые элементы, жизненно необходимые организмам и называемые биогенными элементами; макробиогенные (углерод, кислород, азот, водород, кальций, фосфор, сера);

микробиогенные (для растений это *Fe, Mn, Cu, Zn, B, Si, Mo, Cl, V, Ca*, и для животных (кроме бора) дополнительно селен, хром, никель, фтор, йод и олово; *кудюритами* – минеральными веществами кудюров, являющихся минеральной пищей животных – литофагов; *подземными водами*).

Кудюриты называют «нетрадиционными» источниками минерального сырья, являющимися стимуляторами роста растений и животных. В последние годы кудюриты стали использоваться в качестве добавок: в корм домашних животных, что существенно увеличило их прирост и улучшило физическое состояние. Не исключено, что цеолиты в скором времени могут стать объектом интенсивного использования не только биотой, но и в разных отраслях народного хозяйства. Возможно, это минеральный ресурс завтрашнего дня.

Минеральные ресурсы, необходимые для жизни и деятельности человеческого общества относятся к категории исчерпаемых ресурсов, за исключением пресных подземных вод. В настоящее время из недр извлекается около 200 видов полезных ископаемых, включающих все элементы таблицы Менделеева, а годовой объем мировой добычи минерального сырья достигает порядка 17–18 млрд. т. горной массы в год. По прогнозам некоторых экономистов, запасы многих видов минерального сырья иссякнут к 2050 г.

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

Рассматривая *геологическое пространство* как ресурс, необходимый для расселения и жизнедеятельности биоты и человечества можно констатировать, что и здесь его резервы лимитированы. В настоящее время на нашей планете освоено около 60 % поверхности суши. Интенсивно осваивается подземное пространство литосферы на урбанизированных территориях и в местах захоронения и складирования экологически опасных (токсичных и радиоактивных) отходов.

Геодинамическая геоэкологическая функция литосферы отражает свойства литосферы влиять на состояние биоты, безопасность и комфортность проживания человека через природные и антропогенные процессы и явления. Все катастрофические и неблагоприятные природные и антропогенные геологические процессы по негативному воздействию на биоту можно подразделить на две принципиально различные группы.

Процессы и явления *первой группы* представляют непосредственную угрозу существованию биоты и в том числе человека. Они образуют следующий классификационный ряд (по убыванию негативного воздействия): землетрясение, извержение вулканов, цунами, оползни, сели, лавины, отвалы и провалы.

Процессы и явления *второй группы* не несут непосредственной угрозы существованию биоты, но влияют на изменение условий ее жизнедеятельности, комфортность проживания человека: новообразования и деградация мерзлоты, дефляция и ветровая эрозия, заболачивание, термокарст, водная площадная эрозия, суффозия.

Геохимическая геоэкологическая функция литосферы отражает свойство геохимических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты и человека. Под геохимической аномалией понимается участок территории, в пределах которого хотя бы в одном из слагающих его природных тел параметры распределения химических элементов отличаются от геохимического фона (средней величины природной вариации содержания химических элементов). Большинство аномалий является местом, биологически дискомфортным для проживания людей, приводя к повышенной эндемической заболеваемости и снижению продолжительности жизни.

Недостаток ряда биогенных элементов в природной среде также может быть причиной эндемических заболеваний растений, животных и человека. Например, в Беларуси отмечается полегание злаков (недостаток Cu), гнили корня (недостаток B), заболевания щитовидной железы (недостаток J), акобальтозы (недостаток Co). Примерами таких заболеваний у человека могут служить селенодефицит, железодефицит, молибденовая подагра и др. Развитие заболеваний может быть спровоцировано как недостатком и избытком одного химического элемента (Ca, Cu, Zn, J, Sr и др.), так и соотношением многих химических элементов (Co-Cu, Sr-Ca, Ca-P и др.). Токсичность тяжелых металлов, которые накапливаются в организме человека, сильно зависит от форм нахождения их в окружающей среде. Особенно опасны металлоорганические соединения (ртути, свинца и др.). Летучие тяжелые металлы (ртуть, кадмий, мышьяк, сурьма, селен, литий) легко проникают в организм человека через органы дыхания. Анализ данных по распространению заболеваний человека и патогенных геохимических полей показывает на их взаимообусловленность.

Следует отметить, что растительность и микроорганизмы являются прекрасными биоиндикаторами содержания химических элементов в компонентах литосферы. Именно они указывают места их скопления в экологических системах и возможные пути попадания токсичных веществ в пищу животных и человека. Позволяют судить о вредности элементов и их соединений для живой природы, включая человека. Современные методы оценки позволяют использовать их для диагностики геохимического качества среды обитания.

Технопатогенные литогеохимические аномалии, обусловленные деятельностью человека, по силе и глубине воздействия на биоту и здоровье людей значительно превышают очаги загрязнения природного происхождения. Это связано не только с большой площадью, которую занимают технопатогенных аномалий, но и с более высокой концентрацией в них токсичных элементов. Кроме того, для техногенных очагов характерна высокая

скорость протекания процесса загрязнения, опережающая возможность биоты адаптироваться к изменяющейся среде обитания, что не свойственно природным геохимическим аномалиям. Зоны техногенного загрязнения имеют четкую социально-техническую обусловленность и территориальную привязку к районам интенсивного промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортным артериям и населенным пунктам. Кроме рассмотренных выше литогеохимических в составе геохимических аномалий выделяют гидрогеохимические и атмогеохимические (газовые) аномалии.

Геофизическая геоэкологическая функция литосферы отражает свойства геофизических полей (неоднородностей) литосферы природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты, включая человека. **Геофизическая аномалия** – отклонение значений физического поля Земли от нормального, обусловленное различием физических свойств горных пород и неоднородностью их состава и строения. Выделяются: *естественные физические поля*: магнитное, гравитационное, геотермическое; *искусственно возбужденные физические поля*: электрические поля постоянных токов.

Геопатогенные зоны – области аномального проявления свойств атмосферы, гидросферы, литосферы и глубинных недр планеты, негативным образом отражающегося на состоянии биоценозов и человеческого организма. Аномалии геофизических полей связаны с зонами тектонических нарушений, погребенными речными долинами, рифтовыми структурами и другими неоднородностями литосферы, влияющими на биоту.

К таким аномалиям приурочены очаги повышенной заболеваемости и проявления функциональных расстройств живых организмов. В составе рассматриваемых полей выделяются: магнитное поле, электрическое поле, вибрационное поле, акустическое поле, гравитационное поле, радиационное поле.

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

Вибрационные поля отрицательно сказываются на физиологическом состоянии человека, приводя к повышенной утомляемости, торможению двигательных реакций, нарушению координации движения. Длительное воздействие вибрации приводит к нарушению сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, нервным расстройствам, поражению мышечных тканей и суставов. При землетрясениях и релаксации сейсмических напряжений возникают ультразвуковые и инфразвуковые волны (*акустические поля*). Человек, как биофизический объект, реагирует на них. Ультразвуковые

волны вызывают у него галлюцинации, а инфразвуковые – страх и панику. Причем такие ситуации возможны не только в случае сильных землетрясений, но и при постоянном воздействии серии слабых землетрясений (2-3 балла).

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

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

Патогенное воздействие геологических, геохимических и гидрогеохимических объектов и процессов, а также сопутствующих им геофизических полей на живые организмы, населяющие нашу планету, называется *геопатогенезом*. Неоднократно предпринимались попытки разъяснить сущность явления геопатогенеза с разных позиций. Однако физический механизм патогенного воздействия на живые организмы аномальных зон Земли во многом остается неразгаданным до сих пор.

Таковы в общих чертах биологические последствия воздействия природных и техногенно обусловленных физических полей. Не вдаваясь в детали проблемы, выделим главное: человек, являясь биофизическим объектом, реагирует на изменение физических полей природного и техногенного происхождения. Медико-санитарная ориентированность геофизической и геохимической функций литосферы определяет их принципиальное отличие от ресурсной и геодинамической.

Изложенное выше позволяет заключить, что истощение природных ресурсов и потеря возможности поддержания химического гомеостаза в геосферных оболочках Земли – основные причины нарушения геоэкологических функций литосферы в эпоху техногенеза. Следствием являются геоэкологические кризисы, деградация и частичное вымирание биоты. Сделанные выводы указывают на необходимость разработки проблемы управления геоэкологическими функциями геосферных оболочек Земли, пока человеческая цивилизация не стала прошедшим эпизодом в эволюции Земли.

Влияние современных тектонических и геоморфологических процессов на состояние окружающей среды. По своему происхождению геологические процессы подразделяются на процессы внутренней геодинамики, или *эндогенные процессы*, и процессы внешней динамики, или *экзогенные процессы*.

Эндогенные процессы протекают при участии внутренней энергии Земли. Движения земной коры и формы залегания горных пород, возникающих в результате этих движений, изучает раздел геологии, называемый тектоникой, а

движения получили название тектонических. Различают *три типа тектонических движений*: колебательные, или эпейрогенические; складчатые, приводящие к образованию складок; разрывные, создающие разрывы в породах.

Колебательные движения поверхности Земли, разные по знаку, вызывают наступление моря на сушу или его отступление. Наступление моря на сушу получило название трансгрессии. Суша при этом прогибается. Отступление моря с суши называется регрессией. Последнее определяется поднятием суши.

Складчатые движения земной коры характеризуются большей интенсивностью, силой и амплитудой проявления. Складчатость протекает в меньшие по сравнению с колебательными движениями сроки и дает ощутимые результаты: возникают высокие горы, интенсивно смятые в складки. Складчатость сопровождается образованием крупных разломов и трещин в земной коре.

Разрывные движения – это движения в земной коре образующие трещины, разрывы протяженностью от нескольких миллиметров до десятков и сотен километров. Вдоль трещин часто происходит смещение пластов.

Землетрясения — это также тектонические движения земной коры. В отличие от колебательных и складчатых движений они являются следствием быстрых движений земной коры. Землетрясением называют внезапное и резкое сотрясение земной поверхности, проявляющееся в виде толчков различной силы, вызванных рядом геологических факторов, действующих в земной коре и в верхней мантии. Ежегодно на Земле происходит около 20 катастрофических землетрясений, 150 разрушительных, 7 тыс. сильных и 150 тыс. слабых. В различных участках земной коры землетрясения проявляются с разной силой.

Землетрясение, происходящее на море или океане, называется моретрясением. Оно не опасно для судов, находящихся в эпицентре, так как возникающие волны имеют очень большую длину (до 200-300 км) и сравнительно небольшую высоту. Моретрясения опасны волнами, которые возникают при подводном землетрясении; они называются *цунами*. Распространяясь со скоростью до 800 км/ч, цунами производят опустошительную работу на территориях многих прибрежных стран. В истории человечества известны более 350 моретрясений, приведших к образованию грозных цунами. От них наиболее сильно страдает Япония. Землетрясения зарождаются на разных глубинах в земной коре и мантии и по глубине гипоцентра подразделяются на следующие типы: *поверхностные* (зарождающиеся на глубине менее 10 км), *нормальные* (10 - 60 км), *промежуточные* (60 - 300 км), *глубокофокусные* (300 - 800 км). Наибольшие разрушения производят промежуточные.

В зависимости от причин выделяются три типа землетрясения: тектонические, вулканические, обвальные (денудационные). Тектонические землетрясения являются наиболее распространенными и разрушительными. Они происходят как в земной коре, так и в мантии. Наибольшей для тектонических землетрясений отмечена глубина 800 км в районе Охотского моря. Тектонические землетрясения происходят в областях молодого

горообразования и глубинных разломов в земной коре. Считают, что причина их проявления - резкое смещение на глубине в веществе Земли, связанное с внезапным сдвигом, скольжением или кручением. Тектонические землетрясения причиняют неисчислимы бедствия человечеству: подсчитано, что за последнее столетие от них погибли около 1 млн человек. По данным ЮНЕСКО, в последние десятилетия ежегодно погибали около 14 тыс. человек.

Вулканические землетрясения приурочены к вулканическим областям, обычно они предшествуют вулканическим извержениям или сопровождают их. Наблюдались при извержении вулканов Кракатау и вулканов Гавайских о-вов. Вулканическое землетрясение силой 8 баллов отмечалось в районе Ключевского вулкана на Камчатке и предшествовало извержению вулкана Киргурича.

Обвальные землетрясения происходят в результате подземных обвалов горных пород (например, в карстовых пещерах). Распространены они не широко и составляют менее 1% общего количества землетрясений. Примером может служить обвальное землетрясение, возникшее в 1915 г. в Волчанском районе Харьковской области. Диаметр площади землетрясения составил всего 100 км. Обвальные землетрясения имеют локальное развитие и значительных разрушений не вызывают.

Искусственные землетрясения происходят по воле человека. Например, при сооружении плотин направленным взрывом перемещаются огромные массы Земли, при этом возникают землетрясения в 5-8 баллов.

Даже единичные **извержения вулканов** способны привести к геоэкологическим катастрофам, а если одновременно действуют десятки и сотни вулканов, то это уже может повлечь за собой глобальные катастрофические последствия. Мощное эксплозивное извержение вулкана Санторин в Эгейском море в XVI в. до н.э. привело к гибели минойской цивилизации, центром которой был остров Крит. Именно эта катастрофа сейчас активно обсуждается в качестве прообраза мифа об Атлантиде Платона. Иногда пепел, выброшенный при извержении, может содержать ядовитые вещества и обладать большой кислотностью ($\text{pH} < 4$), при которой растения погибают, а металл подвергается коррозии.

Последние исследования свидетельствуют о том, что массовые вымирания биоты, неоднократно случавшиеся в геологическом прошлом, могли быть связаны с извержениями вулканов. Например, около 185 млн лет назад, в начале татарского века ранней перми, отмечается массовое вымирание морской фауны и флоры. В это время миллионы кубических километров излившихся базальтовых лав способствовали резкому увеличению в атмосфере парниковых газов, а вулканический пепел, попавший в океан, изменил химический состав воды. Стабильная система «атмосфера - океан» оказалась нарушенной, и пережить это изменение смогли лишь некоторые виды организмов. Мощные излияния базальтов совпадают с эпизодами массового вымирания организмов 251, 200 и 65 млн лет назад.

В наши дни извержения вулканов представляют такую же опасность, как и в прошлом. Пепел, выброшенный на большие высоты, забивает двигатели

самолетов. В 1990 г. извержение вулкана Пинатубо на Филиппинах привело к эвакуации американской военно-воздушной базы. К счастью, извержения вулканов сейчас можно предсказать с большой точностью и вовремя эвакуировать людей в случае опасности.

Выветривание – процесс разрушения и изменения горных пород и минералов на земной поверхности и вблизи от неё под влиянием солнечной радиации, воды, воздуха, жизнедеятельности организмов. В зависимости от набора агентов и характера воздействия, можно выделить *три типа выветривания: физическое, химическое, органическое (биогенное)*.

Физическое выветривание – разрушение горной породы под воздействием солнечной радиации и температурных колебаний. При нагревании любая порода расширяется, при охлаждении – сжимается. Результатом является образование всё большего и большего числа трещин. В конце концов изначально монолитная горная порода дезинтегрируется – распадается на обломки. Наиболее благоприятен для развития физического выветривания климат с резкими температурными контрастами, в особенности с большим суточными перепадами температур.

Химическое выветривание – является результатом химических взаимодействий горных пород с атмосферными газами, водой и растворёнными в ней веществами. На ход процессов химического выветривания существенное влияние оказывают условия окружающей среды. Параметры климата – температура и влажность определяют интенсивность химического выветривания и степень разложения первичных минералов. Химические параметры среды (кислотность-щёлочность, окислительно-восстановительный потенциал). Минеральный состав горных пород и их проницаемость для водных растворов.

Органическое (биогенное) выветривание – разрушение горных пород под воздействием живых организмов. Механизмы органического воздействия: воздействие на горные породы выделяемых растениями органических кислот; влияние выделительной деятельности животных; поглощение минеральных соединений непосредственно из горной породы и формирование за их счёт новых минеральных веществ; жизнедеятельность микроорганизмов (включая анаэробные).

Влияние деятельности человека на литосферу. Нарушение геоэкологических функций литосферы оказывает прямое или опосредованное влияние на комфортность существования растительного, животного мира и человеческого общества. В экстремальных случаях может приводить к их гибели (вымиранию).

Основные природные причины нарушений: активизация вулканической деятельности, тектонических движений, столкновение Земли с астероидами и планетами. Кроме прямого воздействия на биоту, эти процессы могут вызывать резкое увеличение содержания углекислоты в атмосфере, повышение температуры воздуха и морской воды. В результате происходит массовое вымирание живых организмов и гибель растительности.

Деятельность человека приводит к истощению природных ресурсов, активизации опасных геологических процессов и загрязнению мест обитания биоты. Следствием таких нарушений являются снижение комфортности существования биоты, миграция отдельных видов, заболеваемость и вымирание. Геоэкологические изменения окружающей среды при разведке, добыче, транспортировке и использовании полезных ископаемых по площади распространения и глубине воздействия на биоту, включая человека, значительно опаснее многих природных явлений.

К основным нарушениям окружающей среды, возникающим в процессе ведения горных работ, относятся: нарушение поверхности земли в связи с добычей полезных ископаемых; ухудшение гидрологических условий в пределах горных предприятий и в примыкающих к ним районах; изменение ландшафтов и создание неудобств местным жителям. Для обеспечения работы горных предприятий необходимы крупные земельные участки. В их пределах находятся месторождения полезных ископаемых, промышленные сооружения и рабочие посёлки. Часто это огромные территории с ценными землями и развитой хозяйственной инфраструктурой.

Разработка месторождений *открытым способом* оказывает значительное влияние на окружающую среду прилегающих к карьерам территорий. Происходит изменение гидрогеологических условий и рельефа. Нарушается структура почвы, ускоряется развитие эрозионных процессов. В засушливых районах наблюдается развевание отвалов, оползневые явления. В районах с многолетней мерзлотой развиваются нежелательные термокарстовые процессы. В настоящее время ведущее место в мировой добыче минерального сырья занимают открытые горные работы. Их удельный вес составляет около 60 %, в том числе 57 – в добыче руд различных металлов, 34 – угля и 97 % – строительных материалов.

Разработка месторождений полезных ископаемых *подземным способом* требует существенно меньших территорий под горные предприятия, чем открытые горные работы. Она не вызывает столь значительных изменений ландшафтов и хозяйственной застройки. Но и здесь имеются свои проблемы. При подземных разработках происходит перемещение больших массивов горных пород. На земной поверхности образуются обширные проседания и разнообразные провалы. Поверхность земли, подвергшаяся деформациям, может быть подтоплена и на долгое время исключена из сельскохозяйственного оборота. Перемещение горных пород иногда может сопровождаться самовозгоранием полезных ископаемых. Эндогенные пожары, охватывая обширные площади или большие массивы пород, затрудняют эксплуатацию месторождений. Они снижают экономическую эффективность горных работ, усиливают процессы изменения ландшафтов и загрязняют атмосферу газообразными продуктами горения.

Важным фактором, вызывающим нежелательные изменения ландшафтов, является необходимость складирования на поверхности земли пустых пород. Не покрытые растительностью отвалы горных пород нарушают внешний вид ландшафтов. Они занимают большие площади пригодных для сельского

хозяйства земель. Недействующие отвалы могут стать источниками несчастных случаев и даже катастроф. Быстрое перемещение больших объёмов пород отвалов может разрушить расположенные вблизи здания, сооружения, дороги и т. п. Может произойти самовозгорание конусовидных отвалов горных пород с температурой в центре очага возгорания до 1400°C.

Влияние горных работ на атмосферу. При работе горных предприятий происходит загрязнение атмосферы. Оно зависит от геологических особенностей месторождения полезных ископаемых и специфики ведения горных работ. Природные факторы в основном приводят к загрязнению газами, производственные – газами и твёрдыми частицами. *Основными загрязнителями атмосферы газами* являются угольная, нефтяная и газовая отрасли промышленности. Предприятия по добыче и переработке нефти и газа загрязняют воздух углеводородами главным образом в период разведки месторождений. В нефтяной промышленности – также и во время эксплуатации, когда попутный газ сжигается в факелах. Предприятия по добыче и переработке угля загрязняют атмосферу метаном, в гораздо меньшей степени – углекислотой. Большое количество пыли попадает в атмосферу в результате работы обогатительных фабрик. Значительными её источниками являются буровзрывные работы в карьерах, погрузочно-разгрузочные работы и движение тяжёлых автомашин по грунтовым дорогам. Насыщение воздуха пылью происходит за счёт развеивания открытых отвалов и других оголённых мест.

Влияние горных работ на гидросферу. Любое проникновение человека в земные недра связано с необходимостью постоянной откачки подземных вод. В результате этого территория в пределах влияния горных работ осушается, понижается уровень грунтовых вод. Истощаются запасы воды поверхностных источников, снижается водность рек, падает уровень озёр и водохранилищ, высыхают болота, исчезают родники, ручьи и мелкие реки. Ухудшается структура грунтов, проседает земная поверхность, резко снижаются урожаи сельскохозяйственных культур. Обедняется или исчезает природная экологическая система.

В то же время сброс откачиваемых и сточных вод приводит к значительному увеличению водности ручьёв и речек. Отдельные рудники и шахты обычно откачивают из земных недр тысячи или десятки тысяч, а большие горные предприятия – сотни тысяч или миллионы кубических метров воды в сутки. В результате этого сток малых и средних рек в межень местами возрастает в 1,5-3 и более раз. Искусственное увеличение расходов воды в реках приводит к повышению уровня подземных вод, затоплению и подтоплению земель.

Загрязнение водоёмов в результате ведения горных работ больше, чем загрязнение атмосферы. Горные предприятия выносят на земную поверхность из недр значительное количество разнообразных загрязняющих веществ. Это нефть, минеральная и каменноугольная мелочь, соли, серная кислота, вредные и ядовитые металлы и другие минеральные и органические образования.

При освоении месторождений нефти и газа выполняются следующие виды работ: геологические изыскания, сейсморазведка, бурение для оценки запасов; монтаж платформ, прокладка трубопроводов, бурение скважин, подготовка инфраструктуры на берегу; эксплуатация месторождения – добыча полезных ископаемых, обслуживание скважин, транспортировка нефти и газа. Они оказывают существенное влияние на окружающую природную среду. При выполнении сейсморазведки выполняется несколько миллионов пневмовзрывов. Их ударные волны вызывают гибель мальков рыб, а у взрослых особей поражают зрение, слух, нарушают способность к ориентации. При бурении образуются буровой раствор и шлам, которые сбрасываются обратно в море. В них содержатся тяжелые металлы и другие токсичные вещества. Из-за этого ухудшаются характеристики воды, гибнет фито- и зоопланктон. При авариях происходит разлив нефти, имеющий долговременные отрицательные последствия (гибель морских гидробионтов и птиц, загрязнение воды).

К мероприятиям, обеспечивающим снижение загрязнения водной среды морей и океанов при производстве горных работ, относятся: совершенствование техники и технологии подводной добычи минерального сырья; создание маловодной и безотходной технологии горного производства; использование различных методов очистки сточных вод, загрязненных отходами горного производства; совершенствование конструкции танкеров и технологии морской добычи нефти; реализация мероприятий по очистке поверхностных акваторий морских и речных портов от нефтезагрязнителей.

Рекультивация нарушенных ландшафтов. Различают два основных этапа рекультивации земель: *горнотехнологический* и *биологический*. При *горнотехнологической* рекультивации разравнивают отвалы, террасируют склоны, восстанавливают плодородный слой почвы, проводят мелиоративные работы, строят подъездные пути и т. д. Работы при *биологической* рекультивации зависят от выбранного направления восстановления земель и природных особенностей территории. Они включают комплекс агротехнических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению плодородия нарушенных земель.

В зависимости от назначения высвобождаемых от горных работ земель различают семь направлений рекультивации:

- *сельскохозяйственное* (создание пашни, лугов, пастбищ, посадка многолетних насаждений);
- *лесохозяйственное* (лесопосадки эксплуатационного и специального назначения);
- *рекреационное* (создание на нарушенных землях объектов отдыха);
- *рыбохозяйственное* (создание в понижениях техногенного рельефа рыбоводческих прудов);
- *водохозяйственное* (создание в понижениях техногенного рельефа водоёмов различного назначения);

- *санитарно-гигиеническое* (биологическая или техническая консервация нарушенных земель, рекультивация которых для хозяйственного использования экономически нецелесообразна);
- *строительное* (приведение нарушенных земель в состояние, пригодное для промышленного и гражданского строительства).

При выборе древесных и кустарниковых пород для посадок на отвалах горных пород предпочтение следует отдавать местным видам, приспособленным к физико-географическим условиям данного района. Они подразделяются на пионерные – породы подготовительного периода и породы хозяйственно ценные, которые высаживаются после вырубki деревьев-пионеров и которые в будущем пригодны для лесоразработок. В качестве деревьев-пионеров в зоне широколиственных лесов Средней Европы, например, используют ольху, иву, акации. Затем высаживаются ясень, дуб, тополь и производится постепенная вырубka деревьев-пионеров. После их полной вырубki образуются зрелые широколиственные леса, пригодные для лесоразработок.

Предприятия, добывающие минеральные ресурсы, обязаны ещё до начала работ обеспечить возможности для восстановления нарушенного ландшафта. В районах добычи угля шахтным способом ликвидируют терриконы, используя породу для строительства дорог, фундаментов домов. Это приносит двойную пользу: сохраняется естественный ландшафт и снижаются затраты на строительство вследствие использования дешёвого сырья. На месте бывших терриконов разбивают парки, сажают леса. Остающиеся пустые породы используют для заполнения выработанных шахт.

Основными требованиями по рациональному использованию и охране недр являются:

- соблюдение установленного законодательством порядка предоставления недр в пользование и недопущение самовольного пользования недрами;
- обеспечение полноты геологического изучения, рационального комплексного использования и охраны недр;
- проведение опережающего геологического изучения недр, обеспечивающего достоверную оценку запасов полезных ископаемых или свойств участка недр, предоставленного в пользование в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- проведение государственной экспертизы и государственный учет запасов полезных ископаемых, а также участков недр, используемых в целях, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- обеспечение наиболее полного извлечения из недр запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и попутных компонентов;
- достоверный учет извлекаемых и оставляемых в недрах запасов основных и совместно с ними залегающих полезных ископаемых и

попутных компонентов при разработке месторождений полезных ископаемых;

- охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других факторов, снижающих качество полезных ископаемых и промышленную ценность месторождений или осложняющих их разработку;
- предотвращение загрязнения недр при проведении работ, связанных с пользованием недрами, особенно при подземном хранении нефти, газа или иных веществ и материалов, захоронении вредных веществ и отходов производства, сбросе сточных вод; соблюдение установленного порядка консервации и ликвидации предприятий по добыче полезных ископаемых и подземных сооружений, не связанных с добычей полезных ископаемых;
- предупреждение самовольной застройки площадей залегания полезных ископаемых и соблюдение установленного порядка использования этих площадей в иных целях;
- предотвращение накопления промышленных и бытовых отходов на площадях водосбора и в местах залегания подземных вод, используемых для питьевого или промышленного водоснабжения.

Тема 2. Геоэкологические проблемы атмосферы

Геоэкологические особенности атмосферы. Атмосфера является посредником между Землёй и космосом, тесно взаимодействует со всеми другими земными оболочками. Атмосфера в своём развитии тесно связана с литосферой. Благодаря геологическим и геохимическим процессам она получила и продолжает получать из недр Земли значительную часть газов. В то же время колебания температуры воздуха, ветер, осадки являются важнейшими факторами образования рельефа. Между атмосферой, литосферой и гидросферой происходит не прерывный обмен теплом и влагой. Причём основным аккумулятором тепла и поставщиком влаги является Мировой океан. Кроме того, Мировой океан наряду с зелёным покровом суши выполняет функции лёгких нашей планеты. Он активный поглотитель диоксида углерода, содержащегося в воздухе, и является местом обитания водорослей, вносящих большой вклад в снабжение атмосферы кислородом.

Атмосфера защищает органический мир Земли от воздействия ультрафиолетовой солнечной радиации, космических лучей различного происхождения и бомбардировки метеоритами, оказывает благоприятное воздействие на климат Земли, предохраняя её от чрезмерного охлаждения и нагревания. Воздух атмосферы необходим для дыхания всему живому. Без атмосферы невозможно распространение звука и полёты самолётов без использования реактивных сил. В атмосфере формируются погодные условия, в которых живёт и работает человек. Без неё не было бы осадков, ветра, сумерек, полярных сияний и никаких других метеорологических явлений

Воздействие солнечной радиации, атмосферного давления, циркуляции воздушных масс, влажности и термических условий на окружающую среду и человека. Атмосфера непосредственно и посредством формирования погоды и климата оказывает влияние на все сферы хозяйственной деятельности человека. Кроме того, изменение сложившихся физических и химических свойств атмосферы может отрицательно сказаться на здоровье людей, их работоспособности и продолжительности жизни. Особое значение имеет использование человеком климатических ресурсов. ***Климатические ресурсы** — это элементы климата, которые обеспечивают качество жизни человека и используются в его хозяйственной деятельности.* ***Климатические условия** — это элементы климата (температура воздуха, осадки и т.д.), которые влияют на жизнедеятельность человека.* Различия между климатическими условиями и ресурсами относительные. Климатические условия могут переходить в ресурсы.

***Солнечная энергия** – самый крупный энергетический источник на Земле.* Годовая солнечная радиация в 20 тыс. раз превышает современное мировое потребление энергии. Значительная часть солнечной энергии не доходит до земной поверхности, а отражается атмосферой. В результате поверхности суши и Мирового океана достигает радиация, измеряемая в 10^{14} кВт, или 105 млрд кВт · ч (0,16 кВт на 1 км² поверхности суши и Мирового океана). Но из-за низкой концентрации солнечной энергии только очень небольшая её часть может быть использована в практических целях. Несмотря на это она очень удобна тем, что ее можно приспособить для хозяйственных нужд на местном уровне для отопления, охлаждения зданий, горячего водоснабжения, опреснения, получения искусственного холода, сушки, обеспечения систем связи, ирригации, производства электроэнергии, создания сварочных устройств, плавильных печей и т.д.р.

В зависимости от использованных технологий современные солнечные электростанции (СЭС) бывают 2-х видов. ***Фотоэлектрические.*** В них преобразование солнечных лучей в электроэнергию происходит в фотоэлектрических батареях. ***Термодинамические.*** Эти инженерные комплексы преобразуют радиацию Солнца в тепло, и только затем, в электроток. В настоящее время наиболее популярны и перспективны. фотоэлектрические СЭС.

Если использовать под строительство солнечных электростанций всего 1% площади мировых пустынь, то этого будет достаточно, чтобы обеспечить всех жителей Земли электрической энергией при текущем уровне потребления. Больше всего СЭС находится в Китае, США и Индии. Также СЭС активно строят и в других развитых странах мира. В ТОП-5 самых крупных электростанций входят: Парк Тэнгэр (Китай). Занимает территорию площадью 43 км². Вырабатывает 1547 МВт электроэнергии. Парк Бхадла (Индия). Площадь объекта 40 км². Вырабатывает 1365 МВт электроэнергии. СЭС Луеьянся (Китай). Солнечные панели располагаются на площади 30 км². Мощность станции 850 МВт. СЭС Villanueva (Мексика). Расположена на

площади 20 км². Ежедневно производит 828 МВт электрической энергии. СЭС Камути (Индия). Занимает 10 км². Производительность 648 МВт.

Воздух – это естественная смесь газов, составляющих атмосферу Земли. Из них для жизнедеятельности биоты наибольшее значение имеют кислород, азот и углекислый газ. Кроме того, из атмосферного азота производят минеральные азотные удобрения, азотную кислоту и её соли. Аргон и азот применяются в металлургии, химической и нефтехимической промышленности (для осуществления ряда технологических процессов). Из атмосферного воздуха также получают кислород и водород.

Энергия ветра. Для технического освоения пригодно только около 2 %. Главное препятствие – рассеянность и непостоянство энергии ветра. Для оценки эффективности её освоения используют такие показатели, как скорость ветра, его порывистость, вертикальный профиль, направление и др. Ветроэнергетический потенциал планеты Земля огромен. Только для прибрежной полосы континентов, он составляет более 4000 ТВт ч/год. В настоящее время в мире насчитывается около 20 000 ветроэлектростанций разной мощности. Большинство из них установлены на побережье морей и океанов, а также в степных или пустынных районах. Крупнейшей в мире ВЭС, вырабатывающей почти 7,9 ГВт энергии в год, является китайская «Ганьсу». К 2020 году запланирован выход на мощность 20 ГВт.

Благодаря внедрению научно-технических достижений, увеличению мощности ветровых электростанций (ВЭС), в начале XXI века себестоимость электроэнергии, вырабатываемой ВЭС, снизилась до 6 – 7 центов за кВт·ч. Она практически сравнялась с себестоимостью электроэнергии ТЭС. Дальнейшее снижение стоимости и повышение эффективности ВЭС достигаются за счет увеличения мощности ВЭУ, ВЭС и внедрение новых научно-технических решений. Широкое развитие получило строительство ВЭС на шельфе в прибрежных в основном мелководных акваториях в Дании, Голландии, Швеции, Англии и других странах. Благодаря своей доступности энергия ветра находит также широкое применение в малой ветроэнергетике, в локальных системах энергоснабжения потребителей.

Необходимо отметить, что каждая сфера хозяйственной деятельности человека имеет свою специфику взаимодействия с климатическими условиями. Один и тот же климатический показатель может иметь первостепенное значение для одного вида хозяйственной деятельности и не играть существенной роли для другого.

Сельское хозяйство в значительной степени зависит от погодных и климатических условий. **Агроклиматические ресурсы** являются одной из разновидностей климатических ресурсов. К ним относятся климатические параметры, влияющие на сельское хозяйство, такие как свет, тепло и влага. Для произрастания растений необходимы углекислый газ и кислород, а также фотосинтетически активная радиация (ФАР), непосредственно участвующая в фотосинтезе. Развитие растений происходит при определённой температуре. Влага также представляет собой необходимое условие жизни всех живых организмов и сельскохозяйственных культур.

Климат влияет на *водное и рыбное хозяйство* через изменение гидрологического режима рек (величину стока и расхода), уровня подземных вод, влажности почвы, количества льда в ледниках. Влияние климатических факторов на *энергетику* осуществляется путём изменения условий производства и потребления энергии, эксплуатации и содержания энергетических систем. Наиболее чувствительными к климатическим факторам являются гидроэнергетика, а также альтернативная энергетика, основанная на использовании энергии солнца и ветра. Климат также один из важных факторов в *строительстве*. Климатические условия определяют основные архитектурные, планировочные, гигиенические подходы к проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений. Они оказывают существенное влияние на долговечность зданий, длительность и режим их эксплуатации. Погодные условия влияют также и на эксплуатацию наземного *транспорта и безопасность дорожного движения*. Скорость и плотность движения транспорта, особенно автомобильного, прямо и косвенно зависят от метеорологических условий. Дожди, снегопады, гололёд, температурный режим определяют особенности эксплуатации дорог.

Здоровые люди обычно не реагируют на изменение погодных условий благодаря наличию хороших адаптационных возможностей. Решающую роль в приспособлении играют нервная и сердечно-сосудистая системы. Они позволяют регулировать выработку и отдачу тепла, повышать или понижать тонус сосудов и т. д. Появление метеочувствительности свидетельствует об ослаблении адаптационных процессов или о наличии у человека скрытых заболеваний. **Метеочувствительность** - *предрасположенность организма человека к возникновению неблагоприятных реакций, связанных с изменением погодных условий.* Причины метеочувствительности обусловлены чрезмерной изнеженностью современного человека, возрастом и наличием различных факторов риска. Чем больше человек окружает себя комфортными условиями, тем более он зависим от колебаний погоды. У людей, проживающих в сельской местности, метеочувствительность в 3 раза ниже, чем у городских жителей. У лиц с так называемыми факторами риска (курением, избыточным весом, малоподвижным образом жизни и др.) метеочувствительность возрастает. С возрастом при быстро меняющейся погоде организм не успевает перестроиться, что приводит к возникновению метеопатических реакций.

Метеопатические (метеотропные) реакции, возникая в ответ на изменения метеорологических условий, вызывают в организме человека ряд функциональных нарушений органов и систем и способствуют обострению хронических заболеваний либо возникновению новых. Для метеочувствительных людей на фоне резких скачкообразных метеорологических и геофизических сдвигов иногда создаются «острые» метеопатологические ситуации, вследствие чего у страдающих различными заболеваниями развиваются выраженные клинические состояния в виде приступов стенокардий, гипер- или гипотонического криза, обострения ревматического процесса, ишемической болезни сердца, бронхиальной астмы,

пневмоний, гломерулонефрита и пиелонефрита, раннего токсикоза беременных и др.

Погода или ее отдельные компоненты (температура воздуха, ветер, атмосферное давление, влажность воздуха, осадки) не являются непосредственной причиной болезни, а лишь провоцируют ее или способствуют обострению хронического процесса, утяжеляя степень патологических процессов, а у здоровых людей с повышенной метеочувствительностью вызывают функциональные нарушения различных систем организма.

Многолетние наблюдения за больными с повышенной метеочувствительностью позволили выделить и описать некоторые типичные метеопатологические симптомокомплексы (синдромы), которые могут проявляться по отдельности или сочетаться в различных комбинациях с большей или меньшей выраженностью одного из них. Среди наиболее значимых: ревматоидный синдром, при наличии которого отмечаются общая утомляемость, болевые ощущения, различные воспалительные явления; церебральный симптомокомплекс характеризуется выраженной раздражительностью, общим возбуждением, нарушением сна, головными болями, расстройствами дыхания; вегетососудистый симптомокомплекс выражается в колебаниях артериального давления и развитием вегетативных нарушений; кардиореспираторный синдром обычно связан с увеличением частоты сердечных сокращений, дыхания, появлением кашля; диспепсический симптомокомплекс проявляется неприятными ощущениями в области желудка, в правом подреберье, по ходу кишечника, тошнотой, нарушением аппетита, стула.

Перечисленные выше метеопатологические симптомокомплексы у метеочувствительных людей имели место при возникновении заболеваний органов кровообращения, дыхания и пищеварения, мочевыделительной системы, при нервно-психических расстройствах, в течение беременности и др.

Влияние деятельности человека на атмосферу, климат и погоду. Процессы и особенности атмосферы изменяются под воздействием деятельности человека. Крупномасштабные антропогенные изменения поверхности Земли (обезлесение, опустынивание, деградация внутренних морей и озер и др.) обуславливают изменения особенностей энергетического и водного режима атмосферы. Локальные изменения состояния геосистем, такие как возникновение и развитие городов, оросительных и других земледельческих систем, антропогенные преобразования пастбищ, возникновение водохранилищ и т. д. ведут к локальным вариациям климата. Наряду с изменениями физических особенностей атмосферы, происходят антропогенные трансформации ее газового состава, в совокупности, создающие ряд серьезных геоэкологических проблем: антропогенное изменение климата и его последствия; нарушение естественного состояния озонового слоя; асидификация окружающей среды и кислотные осадки; локальное загрязнение атмосферы.

Загрязнение атмосферы. Окружающая нас атмосфера всегда содержит определенное количество примесей как от природных, так и от антропогенных источников загрязнения атмосферы. К числу примесей, выделяемых природными источниками, относятся: пыль (растительного, вулканического и космического характера); туман, дымы и газы от лесных и степных пожаров; газы вулканического происхождения; различные продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Уровень загрязнения атмосферы природными источниками является фоновым и мало изменяется с течением времени. Фоновое загрязнение воздуха охватывает площади, соизмеримые с площадью континентов или всего мира. На фоновое загрязнение воздуха наложены крупные пятна локального загрязнения.

Антропогенные источники загрязнения воздуха отличаются от природного своего многообразия. Если в начале XX в. в промышленности применялось 19 химических элементов, то в середине века задействовано уже около 50, а с 1970-х гг. - практически все элементы из таблицы Менделеева. Это существенно сказалось на составе выбросов в атмосферу, ее качественном загрязнении, в частности, аэрозолями тяжелых и редких металлов, синтетическими соединениями, не существующими и не образующимися в природе радиоактивными, канцерогенными, бактериологическими и другими веществами. Практически во всех больших городах развивающихся стран качество воздуха весьма низкое и продолжает ухудшаться. Это одна из важнейших проблем, влияющая на здоровье людей и состояние городских и пригородных геосистем.

Основными источниками загрязнения воздуха являются теплоэнергетика, черная и цветная металлургия, химическая промышленность, транспорт, нефте- и газопереработка. Каждый из которых выделяет в воздух десятки тысяч веществ: *теплоэнергетика* (оксиды углерода, серы и азота, пыль, металлы); *транспорт* (оксиды углерода и азота, углеводороды, тяжелые металлы); *черная металлургия* (пыль, диоксид серы, фтористые газы, металлы); *нефтепереработка* (углеводороды, сероводород, дурно пахнущие газы); *производство цемента* (пыль). Проблема загрязнения атмосферы особенно острой стала в период научно-технического прогресса, который чрезвычайно высокими темпами роста промышленного производства внес в геосистемы новые потоки загрязняющих веществ.

К отраслям, определяющим уровень загрязнения атмосферы относятся промышленность в целом, особенно топливно-энергетический комплекс, и транспорт. Их выбросы в атмосферу распределяются следующим образом. Металлургия черная и цветная, промышленность стройматериалов, химическая и нефтехимическая промышленности, военно-промышленный комплекс (ВПК) – 30 %; теплоэнергетика – 30 %; транспорт всех видов – 40 %.

Наиболее распространенными токсичными веществами, загрязняющими атмосферу, являются:

- *окись углерода (угарный газ) CO_2* . Основными природными источниками являются: лесные пожары; *антропогенными* - автотранспорт, промышленные предприятия, энергоустановки, в том

числе черная и цветная металлургия. Среднегодовая концентрация в воздухе над городом от 1 до 50 мг/м³;

- *диоксид серы SO₂*. *Природные* источники: вулканические извержения, окисление серы и сульфатов, рассеянных в море, и *антропогенные* источники - сжигание топлива в промышленных и бытовых установках. Среднегодовая концентрация в воздухе над городом - до 1,0 мг/м³;
- *оксиды азота (NO_x)*. Природными источниками загрязнения являются лесные пожары, а антропогенными - промышленность, автотранспорт, теплоэлектростанции. Среднегодовая концентрация в воздухе в районах с развитой промышленностью до 0,2 мг/м³;
- *углеводороды C_nH_m (летучие)*. К *природным* источникам относятся лесные пожары, природный метан, природные терпены, а к *антропогенным* - автотранспорт, сжигание отходов, испарение нефтепродуктов. Среднегодовая концентрация в воздухе в районах с развитой промышленностью до 3,0 мг/м³;
- *пыль, зола и другие твердые частицы*. Основными *природными* источниками являются: вулканические извержения, пылевые бури, лесные пожары, а *антропогенными* - сжигание топлива и отходов. Среднегодовая концентрация в воздухе над городом составляет от 0,04 до 0,4 мг/м³.

Черная и цветная металлургия являются самыми загрязняющими производствами и занимают первое место по выбросам отравляющих веществ. Предприятия черной металлургии являются основными загрязнителями окружающей среды в тех городах и регионах, в которых они расположены. Выброс пыли в расчете на 1 т полученного чугуна составляет 4,5 кг, сернистого газа - 2,7 кг и марганца - 0,6...0,1 кг. Вместе с доменным газом в атмосферу выбрасываются соединения мышьяка, фосфора, сурьмы, свинца, а также пары ртути, цианистый водород и смолистые вещества. Допустимая норма выброса сернистого газа при агломерации руды 190 кг на 1 т руды.

Экологическим фондом России проведены исследования по определению зоны загрязнения воздушного бассейна и земной поверхности от центра выбросов загрязнителей. По полученному (экспериментальным путем) интегральному коэффициенту сохранности (ИКС, %) установлены следующие зоны нарушения экосистем: полное разрушение экосистем (техногенная пустошь); сильное разрушение экосистемы. Средняя продолжительность жизни хвой (хвойного леса) 1...3 года вместо 11... 13 лет. Возобновление хвойного леса отсутствует; частичное нарушение экосистем. Выпадение сульфат-иона в течение суток равняется 3...7 кг/км², цветных металлов - десятки граммов на 1 км². Возобновление жизни хвойного леса очень слабое; начальная стадия разрушения экосистем. Максимальные концентрации SO₂ составляют 0,4...0,5 кг/км². Концентрации цветных металлов превышают фоновые значения; начальная стадия деградации экосистем. Видимых признаков поражения растительности почти нет, однако в хвое елей наблюдается фоновое состояние тяжелыми металлами, превышающее норму в 5... 10 раз.

Тяжелые металлы оказывают вредное влияние на обычные грибы, ягоды и другие растения, токсичность которых достигает 25 ПДК, и они становятся совершенно не пригодными для употребления в пищу. Загрязнение водоемов, находящихся рядом с заводом, составляет более 100 ПДК. В жилых районах города концентрация SO₂, оксидов азота и тяжелых металлов превышает предельно допустимый уровень в 2... 4 раза. Отсюда заболеваемость населения болезнями эндокринной системы, крови, органов чувств и кожи. В окрестностях одного из предприятий цветной металлургии первая колония кротов обнаружена на расстоянии 16 км от центра выбросов, отловы полевок имели место не ближе 7... 8 км. Причем на этих расстояниях животные не обитают постоянно, а лишь заходят временно.

На *предприятиях химической и нефтехимической промышленности* уже сам характер сырья говорит об их негативном воздействии на окружающую среду, поскольку речь идет о производстве пластмасс, синтетических красителей, синтетического каучука, технического углерода. Загрязняют не только поверхностные воды, но и подземные, что делает невозможным использование водоносных горизонтов для питьевого водоснабжения. Загрязнения подземных вод тяжелыми металлами, метанолом, фенолом превышают ПДК до сотен тысяч раз. Вокруг предприятий химической промышленности (точнее городов) загрязняется и почва, как правило, в радиусе до 5...6 км. Из 2,9 км³ сточных вод на долю загрязненных приходится около 80 %, что говорит о крайне неэффективной работе очистных сооружений. В состав сточных вод входят сульфаты, хлориды, соединения фосфора и азота, нефтепродукты, а также специфические вещества, такие как формальдегид, метанол, бензол, сероводород, сероуглерод, соединения тяжелых металлов, ртуть, мышьяк и др.

Промышленность строительных материалов охватывает широкий спектр предприятий не только цементных заводов, но и заводов по изготовлению железобетонных изделий, различных керамических и полимерных изделий, заводов по производству асфальтобитумной смеси, бетона и раствора. Технологические процессы этих производств связаны в основном с измельчением и термической обработкой шихты (на цементных заводах), разгрузкой цемента и приготовлением полуфабрикатов. В процессе получения изделий и материалов в атмосферный воздух поступает пыль, различные газы, а в канализационные сети - неочищенные сточные воды.

Главным «поставщиком» загрязняющих веществ в атмосферу Беларуси является Витебская область. Её предприятия выбрасывают 22 % от всего объёма загрязняющих выбросов в стране. Список городов с наибольшим количеством выбросов возглавляет Новополоцк. Меньше всего загрязняют воздух предприятия Брестской и Могилёвской областей. Мониторинг атмосферного воздуха в Беларуси проводится в 19 городах и на станции фонового мониторинга, расположенной в Березинском заповеднике. Всего же в нашей стране 66 станций, в том числе 16 автоматических. Регулярными наблюдениями охвачена территория, на которой проживает 87% населения

крупных и средних городов Беларуси. Назовите самые «грязные» города Беларуси.

Последствия загрязнения воздуха столь же многообразны, как и загрязнители. По статистике, собранной в США, в городах с высоким загрязнением воздуха заболеваемость выше, чем в сельской местности, на 15-17 %. В экосистемах городов и прилегающих территорий накапливаются вредные вещества (например, тяжёлые металлы), а растительность трансформирована или угнетена. Радиус зоны вредных воздействий достигает нескольких десятков километров.

По данным Всемирной организации здравоохранения в 2016 году загрязнение атмосферного воздуха в городах и сельских районах привело к 4,2 миллионам случаев преждевременной смерти в мире. 91% этих случаев приходится на страны с низким и средним уровнем доходов населения. Около 58% случаев преждевременной смерти, связанной с загрязнением атмосферного воздуха, произошли в результате ишемической болезни сердца и инсульта, 18% — в результате хронической болезни легких или острых инфекций нижних дыхательных путей и 6% — в результате рака легких.

Считается, что до середины XIX в. содержание кислорода в атмосфере было относительно стабильным. В наши дни только сжигание топлива приводит к расходованию 10 млрд т свободного кислорода в год. Легковой автомобиль на каждые 100 км пробега расходует годовой кислородный «паёк» одного человека, а все автомобили забирают столько кислорода, сколько его хватило бы для 5 млрд чел. в течение года. Лишь за один трансатлантический рейс реактивный лайнер сжигает 35 т кислорода.

Эксперты ООН подсчитали, что в наши дни на планете ежегодно потребляется такое количество кислорода, которого хватило бы для дыхания 40–50 млрд чел. Только за последние 50 лет было израсходовано более 250 млрд т кислорода. Это уже привело к уменьшению его концентрации в атмосфере на 0,02 %. По данным ВМО концентрация углекислого газа (CO_2) в атмосфере Земли достигла самого высокого за последние 800 тысяч лет уровня. Темпы роста концентраций CO_2 в атмосфере за последние 70 лет почти в 100 раз превысили аналогичные темпы роста в конце последнего ледникового периода. Насколько можно судить по данным прямых и косвенных наблюдений, такие резкие изменения уровней CO_2 в атмосфере никогда ранее не наблюдались.

Основными направлениями защиты воздушного бассейна являются: а) санитарно-технические мероприятия (строительство сверхвысоких труб, установка газопылеочистного оборудования, герметизация производственных процессов и др.); б) технологические мероприятия (внедрение малоотходных или безотходных технологий, подготовка сырья, замена сухих технологических способов мокрыми и др.); в) пространственно-планировочные мероприятия (выделение санитарно-защитных зон, планировка городской и промышленной застройки в соответствии с преобладающими ветрами, озеленение и др.); г) контрольно-запретительные мероприятия (введение предельно допустимых

концентраций веществ и предельно допустимых выбросов в окружающую среду, запрещение производства отдельных веществ, временная приостановка загрязняющей деятельности, мониторинг загрязнения воздуха).

Проблема кислотных осадков и асидификации окружающей среды.
Асидификация – это антропогенный и природный процесс повышения кислотной реакции компонентов окружающей среды. В естественных условиях атмосферные осадки обычно имеют нейтральную или слабокислую реакцию, то есть показатель их кислотности обычно больше 7,0 ($\text{pH} \geq 7$). Кислотные осадки бывают двух типов: *сухие*, обычно выпадающие вблизи источника их поступления в атмосферу, и *влажные* (дождь, снег и пр.), распространяющиеся на большие расстояния, соизмеримые с размерами континентов, и потому зачастую превращающие проблему кислотных осадков в международную.

Основные компоненты кислотных осадков – аэрозоли аммиака, оксидов серы и азота, которые при взаимодействии с атмосферной, гидросферной или почвенной влагой образуют серную, азотную и другие кислоты. Кислотные осадки имеют как естественное, так и антропогенное происхождение. Основные *природные* источники – извержения вулканов, лесные пожары, дефляция почв и др. Источниками *антропогенных* кислотных осадков являются процессы сжигания горючих ископаемых, главным образом угля, в тепловых электростанциях, в котельных, в металлургии, нефтехимической промышленности, на транспорте и пр. В настоящее время антропогенная эмиссия кислотных соединений для мира в целом превышает их суммарные естественные выбросы. В Северном полушарии это соотношение достигает 90:10, вследствие широкого использования ископаемого топлива в Европе и Северной Америке. Эти территории выбрасывают в атмосферу около 70 % общемирового объема веществ, образующих антропогенные кислотные осадки, при населении, составляющем только 14 % населения мира.

Основной путь контроля кислотных осадков – применение технологических приемов, снижающих эмиссию оксидов серы и азота. Другой путь – экономия в использовании энергии. При оценке реального воздействия кислотных осадков на ландшафты и их компоненты необходимо сравнивать величины осадков с буферной способностью почв и почвообразующих пород. В целом в зонах недостаточного увлажнения кислотные осадки нейтрализуются и потому серьезной проблемы не представляют. Наоборот, в зонах избыточного увлажнения воздействие кислотных осадков на почвы, леса, водные объекты сказывается наиболее неблагоприятным образом.

Поскольку кислотные осадки переносятся на значительные расстояния, возникает необходимость в международном сотрудничестве в этой области. С этой целью в 1979 г. заключена европейская (с участием США и Канады) Конвенция по трансграничному переносу загрязнений воздуха, к которой впоследствии добавился ряд протоколов по сокращению эмиссии оксидов серы и азота. В процессе выполнения Конвенции достигнуты значительные успехи в снижении асидификации. В большей степени успехи относятся к соединениям серы, в меньшей – к соединениям азота.

Влияние кислотных осадков на окружающую среду. Кислотные осадки вот уже более 100 лет признаются серьезной проблемой, но их конкретное влияние на экосистемы было отмечено только около 35 лет назад, когда рыбаки заметили резкое сокращение популяций рыбы во многих озерах Швеции. В поисках причины этого явления были предложены многие гипотезы. Шведские ученые первыми определили, что все дело в повышенной рН воды и осадков. Когда среда водных экосистем подкислена, практически все организмы очень быстро вымирают, если не из-за прямого воздействия ионов H^+ , то из-за невозможности размножения. Негативное влияние кислотных осадков на водные экосистемы усиливается во время таяния снега, когда они вместе с водой устремляются в ручьи, а также и в период размножения большинства организмов. Дополнительный ущерб кислотные осадки приносят в результате растворения и выщелачивания алюминия и некоторых тяжелых металлов, которые оказывают сильное токсичное воздействие на растения и животных.

Кислотные осадки оказывают пагубное влияние и на леса. Происходит их деградация и замедление роста. Например, на обширных территориях на востоке США и Калифорнии. В районе Новой Англии, штате Калифорния и других местах, где выпадают кислотные осадки, почти полностью погибли некоторые виды растений. Ученые считают кислотные осадки, как и озон, одной из важнейших причин деградации лесов. Их влияние на растительность выражается в следующем: *нарушение при прямом контакте*. Кислоты нарушают защитный восковой покров листьев, делая растения более уязвимыми для насекомых, грибов и других патогенных организмов; *вымывание (выщелачивание) биогенов*. При низких рН понижается активность редуцентов и азотфиксаторов. Наконец, кислотные осадки, стекая по растениям, вымывают из листьев биогены и другие метаболиты, особенно если поверхность листьев повреждена; *мобилизация алюминия и других токсичных элементов*. Этот элемент широко распространен, он присутствует как в горных породах, так и в почвенных минералах. Под действием кислот горная порода разрушается, высвобождая алюминий и направляя его в раствор. Другие токсичные элементы, в том числе ртуть и свинец, также могут мобилизоваться при подкислении среды.

Сохранению водоемов и почв от измерения рН при кислотных осадках способствует буфер (вещество, поддерживающее рН раствора, реагируя с избытком). Когда в систему, содержащую буфер, добавляют кислоту, дополнительные ионы водорода им поглощаются и рН остается практически неизменным. Известняк является природным буфером, который поддерживает рН воды и почвы около нейтрального значения. Часть водоемов и почв содержат в качестве буфера известняк. Многие хозяйства используют известь для нейтрализации кислых почв. Садовники применяют для тех же целей яичную скорлупу, раковины устриц и других моллюсков, также состоящие из карбоната кальция. Однако возможности любого буфера ограничены. Поэтому в первую очередь гибнут экосистемы с низкой буферной емкостью.

Обширные территории Северной Америки, особенно в Канаде, сильно страдают от кислотных осадков; у них низкая буферная емкость. Расположены

на этих территориях 17059 озер. У 2993 озер (около 16 %) есть признаки нарушений, а еще 6430 озер (около 30 %) находятся под угрозой гибели. Из общей протяженности ручьев и рек, составляющих 187876 км, 21 % уже нарушены кислотными осадками и еще 21 % находятся под угрозой гибели. Нарушения отмечены почти во всех штатах от Мэна до Флориды. Однако лишь провинция Онтарио, вероятно, потеряет в ближайшие 15 лет еще 48 тыс. озер, если режим выпадения кислотных осадков останется прежним.

В Европе от кислотных осадков пострадало около 50 % лесов. Если лесная экосистема разрушается, то можно ожидать эрозию почв, засорение водоемов, истощение запасов воды, т. е. состояние лесной экосистемы становится катастрофическим. Самое меньшее, что можно ожидать, это сукцессия, при которой погибшие деревья будут замещены ацидофильными видами (т.е. «любящими кислотность»), состав которых очень ограничен. Большинство из них - мхи, папоротники и другие низкорослые растения - не представляют экономической ценности даже для выпаса животных.

Таким образом, истощение буферной емкости - очень тревожный признак равновесия экосистем. После истощения буферной емкости системы изменение рН происходит не постепенно, а резко. При добавлении совсем небольшого количества кислоты рН резко падает. Следовательно, катастрофические изменения могут не оставить времени на исправление ситуации.

Одно из самых ощутимых последствий кислотных осадков - *разрушение зданий архитектуры и произведений искусства*, к которым относятся памятники, изделия, представляющие историческую ценность, выполненные из известняка или мрамора, излюбленных материалов для оформления фасадов стен и различных сооружений. Взаимодействие кислоты и известняка приводит к очень быстрому выветриванию и эрозии. Надо отметить, что памятники и здания, простоявшие сотни и даже тысячи лет лишь с незначительными изменениями, сейчас рассыпаются в крошево.

Специалисты обеспокоены тем, что кислотные осадки «мобилизуют» (растворяют) алюминий и другие ядовитые вещества, в том числе свинец, которые могут привести к загрязнению как поверхностных, так и грунтовых вод, а алюминий способен вызывать болезнь, приводящую к *преждевременному старению человека*.

Проблема деградации озонового слоя. Основное количество озона находится в атмосфере на высоте 15-45 км с максимальной концентрацией на высотах 20-25 км (озоновый слой). При нормальном приземном давлении весь атмосферный озон образовал бы слой всего 3 мм толщиной. Озоновый слой тоньше в экваториальных районах и толще в полярных. Он отличается значительной изменчивостью во времени и по территории (до 20 %) вследствие колебаний солнечной радиации и циркуляции атмосферы, что маскирует антропогенные воздействия. Даже при столь малой мощности озоновый слой в стратосфере играет очень важную роль, защищая живые организмы Земли от вредного воздействия ультрафиолетовой радиации Солнца. С воздействием жесткой ультрафиолетовой радиации связаны неизлечимые формы рака кожи, болезни глаз, нарушения иммунной системы людей, неблагоприятные

воздействия на жизнедеятельность планктона в океане, снижение урожая зерновых и другие геоэкологические последствия.

Особенно большой интерес к озону возник в 70-е гг., когда были обнаружены антропогенные изменения содержания озона в результате выбросов в атмосферу окислов азота в результате атомных взрывов в атмосфере, полетов самолетов в стратосфере, при использовании минеральных удобрений и сжигании топлива. Однако наиболее мощным антропогенным фактором, разрушающим озон, являются фреоны - фтор-, хлорпроизводные метана, этана и циклобутана.

Вследствие деятельности человека с конца 1960-х гг. до 1995 г. озоновый слой потерял около 5 % массы. В начале XXI в. достигнут максимум потерь стратосферного озона, но ожидается его постепенное восстановление в течение его первой половины в соответствии с Конвенцией по защите озонового слоя. В связи с исключительной важностью озонового слоя для сохранения жизни на Земле в 1985 г. в Вене была подписана Конвенция по охране озонового слоя. В 1987 г. был подписан Монреальский протокол по запрещению выбросов озоноразрушающих веществ в атмосферу. В 1990 г. в Лондоне и в 1992 г. в Копенгагене были внесены поправки к последнему протоколу. Генеральная Ассамблея ООН в декабре 1994 г. приняла решение объявить 16 сентября международным днем охраны озонового слоя Земли.

Геоэкологическая оценка последствий воздействия экстремальных климатических явлений и возможных изменений климата на хозяйственную деятельность и здоровье человека. *Экстремальные климатические явления* происходят во всех частях мира, но некоторые регионы являются более уязвимыми для определенных опасных явлений по сравнению с другими регионами. Опасные природные явления становятся бедствиями в тех случаях, когда гибнут люди и разрушаются средства их существования. Жизнь людей и имущество можно защитить посредством выпуска точных прогнозов и предупреждений в простой для понимания форме и просвещения населения по мерам подготовки к подобным опасным явлениям до того, как они станут бедствиями.

Засуха — это длительный засушливый период в природном климатическом цикле, который может произойти в любой точке мира. Главной причиной любой засухи является количество дождевых осадков ниже среднего уровня характерного для данной местности. Засуха отличается от других опасных явлений своим медленным развитием, которое иногда продолжается в течение нескольких лет. Засуха может иметь ужасающие последствия: пересыхают источники воды, перестают расти сельскохозяйственные культуры, гибнут животные, недостаточное питание и плохое здоровье людей обретают повсеместный характер. В зависимости от времени года выделяют засухи: *весенние* (опасны для ранних зерновых культур); *летние* (вредят однолетним культурам, плодовым растениям); *осенние* (опасны для всходов озимых). Наибольшую опасность представляют весенне-летние и летне-осенние засухи.

Тепловые экстремальные явления. Волны тепла наиболее опасны в регионах, расположенных в средних широтах, в теплые месяцы года. Для них характерно значительное превышение температур относительно долгосрочного среднего значения в дневное и ночное время на протяжении нескольких дней подряд. Душные воздушные массы в условиях городской среды могут стать причиной повышенной смертности, особенно среди очень молодых, пожилых и больных людей.

Экстремальное похолодание также представляет опасность, вызывая переохлаждение и усугубляя болезни кровообращения и респираторные заболевания у людей. Во время заморозков в слое воздуха над почвой днём наблюдается температура выше 0 °С, а ночью она опускается ниже нуля. Для возникновения заморозков необходимо, чтобы ночь была ясная и тихая. Это затрудняет перемешивание теплых высоких слоев с охлаждающимся над почвой слоем воздуха. Такая погода характерна для антициклонов. Заморозки свойственны для отрицательных форм рельефа, так как в них застаивается холодный воздух. *Гололед* чаще всего образуется после морозящих дождей в морозные дни. Возникает обычно осенью и весной, когда поверхность земли снижается до 0°С и покрывается прозрачным тонким слоем льда.

Грозы, молнии и торнадо. Все грозы порождают внезапные электрические разряды в форме молнии и часто приносят дождь и порывистый ветер. Сильные грозы могут сопровождаться одновременно обильными дождями, крупным градом, очень сильными ветрами. А в некоторых случаях торнадо или снегом, либо сочетанием этих явлений. Торнадо особенно часто встречаются на Великих равнинах Северной Америки. Но они также происходят в других местах, особенно в умеренных широтах. Их ураганные вихревые ветры могут причинять серьезный ущерб. Во всем мире появление молний в засушливые периоды является важным фактором возникновения лесных и луговых пожаров в любой части света. Помимо уничтожения лесов, лугов и сельскохозяйственных культур они приводят к гибели скота и диких животных, причиняют ущерб населенным пунктам или разрушают их и ставят под угрозу жизни их обитателей.

Ливни и снегопады, сильные ветры представляют опасность для населения. Они могут осложнять проведение спасательных и восстановительных операций после крупных бедствий, таких как землетрясения. Они мешают работе транспорта и сетей связи. Скопление снега может приводить к обрушению крыш зданий. Сильные ветры представляют угрозу для авиации, моряков и рыбаков. А также для высотных конструкций, таких как вышки, мачты и подъемные краны. Снежные бури — это сильные шторма, при которых сочетаются температура воздуха ниже 0 °С, сильный ветер и снежная метель. Они представляют опасность для людей и скота, приводят к закрытию аэропортов и дезорганизуют движение автомобилей и поездов.

Тропические циклоны — это области очень низкого атмосферного давления над тропическими и субтропическими водами океанов. В них образуются огромные вращающиеся системы ветра и гроз размером в сотни

километров в диаметре. Скорость приземного ветра может превышать 300 км/ч. Они часто вызывают сильные дожди, которые могут приводить к обширным затоплениям. Сочетание вызываемых ветром волн и низкого давления в зоне тропического циклона может вызвать прибрежный *штормовой нагон* — огромный объем воды, выбрасываемой на берег с высокой скоростью и огромной силой. Она может смывать дома, дороги, различные технические сооружения на своем пути и наносить существенный ущерб прибрежной окружающей среде

Ежегодно образуется порядка 80 тропических циклонов. Их названия зависят от того места, где они образуются: на западе северной части Тихого океана и в Южно-Китайском море их называют *тайфунами*; в Атлантике, Карибском бассейне и Мексиканском заливе, а также на востоке северной и центральной частей Тихого океана — *ураганами*; в Индийском океане и в южной части Тихоокеанского региона — *тропическими циклонами*.

Пыльные и песчаные бури представляют собой атмосферное явление, в виде переноса ветром огромного количества пыли (песчинок, частиц почвы) с земной поверхности высотой в несколько метров. Они характерны главным образом для районов Африки, Австралии, Китая и США. Пыльные и песчаные бури создают угрозу жизни и здоровью, особенно если человек был застигнут на открытой местности вдали от укрытия. Они также создают помехи работе транспорта, так как зона видимости в может сокращается до нескольких метров

Парниковый эффект — *нагрев нижних слоёв атмосферы, вызванный поглощением теплового излучения земной поверхности содержащимися в тропосфере парниковыми газами*. Явление естественного парникового эффекта позволяет поддерживать на поверхности Земли температуру, при которой стало возможным возникновение и развитие жизни. В результате температура поверхности Земли и приземного слоя воздуха выше, чем она была бы при отсутствии парникового эффекта. Средняя температура поверхности Земли равна плюс 15 °С, а без парникового эффекта она была бы минус 18 °С. Парниковый эффект — один из механизмов жизнеобеспечения на Земле.

Антропогенное увеличение концентрации парниковых газов приводит к повышению температуры поверхности Земли, изменению климата и негативным геоэкологическим последствиям. Ведущую роль в парниковом эффекте играет водяной пар, находящийся в атмосфере. Большое значение также имеют газы, не отличающиеся высокой концентрацией в атмосфере: углекислый газ (диоксид углерода) (CO_2), метан (CH_4), оксиды азота, в особенности N_2O , озон (O_3). В эту же категорию следует включить не встречающуюся в природе группу газов, синтезируемых человеком, под общим названием хлорфторуглероды.

Деятельность человека за последние 200 лет привела к повышению концентрации в атмосфере газов, обладающих парниковым эффектом. Реакция атмосферы на этот процесс заключается в антропогенном усилении естественного парникового эффекта. Парниковый эффект каждого из парниковых газов зависит от трех основных факторов: ожидаемого парникового эффекта на протяжении ближайших десятилетий или веков,

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

Комбинация первых двух факторов носит название «Относительный парниковый потенциал», выражается в единицах от потенциала CO_2 и является показателем текущего состояния парникового эффекта. Для понимания глобального парникового эффекта необходимо понять роль каждого из газов.

Роль *водяного пара*, содержащегося в атмосфере, в общемировом парниковом эффекте велика, но не определяется однозначно. В основном при потеплении климата содержание водяного пара в атмосфере будет увеличиваться тем самым, усиливая парниковый эффект.

Диоксид углерода, или углекислый газ (CO_2), отличается, по сравнению с другими парниковыми газами, относительно низким потенциалом парникового эффекта, но довольно значительной продолжительностью существования в атмосфере – 50-200 лет и сравнительно высокой концентрацией. Доля диоксида углерода в парниковом эффекте составляет в настоящее время около 64 %, но эта относительная величина неустойчива, поскольку зависит от изменяющейся роли других парниковых газов. Основной источник антропогенного поступления углекислого газа в атмосферу – сжигание горючих ископаемых (угля, нефти, газа) для производства энергии. При современном уровне эмиссии углекислого газа концентрация его в атмосфере будет неуклонно увеличиваться. Стабилизация концентрации может быть достигнута посредством значительного сокращения объема выбросов.

Метан (CH_4) также играет заметную роль в парниковом эффекте, составляющую приблизительно 19 % от общей его величины. Метан образуется в анаэробных условиях, таких как естественные болота разного типа, толща сезонной и вечной мерзлоты, рисовые плантации, свалки, а также в результате жизнедеятельности жвачных животных и термитов. Около 20 % суммарной эмиссии метана связаны с технологией использования горючих ископаемых (сжигание топлива, эмиссии из угольных шахт, добыча и распределение природного газа, переработка нефти). Всего антропогенная деятельность обеспечивает 60-80 % суммарной эмиссии метана в атмосферу. В атмосфере метан неустойчив. Он удаляется из нее вследствие взаимодействия с ионом гидроксила (ОН) в тропосфере. Несмотря на этот процесс, концентрация метана в атмосфере увеличилась примерно вдвое по сравнению с доиндустриальным временем и продолжает расти со скоростью около 0,8 % в год.

Доля *оксида азота* (N_2O) в суммарном парниковом эффекте составляет всего около 6 %. Концентрация оксида азота в атмосфере увеличивается. Его антропогенные источники приблизительно вдвое меньше естественных. Источниками антропогенного оксида азота является сельское хозяйство, сжигание биомассы и промышленность, производящая азотсодержащие вещества. Его относительный парниковый потенциал (в 290 раз выше потенциала углекислого газа) и типичная продолжительность существования в

атмосфере (120 лет) значительны и компенсируют его невысокую концентрацию.

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

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

На образование парникового эффекта также оказывают воздействие *тропосферные аэрозоли*. *Аэрозоли* - мельчайшие частицы твердого или жидкого вещества, находящиеся в воздухе во взвешенном состоянии. Они образуются вследствие ветровой эрозии почвы, извержений вулканов и других природных процессов, а также благодаря деятельности человека (сжигание горючих ископаемых и биомассы). Антропогенные аэрозоли влияют на радиационный баланс Земли непосредственно через поглощение и рассеивание солнечной радиации, и косвенно, как ядра конденсации, играющие важную роль в образовании и развитии облаков. В целом антропогенные аэрозоли снижают величину радиационного баланса, то есть несколько компенсируют антропогенный парниковый эффект. Срок существования антропогенные аэрозолей в атмосфере не превышает нескольких дней и их воздействие является локальным.

Накопление парниковых газов в атмосфере и последующее усиление парникового эффекта приводит к повышению температуры приземного слоя воздуха и поверхности почвы. За последние сто лет средняя мировая температура повысилась приблизительно на 0,3-0,6 °С. Наблюдаемый рост температуры обусловлен не только естественными колебаниями климата, но и деятельностью человека. Прогрессирующее антропогенное накопление

парниковых газов в атмосфере может привести к дальнейшему усилению парникового эффекта.

Основные причины изменения климата и его последствия. Климат Земли меняется в течение десятилетий, веков и тысячелетий. Это обусловлено изменениями размеров и взаимного расположения материков и океанов, светимости Солнца, параметров орбиты Земли, влиянием вулканической активности на прозрачность атмосферы, её состав и воздействием других природных факторов. *Изменение климата* – колебания климата Земли в целом или от дельных её регионов с течением времени, выражающиеся в статистически достоверных отклонениях параметров погоды от многолетних значений за период времени от десятилетий до миллионов лет независимо от их физических причин. Особенно быстрые изменения климата происходят с середины прошлого века. В значительной мере они вызваны хозяйственной деятельностью человека. В первую очередь – антропогенными выбросами диоксида углерода, метана, закиси азота и других парниковых газов. Кроме того, причинами изменения климата являются: глобальное потепление; космические лучи; аварии в океане; изменения переноса воздушных масс; вулканическая деятельность; влияние Эль-Ниньо и климатическое оружие.

Оценки ожидаемых изменений климата обычно производятся на основе использования глобальных моделей циркуляции атмосферы. Их сложность постоянно увеличивается по мере совершенствования технических качеств компьютеров и накопления новых данных наблюдений. Однако точность моделей все еще не высока даже для расчетов на глобальном уровне. Прогноз же изменений по регионам мира, чрезвычайно важный для практических целей, пока еще вряд ли надежен. Кроме того, необходимо учитывать возможные изменения в деятельности человека, осознанные или неосознанные, приводящие к изменениям в накоплении парниковых газов, а значит и к последующим изменениям парникового эффекта. Эти обстоятельства учитываются посредством составления различных сценариев.

В соответствии со сценариями наиболее низкой и высокой вероятной величины эмиссии парниковых газов средняя мировая температура приземного слоя воздуха за период с 1990 по 2100 г. увеличится соответственно на 1 и 3,5 °С. В любом варианте потепление будет значительнее, чем все колебания климата в течение последних 10000 лет, и это является серьезной проблемой для человечества.

Рост температуры воздуха будет сопровождаться увеличением количества осадков, хотя картина пространственного изменения распределения осадков будет более пестрой, чем распределение температуры воздуха. Вариация изменения осадков будет находиться в пределах от – 35 % до +50 %. Очень важно, что относительно небольшие изменения средних показателей климата будут, по всей вероятности, сопровождаться повышением частоты редких катастрофических событий, таких как тропические циклоны, штормы, засухи, экстремальные температуры воздуха и пр.

Следует также отметить, что в больших многокомпонентных системах между временем наступления причины и следствия существует определенное

запаздывание. Очень высокая инерционность всех событий вызывает большие трудности при разработке и осуществлении стратегий взаимодействия общества с изменяющимся климатом. Согласно данным Межправительственного комитета по изменению климата (IPCC), имея в виду, что неопределенность развития событий весьма велика, можно все же ожидать нижеследующие последствия изменения климата.

Изменения ландшафтов суши. В средних широтах повышение температуры на 1-3,5 °С за ближайшие сто лет будет эквивалентно смещению изотерм на 150–550 км по широте в сторону полюсов, или на 150-550 м по высоте. Соответственно начнется перемещение растительности. Флора и фауна отстанут от того климата, в котором они развивались, и будут существовать в другом климатическом режиме. Скорость изменений климата будет, по-видимому, выше, чем способность некоторых видов приспосабливаться к новым условиям, и ряд видов может быть потерян. Могут исчезнуть некоторые типы лесов. Экосистемы не будут передвигаться вслед за климатическими условиями как нераздельная единица; их компоненты будут перемещаться с различной скоростью, в результате чего сформируются новые комбинации видов, то есть возникнут новые экосистемы и их наборы более высоких рангов. Леса умеренного пояса потеряют часть деревьев при сопутствующем увеличении эмиссии углекислого газа, образующегося при окислении отмирающей биомассы. Пространственное приспособление экосистем к новым климатическим условиям, связанное с миграцией видов, будет осложняться антропогенными препятствиями, такими как сельскохозяйственные угодья, населенные пункты, дороги и пр.

Наибольшие изменения произойдут в арктическом и субарктическом поясах. Сократятся компоненты криосферы: морские льды, горные и небольшие покровные ледники, глубина и распространение вечной и сезонной мерзлоты, площадь и продолжительность залегания сезонного снежного покрова. Ландшафты сдвинутся в сторону полюса при их значительной трансформации. Можно ожидать развития пока еще плохо предсказуемых обратных связей. Частичная деградация вечной и сезонной мерзлоты повлияет на увеличение эмиссии углекислого газа и перестройку процессов эмиссии метана в атмосферу. От трети до половины массы горных ледников растает, в то время как ледниковые покровы Антарктики и Гренландии в ближайшие сто лет практически не изменятся. Пустыни станут еще более аридными вследствие более значительного повышения температуры воздуха по сравнению с осадками. Прибрежные морские системы вследствие их разнообразия будут по-разному реагировать на увеличение температуры воздуха и рост уровня океана.

В последнее столетие происходил неуклонный рост среднего уровня Мирового океана, составивший 10-25 см. Основные причины роста уровня океана - термическое расширение воды вследствие ее нагревания из-за потепления климата, а также дополнительный приток воды вследствие сокращения горных и небольших полярных ледников.

Льды в Гималаях тают со скоростью 10-15 м в год. При нынешней скорости этих процессов две трети ледников исчезнет к 2060 г., а к 2100 г. все

ледники растают окончательно. Ускоренное таяние ледников на Земле создаёт непосредственную угрозу человеческому развитию. Для густонаселённых горных и предгорных территорий особую опасность представляют лавины, затопление или, наоборот, снижение полноводности рек и, как следствие, – сокращение запасов пресной воды. Эти же факторы будут работать и в дальнейшем, с постепенным подключением в более отдалённом будущем талых вод Гренландского, а затем и Антарктического ледниковых щитов.

В соответствии со сценариями для минимального и максимального повышения температуры уровень Мирового океана поднимется к 2100 г. соответственно на 15 и 95 см. Уровень океана будет продолжать расти в течение нескольких столетий после 2100 г., даже если концентрация парниковых газов стабилизируется. Рост уровня океана с сопутствующим увеличением частоты и силы штормовых нагонов приведет к затоплению низко расположенных территорий, разрушению берегов с угрозой сооружениям, на них находящимся, увеличению солёности рек в их устьях и подземных вод, изменению условий транспорта наносов и растворенных веществ и многим другим, зачастую плохо предсказуемым последствиям. В особенности пострадают низкие острова и плоские побережья, в том числе многие крупные и сверхкрупные города.

Могут возникнуть весьма значительные миграции населения с серьёзными экономическими и политическими последствиями. В прибрежной зоне живет более половины человечества. В настоящее время около 46 млн чел. подвержены риску затопления от морских штормов. При росте уровня океана на 1 м этот показатель возрастает до 118 млн. чел. даже без учета ожидаемого прироста населения. Некоторые островные страны практически перестанут существовать.

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

Водные ресурсы. Климат и его изменения в первую очередь оказывают влияние на гидрологический режим; использование, локальное и глобальное перераспределение водных ресурсов; работу водохозяйственных систем; поиск новых водных ресурсов и обоснование строительства гидротехнических сооружений. Изменения климата приведут к интенсификации глобального гидрологического цикла и заметным региональным изменениям, хотя конкретный региональный прогноз пока ненадежен. Относительно небольшие изменения климата могут вызвать нелинейные изменения суммарного испарения и влажности почвы, что приведет к относительно большим изменениям стока, в особенности в аридных районах. В отдельных случаях при росте средней температуры на 1-2 °С и сокращении осадков на 10 % средний годовой сток может сократиться на 40–70 %. Потребуется значительные капиталовложения для приспособления водохозяйственных систем к новым

условиям. В особенности серьезные проблемы возникнут там, где водопотребление уже значительно, или где велико загрязнение вод.

Сельское хозяйство. Оценки показывают, что в СНГ и США около 70 % потерь, связанных с неблагоприятными погодными и климатическими условиями, приходится на сельское хозяйство. Изменение климата окажет серьезное влияние как вследствие непосредственного климатического воздействия на агроэкосистемы, так и из-за необходимости приспособления сельского хозяйства к новым условиям. Воздействия на агроэкосистемы будут весьма сложными и неоднозначными. Вследствие увеличения концентрации углекислого газа несколько возрастут величины фотосинтеза и, возможно, урожай.

Зависимость продуктивности сельскохозяйственного производства от изменений климата определяется географическим районом. В районах, где земледелие лимитируется притоком тепла, вероятность повышения урожая увеличится. В аридных и семиаридных районах, где оно ограничено наличием доступной для растений влаги, изменение климата отразится неблагоприятным образом. Более высокие температуры воздуха будут способствовать ускорению естественного разложения органического вещества почвы, снижая ее плодородие. Увеличится вероятность распространения вредителей и болезней растений. Продуктивность скота (мясомолочная продукция) будет возрастать в теплые зимние сезоны и уменьшаться в теплые летние сезоны. Высокие летние температуры могут увеличивать смертность старых животных в результате тепловых стрессов и других явлений.

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

Энергетика. Влияние метеорологических и климатических факторов на энергетику осуществляется через изменение условий производства энергии, эксплуатации и содержания энергетических систем, а также колебания спроса на энергию со стороны потребителей. Наиболее чувствительна к погодным и климатическим факторам гидроэнергетика. Возобновляемые энергоресурсы зависят от климатических условий даже при самом благоприятном развитии технологического процесса. В настоящее время роль возобновляемых источников в общем энергетическом балансе весьма небольшая, хотя и имеет тенденцию к увеличению. Экспертные оценки показывают, что к 2020 г. доля возобновляемых источников энергии в мировом балансе может составить не более 15 % и прирост будет достигнут в основном за счет использования гидроресурсов. Использование ветровой и солнечной энергии в ближайшие десятилетия не даст существенного вклада в развитие мировой энергетики в

силу того, что концентрация солнечной и ветровой энергии потребует огромных материальных вложений и удорожания электроэнергии.

Развитые страны используют около 17 % общей энергии на производство продовольствия. В развивающихся странах количество потребляемой на эти нужды энергии – от 30 до 60 %. Для получения урожаев с ирригационных площадей использование энергии возрастает на 400 %. Следовательно, в случае потепления климата для сохранения сборов зерна на современном уровне должно произойти увеличение используемой энергии. Это приведет в том числе к увеличению сжигания органического топлива, следовательно, к возрастанию концентрации CO₂ в атмосфере и еще большему потеплению климата. В этой связи необходимо ограничивать сжигание органического топлива и предварительно извлекать из него серу, поскольку имеется серьезная проблема влияния кислотных дождей на растительность и воду. С целью исключения указанных воздействий следует увеличить использование возобновляемых, экологически чистых источников энергии, а также термоядерной энергии. Ожидаются также значительные изменения, касающиеся проблем здоровья людей, транспорта, промышленности и многих других аспектов.

Предстоящее изменение климата и его последствия – это крупнейшая проблема выживания человечества, требующая международного сотрудничества по координации действий каждой страны. Стратегия сотрудничества распадается на два основных компонента: управление и приспособление. При стратегии управления проблемой основные усилия направлены на снижение эмиссии парниковых газов, прежде всего углекислого газа. При осуществлении стратегии приспособления разрабатываются, например, комплексные проекты защиты конкретных прибрежных зон (систем) от растущего уровня моря.

Основной документ, регулирующий сотрудничество в области изменения климата, – Конвенция ООН по изменению климата, принятая в июне 1992 г. в Рио-де-Жанейро на Конференции ООН по окружающей среде и развитию. Во Франции с 30 ноября по 12 декабря 2015 г. состоялась Международная конференция, посвящённая климатическим изменениям. Результатом работы конференции стало одобрение 195 странами и Европейским Союзом Парижского соглашения. Оно заменит после 2020 г. Киотский протокол – международное соглашение, принятое в Киото в 1997 г. в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата и устанавливающее обязанности развитых стран и стран с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов. Новое соглашение подписано 22 апреля 2016 г. в штаб-квартире ООН в Нью-Йорке – в День Матери-Земли. В качестве глобальной цели соглашение предусматривает удержание роста глобальной температуры в пределах 1,5 °С к концу столетия. Развитые страны согласились выделять 100 млрд долларов ежегодно развивающимся странам для решения проблем, связанных с изменением климата.

Изменение климата Беларуси. В течение последних десятилетий в Беларуси происходит устойчивое потепление климата. Отмечается рост

температуры воздуха в летний период и её снижение в зимний сезон года. Наблюдаются ранняя весна и увеличение зимнего периода со снегом. Количество атмосферных осадков существенно не изменилось. Выросло число неблагоприятных погодных явлений. К плюсам потепления климата в Беларуси можно отнести повышение теплообеспеченности сельскохозяйственных культур. В сельском хозяйстве увеличиваются площади под возделывание кукурузы. Можно расширять посевы подсолнечника, фасоли и сои. Планируется даже выращивание арбузов, дынь и винограда. Отрицательные последствия потепления выражаются в росте летом числа засушливых периодов, что снижает урожайность некоторых сельскохозяйственных культур.

Анализ современного состояния климата позволяет заключить, что в настоящее время отмечается устойчивое повышение средней годовой температуры воздуха. Наиболее значительный рост температуры наблюдается в январе-апреле. Почти в два раза возросла средняя повторяемость максимальной температуры, превышающей 30°C. Уменьшилась амплитуда суточного и годового хода температуры воздуха. Среднее годовое количество осадков в основном снижается, особенно в южной и центральной частях Беларуси. Увеличилась территория, где среднегодовое количество осадков стало меньше 600 мм. Возросла межгодовая вариация осадков и значительно изменилось их распределение внутри года. Это особенно заметно в апреле и мае, а также в августе, когда месячные значения осадков уменьшились на одну пятую часть. В последнее десятилетие увеличилось число погодных и климатических экстремальных явлений (засух, заморозков, наводнений, теплых зим). Повторяемость засух увеличивается с севера на юг страны. В Гомельской области повторяемость засух с площадью охвата территории не менее 30% составляет 44%, т.е. 1 раз в 2 года, в Брестской – 1 раз в 2-3 года. Стало соизмеримо количество заморозков на севере и юге страны.

Изменения климата Беларуси происходят на фоне его глобальных изменений, связанных с естественными и антропогенными факторами. Исходя из средних оценок, ожидаемые изменения газового и аэрозольного состава атмосферы, обусловленные в основном антропогенной деятельностью, приведут к увеличению средней годовой температуры на территории Беларуси приблизительно на 1°C к 2025 г. На фоне потепления резко возрастут внутригодовые и межгодовые колебания температуры и осадков, увеличится число погодных и климатических экстремальных явлений. Для сельского хозяйства последствия потепления климата будут связаны: с изменением плодородия почв; изменением условий производственной деятельности; созданием предпосылок для изменения хозяйственной специализации. Потери урожая основных сельскохозяйственных культур из-за неблагоприятных погодных условий в отдельные годы могут достигать 50-65%. В будущем основное влияние климата на сельское хозяйство будет определяться экстремальными климатическими явлениями.

Тема 3. Геоэкологические проблемы гидросферы

Геоэкологические особенности гидросферы. Гидросфера проникает во все другие геосферы. Она играет важную роль в глобальных процессах обмена веществом и энергией. В природе вода находится в центре большинства взаимосвязей. Вода – это индикатор состояния окружающей среды и важнейший природный ресурс. *Глобальный круговорот воды* является одним из главных процессов в географической оболочке. Он служит основой единства географической оболочки и обеспечивает всемирный обмен веществом и энергией. Круговорот воды способствует очищению атмосферы и поверхности Земли от природных и антропогенных загрязнений. Дождевая вода и снег очищают воздух. Поверхностные текущие воды смывают загрязняющие вещества в растворённом или твёрдом состоянии в моря и океаны. Значительная часть этих веществ оседает на дно или перерабатывается в результате природных биохимических процессов. Вода гидросферы осуществляет эрозию и денудацию горных пород, перенос и отложение продуктов их разрушения. Она обладает высокой растворяющей способностью. Природные растворы разнообразного содержания и концентрации встречаются во всех геосферах, участвуют в глобальном геологическом круговороте веществ.

Океаны и моря вместе с водными объектами суши (ледники, реки, озёра, водохранилища, болота) покрывают 3/4 поверхности Земли. Большая площадь, высокая теплоёмкость и другие физические свойства воды имеют огромное значение для теплового и водного режимов нашей планеты. Они являются важнейшим фактором формирования климата, почв, растительности и всей природы Земли.

Подземные воды, особенно первых от поверхности водоносных горизонтов (грунтовые воды, верховодка), во многом определяют геоэкологическое состояние ландшафтов. С ними связаны увлажнение, переувлажнение и заболачивание почвы, формирование болот, питание рек и озёр, засоление почвы и другие важные экологические явления.

В жизни общества вода – критический фактор многих экономических, общественных и политических проблем. В местах её нехватки осуществляется целый комплекс мероприятий по обеспечению водой. Например, проводятся каналы, делаются артезианские скважины, сооружаются плотины с целью накопления дождевых и талых вод, создаются пруды и водохранилища, устраивается искусственный полив при помощи различных дождевальных установок и т. д.

Вода – обязательный компонент в комплексе оздоровительных мероприятий для человека. К ним относятся: личная гигиена, водные оздоровительные процедуры, купание, водный туризм, отдых на берегу рек и водоёмов, который благоприятно действует на психику и физическое здоровье человека. Вода – среда жизни для многих растений и животных. Растения до 90 %, а животные до 75 % состоят из воды. Вода составляет около 70 % человеческого тела. Потеря 10-20 % воды живыми организмами приводит к их гибели. Если человек в течение пяти суток не употребляет воду, он погибает. Эксперты ООН подсчитали, что из-за отсутствия чистой питьевой воды и

условий для элементарной гигиены в странах Азии, Африки и Латинской Америки от желудочных заболеваний страдает 1 млрд чел. и каждый год умирает 25 млн чел.

Антропогенное воздействие на гидросферу. В мировом хозяйстве вода используется в энергетике, при орошении сельскохозяйственных угодий, для промышленного и коммунально-бытового водоснабжения и других целей. Водные источники являются объектами хозяйственного использования в качестве транспортных магистралей, рекреационных зон, водоёмов для развития рыбного хозяйства. Кроме того, минеральные лечебные и столовые воды применяются для бальнеологических целей. Высокотемпературные (геотермальные) воды используются для теплоэнергетических нужд. Из высокоминерализованных природных рассолов извлекают ценные полезные ископаемые: йод, бром, литий, пищевую соль и др. Подземные воды отличаются более высокой естественной защищённостью от загрязнения. Во многих странах они широко используются для удовлетворения питьевых нужд.

*Пригодные для употребления пресные воды, заключённые в реках, озёрах, ледниках, подземных горизонтах, называются **водными ресурсами**.* Пары атмосферы, океанические и морские солёные воды в хозяйстве пока используются незначительно. Они являются потенциальными водными ресурсами. Забор воды из всех источников мира составляет около 4000 км³ в год. Объём других широко используемых природных ресурсов, таких как уголь или нефть, примерно на три порядка меньше. За последние 80 лет сельскохозяйственное использование воды увеличилось в 6 раз, коммунальное – в 7, промышленное – в 20, а общее – в 10 раз. Передача воды на значительные расстояния стоит дорого и часто связана с большими трудностями. Поэтому лучше использовать водные ресурсы, которые находятся недалеко от потребителя.

Важной составляющей гидросферы является Мировой океан. Современное общество всё больше осознаёт его огромное значение. Мировой океан – это источник полезных ископаемых, биологических ресурсов, средство для межконтинентальных связей, генератор и регулятор климата нашей планеты. Но в то же время человечество истощает природные ресурсы океана и загрязняет его акваторию.

Воздействие деятельности человека на гидросферу приводит к ухудшению геоэкологического состояния водных объектов и прилегающих к ним территорий. Оно проявляется в изменении водных запасов, гидрологического режима водотоков и водоёмов, а также качества вод. Производственная деятельность человека влияет на все основные элементы глобального круговорота воды: осадки, испарение, сток. На водные объекты оказывают влияние одновременно многие *антропогенные факторы*. По характеру воздействия на ресурсы, режим и качество водных объектов суши они подразделяются на три группы:

- непосредственно воздействующие на водный объект путём прямого забора воды, сбросов природных и сточных вод или преобразования водотоков и водоёмов (создание в руслах рек водохранилищ и прудов,

обвалование и спрямление русел реки берегов озёр, выемка грунта из рек и водоёмов и т. п.);

- воздействующие на водный объект путём изменения поверхности речных водосборов и отдельных территорий (сельскохозяйственные мероприятия, осушение болот и заболоченных земель, вырубка и посадка лесов, урбанизация и т.п.);
- воздействующие на влагооборот в пределах речных водосборов и отдельных территорий посредством изменения климатических характеристик (промышленные и энергетические объекты, загрязняющие атмосферу, крупномасштабные водохозяйственные мероприятия).

Наибольшее влияние на водные объекты суши оказывают факторы первой группы. Любое хозяйственное использование вод сопровождается появлением отработанных вод или стоков, изменением физических и химических свойств воды. Сельское хозяйство является основным загрязнителем водных объектов биогенными элементами. Из удобрений, внесённых в почву при выращивании сельскохозяйственных культур, в водные источники попадает около 20 % азота, 25 – фосфора и 30 % калия.

Различают химические и физические воздействия на водные объекты. *Химические воздействия* – это поступления в водные объекты загрязняющих веществ, вызывающих изменение химического состава вод, сформированного естественным путём. *Физические воздействия* – это изменения физических параметров водных экосистем, которые приводят к нарушению естественных гидрохимических процессов и формированию вод нового состава.

Вследствие накопления в воде биогенных элементов происходит усиление биологической продуктивности водоёмов. Это приводит к ряду неблагоприятных экономических последствий: ухудшению качества воды, снижению рекреационной ценности водоёмов, уменьшению рыбной популяции, блокированию водосбросов и каналов. При очистке отработанных вод применяют *механические, химические, биологические* методы. Для разбавления 1 м³ очищенных загрязнённых стоков необходимо потратить не менее 8-10 м³ чистых природных вод. Если сбрасываются неочищенные стоки, то расход воды возрастает в несколько раз. Наряду с обычным загрязнением воды увеличивается число катастрофических ситуаций. При технологической аварии в реку, озеро или подземные воды попадает значительный объём высокотоксичных вод, наносящих серьёзный и долговременный ущерб. В настоящее время наибольшее антропогенное воздействие испытывают речные системы. Масштабы воздействия хозяйственной деятельности на ресурсы и качество воды болот, озёр и месторождений подземных вод значительно меньше.

Своеобразным биоиндикатором чистоты водоёма является тростник: в чистой воде он достигает высоты 4 м, а в сильно загрязнённой не бывает выше 0,5 м. По его высоте можно судить о степени загрязнения воды. В чистых водоёмах обитают кувшинка белоснежная, наяда, сальвиния плавающая, водяной орех (чили́м), водокрас обыкновенный, раки, разнообразные виды

рыбы. В загрязнённых водоёмах массовое развитие получают роголистник погружённый, рдест плавающий и ряска. В них нет раков, бедное видовое разнообразие рыб. В воде, сильно загрязнённой органическими веществами и продуктами их разложения, развиваются гнилостные бактерии и примитивные грибы. Содержание кислорода в такой воде ничтожно. Вода дурно пахнет. Пить такую воду и купаться в ней нельзя.

Современное общество все больше осознает всеобъемлющее значение Мирового океана как источника колоссальных запасов полезных ископаемых, биологических ресурсов, средства для межконтинентальных связей, генератора и регулятора климата нашей планеты. Но в то же время человечество истощает природные ресурсы океана и загрязняет его акваторию. С каждым днем влияние антропогенной деятельности на Мировой океан, во многих случаях превосходящее естественные процессы, становится все более заметным и приводит к существенному нарушению его геоэкологического баланса. Устойчивость геосистемы Мирового океана основана на постоянстве среды. Это состояние учитывает поступление в океан вредных веществ, но в концентрациях, не вызывающих неблагоприятные последствия. Воздействие загрязнителей на биоту океана зависит от степени опасности, стойкости, агрегатного состояния, масштаба, продолжительности воздействия загрязнения и вида организма.

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

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

Глобальный характер носит загрязнение океана *тяжелыми металлами*, прежде всего ртутью, свинцом, кадмием. Они попадают в океан главным образом через атмосферу и с речным стоком. От одной трети до половины

промышленного производства ртути (3-5 тыс. т) и около 2 млн. т свинца ежегодно попадает в океан.

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

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

Современное загрязнение Мирового океана характеризуется распространением на открытые районы океана, переносом загрязняющих веществ в более глубокие слои воды и их накоплением в морских организмах. Локальные загрязнения и их экологические последствия все чаще приобретают глобальный характер. Общие последствия загрязнения проявляются в накоплении химических, токсических веществ в биоте, микробиологическом загрязнении прибрежных районов, снижении биологической продуктивности, прогрессирующей эвтрофикации, возникновении мутагенеза и канцерогенеза, нарушении устойчивости экосистем. Загрязнение океана сказывается на хозяйственной деятельности человека и его здоровье. Токсические вещества через трофические цепи вызывают у людей ряд специфических заболеваний.

Мировой океан, так же как воды суши, испытывает постоянно возрастающее антропогенное давление. Для его оптимального функционирования, динамики и прогрессивного развития необходимы специальные мероприятия по охране морской среды. Они должны включать ограничение и полное запрещение загрязнения Мирового океана, регулирование использования его природных ресурсов, создание охраняемых акваторий, геоэкологический мониторинг и т. д.

В настоящее время существуют международные соглашения по отдельным морям. Они регулируют совместные действия стран по борьбе с загрязнением, предотвращением и ликвидацией экологических катастроф, координируют вопросы организации совместных наблюдений за качеством воды, развития особо охраняемых природных акваторий и др. Помимо региональных, существуют и другие международные соглашения, регулирующие различные геоэкологические проблемы морей и океанов.

Геоэкологические аспекты водного хозяйства. С каждым годом на Земле увеличивается потребление воды. В настоящее время более половины населения земного шара испытывает острую нехватку пресной воды. Это объясняется как природными условиями территории, так и антропогенными факторами. Часто водные источники являются объектами хозяйственного использования в качестве транспортных магистралей, рекреационных зон, водоемов для развития рыбного хозяйства.

Хозяйственная ценность или качество водно-ресурсного потенциала региона тем выше, чем значительнее *доля устойчивой составляющей стока*. Ее величина количественно определяется объемом подземного стока и меженным

русловым стоком. Общий объем доступных водных ресурсов мира оценивается в 41 тыс. куб. км в год, из них лишь 14 тыс. куб. км составляют их устойчивую часть. В Мировом океане содержится 96,4 % общего объема гидросферы. На суше основную массу воды содержат ледники (1,86 % от общих запасов и 70,3 % от запасов пресных вод). Общий объем подземных вод составляет 1,68 % гидросферы. Из них примерно половина – пресные воды. Из всего объема вод гидросферы (1338 млн км³) пресных вод всего лишь 2,64 %, что составляет слой воды на поверхности суши мира, равный приблизительно 240 000 мм. В процессе использования некоторое количество изъятной воды теряется: испарение, просачивание, технологические процессы и т. д. У различных потребителей масштабы такого расхода неодинаковы. Для небольших по площади территорий эти потери воды рассматриваются как безвозвратные. Наиболее значителен объем безвозвратных вод (до 80-90 %) при сельскохозяйственном использовании.

Коммунальное и сельское хозяйство, промышленность и гидроэнергетика предъявляют различные *требования к качеству воды*. Качество воды для хозяйственно-питьевых целей должно отвечать санитарным требованиям. Такая питьевая вода безопасна по бактериальному составу и содержанию химических веществ. Она должна быть прозрачной, бесцветной, освежающего вкуса и без запаха. Высокими санитарными и вкусовыми качествами должны обладать воды, используемые и в некоторых отраслях промышленности (пищевой, химической и др.). Metallургическое или, например, горнорудное производство может обходиться водами низкого качества, использовать обратные системы водоснабжения.

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

Одним из показателей состояния водных и связанных с ними геоэкологических проблем является *водобеспеченность*. **Водобеспеченность** – количество водных ресурсов в расчёте на квадратный километр территории или душу населения (либо тысячу, миллион жителей) страны или региона. Водобеспеченность стран мира значительно отличается. Уровень 500 м³ на человека в год и менее является чрезвычайно низким для устойчивого развития государства. Уровень 1000 м³ на человека обычно принимается в качестве критического. Он указывает на то, что страна находится в состоянии острого дефицита водных ресурсов. Многие страны с ресурсами, превышающими 5000 м³ /чел., выглядят благополучными. Но на самом деле средняя цифра часто скрывает серьёзные региональные различия внутри стран. Численность

населения мира постоянно увеличивается, а объём имеющихся водных ресурсов остаётся постоянным, поэтому дефицит их будет возрастать. Это вызовет дальнейшее углубление противоречий, связанных с использованием водных ресурсов на международном и национальном уровнях. К 2025 г. 1,4 млрд чел. в 45 странах мира будут располагать менее чем 1000 м³ на человека в год. Около 75 % населения мира приблизительно в 100 странах будет жить в условиях дефицита воды, под угрозой экологической, экономической и политической неустойчивости.

Эффективное ведение водного хозяйства заключается в умении соблюдать баланс между имеющимися водными ресурсами территории и спросом на них, не допуская при этом ухудшения качества окружающей среды. **Водным хозяйством** называется производственная и природоохранная система, обеспечивающая население и хозяйство каждого региона и страны в целом водой в нужном объёме и надлежащего качества и защищающая окружающую среду от вредного воздействия вод.

Как правило, при традиционном водном хозяйстве потребность в воде постоянно возрастает. Баланс между спросом и предложением достигается системой мер, обеспечивающих увеличение подачи воды. Но баланс может быть достигнут также посредством регулирования спроса на воду. Здесь огромное поле деятельности. Водные ресурсы используются неэффективно практически во всех странах и во всех отраслях водного хозяйства. Кроме того, снижение водопотребления позволяет решить проблему дефицита воды, когда все ресурсы использованы и подача её не может быть увеличена.

В некоторых отраслях промышленности разработаны и продолжают интенсивно совершенствоваться схемы замкнутого или многократного водопользования. Их применение позволяет существенно снизить объёмы водозабора воды и её безвозвратных потерь, но заставляет ввести в водохозяйственный баланс ещё одну категорию – **водопотребление**. **Водопотребление** – это общий объём воды, используемой данной отраслью хозяйства за определённый отрезок времени. В современном хозяйстве главными потребителями вод являются: промышленность; сельское и коммунальное хозяйство. Они изымают из естественных и искусственных водоемов для своих нужд определенные объёмы воды, которые составляют **водозабор**.

В промышленности водозабор оказывается намного ниже водопотребления за счёт применения замкнутых циклов водоснабжения. Вода из источников забирается лишь для компенсации безвозвратных потерь. Доля промышленности в водопотреблении мира составляет около 25 %. В странах с достаточным увлажнением, где интенсивное орошение не требуется, эта доля достигает 71–87 % от суммарного водопотребления.

В сельском хозяйстве водопотребление может количественно превышать водозабор из источников. В этом случае для орошения используются органические стоки городских коммунальных систем или частично очищенные отработанные воды промышленных предприятий. Очень много воды идет на

ирригацию, что составляет около 65 % всей забираемой воды. В аридных районах этот показатель достигает 98 %.

В сфере коммунального хозяйства водопотребление и водозабор равны между собой. Повторное использование воды в данной отрасли на современном уровне практически не осуществляется. Городское население потребляет не более 10 % всего объема забираемой воды, но это очень дорогая вода, потому что строительство и эксплуатация весьма сложных систем водоснабжения обходится весьма дорого.

Региональная структура водозабора и водопотребления может существенно меняться. Она зависит от общего уровня экономического развития хозяйства, его специализации и особенностей природных условий. Если потребность в воде начинает превосходить величину устойчивого речного стока, возникает необходимость в его регулировании посредством строительства плотин и создания водохранилищ. В настоящее время в мире существует около миллиона созданных человеком водохранилищ разного размера. Развитие орошения во многих районах мира невозможно без создания водохранилищ. На крупных реках они улучшают также условия навигации. Плотины задерживают загрязняющие вещества, переносимые рекой, переводя их в донные отложения.

Первые водохранилища появились на Земле более 4 тыс. лет назад. Их строили с целью орошения земель и борьбы с наводнениями. Самым древним на Земле является водохранилище с плотиной Садд-эль-Кафара, созданное в Древнем Египте в 2950-2750 гг. до н. э. Сейчас в мире эксплуатируется более 60 тыс. водохранилищ и ежегодно появляется от 300 до 500 новых. Их полный объём превышает 6,6 тыс. км³, а площадь водного зеркала – более 400 тыс. км², что приблизительно равно площади десяти Азовских морей. Среди показателей, характеризующих размеры водохранилищ, наиболее важны объём и площадь водного зеркала, поскольку именно этими параметрами определяется в значительной степени воздействие на окружающую среду.

Строительство плотин, водохранилищ, гидроэлектростанций составляет важную часть стратегии развивающихся стран. Кроме того, гидроэлектрические станции не загрязняют окружающую среду и играют важную роль в энергетических системах.

Вместе с тем есть много *отрицательных последствий* строительства плотин и водохранилищ. Высокая стоимость строительства и переселения жителей из зоны затопления. Большие потери земельных ресурсов высокого качества. Глубокие изменения гидрологического режима рек выше и ниже плотин. Перехват плотинами стока биогенных элементов (фосфора и азота) и, соответственно, снижение биологической продуктивности морей. Подъём уровня грунтовых вод с сопутствующими изменениями продуктивности природных и антропогенных ландшафтов окружающей территории. Ухудшение условий для рыбного хозяйства. Нарушение установившегося уклада жизни населения и хозяйства. Несовместимость интересов различных социальных групп населения, которые могли быть затронуты в результате строительства.

Таким образом, водохранилища, с одной стороны, выполняют задачу увеличения и перераспределения объёма возобновимых водных ресурсов, а с другой – являются причиной многих неблагоприятных последствий. Поэтому при проектировании нового гидротехнического объекта, в особенности крупного, необходимо проводить геоэкологическую экспертизу с целью поиска оптимального решения, учитывающего инженерные, экономические и экологические аспекты проекта. Выгода от реализации проекта в конечном итоге должна превышать потери. В каждом случае это решение должно быть рациональным.

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

Управление водными ресурсами удобнее всего осуществлять для всего бассейна реки, озера или подземных вод. Однако политические и административные границы, как правило, не совпадают с водоразделами. Внутри стран это приводит к неудобной ситуации. Водное хозяйство реализуется в пределах речных бассейнов, в то время как большая часть другой экономической деятельности привязана к административному делению. На международном уровне это может приводить к конфликтам, связанным с использованием водных ресурсов. Около половины населения мира живёт в 220 международных речных и озёрных бассейнах, а 25 из них принадлежат четырём и более странам.

За последние 50 лет отмечены 507 «водных» конфликтов, 21 раз дело доходило до военных действий. ООН обращает внимание на конкретные бассейны, которые могут стать объектами споров в ближайшие годы. Наряду с привычными «яблоками раздора» – озером Чад и реками Брахмапутра, Ганг, Замбези, Лимпопо, Меконг, Сенегал – в докладе ООН о мировых водных конфликтах упоминаются Аракс, Иртыш, Кура, Обь.

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

Таким образом, стратегия решения водных проблем, успешное водное хозяйство – это поддержание баланса между спросом и предложением без ухудшения геоэкологического состояния территории. Необходимо сбалансировать также различные, часто конфликтные интересы и задачи

различных общественных групп и секторов экономики. Водное хозяйство региона (бассейна) должно базироваться на многокритериальной и междисциплинарной основе. Необходимо комбинировать инженерные, экономические, экологические, юридические, социальные, политические действия, потому что ни одно из них, взятое в отдельности, не может обеспечить эффективные и долговременные решения водных проблем.

Геоэкологические аспекты использования природных ресурсов Мирового океана. В понятие *природные ресурсы Мирового океана* включаются все элементы океаносферы, которые используются или могут быть использованы в производственных и непроизводственных отраслях. *Природные условия Мирового океана* — это элементы океаносферы, которые только влияют на жизнедеятельность человека. Структура ресурсов Мирового океана очень сложная. Он представляет собой обширную, сложную динамическую систему, состоящую из океанической литосферы, гидросферы, атмосферы и биосферы. Каждая из них является источником ресурсов, используемых или потенциальных.

Объектами освоения *литосферы* являются поверхностный слой и недра морского дна. Здесь добываются полезные ископаемые, возводят различные инженерные сооружения.

В *океанической гидросфере* ресурсами выступают ее динамические свойства и процессы, позволяющие производить энергию, обеспечивать перевозку грузов и пассажиров, развивать марикультуру и рекреацию. Ресурсом является сам субстрат морской воды, используемый в промышленном производстве, сельском хозяйстве и быту. Из нее получают различные химические элементы и пресную воду. Одной из особенностей водных ресурсов океана как природного элемента, является то, что они не могут быть полностью использованы. Вода обязательно должна участвовать в природном круговороте веществ как непременное условие поддержания жизни на Земле. Долгое время воспроизводство водных ресурсов считалось только естественным процессом, происходящим в природной среде. Теперь стало ясно, что способность воды к самоочищению ограничена и необходимы затраты труда и энергия на рациональное ведение водного хозяйства.

Океаническая атмосфера взаимодействует с гидросферой, во многом определяя характер протекающих в ней геофизических, геохимических и биологических процессов. Кроме того, ветровая энергия самой атмосферы издавна используется в парусном мореплавании.

Океаническая биосфера обеспечивает человека животными и растительными организмами, необходимыми в промышленном и сельскохозяйственном производстве, медицинской практике и т. д. Биологические ресурсы океана, так же как и вода, относятся к возобновимым ресурсам, но это не означает их вечного существования. Под воздействием человека происходит не только сокращение воспроизводства, но и нередко уничтожение того или иного биологического вида.

Особое значение в системе морского хозяйства имеет *берег, или береговая зона*, под которой понимается единство территории и акватории.

Ресурсообразующим фактором в данном случае выступает протяженность побережья, а параметрами и свойствами береговой зоны - наличие пляжей, извилистость линии уреза, особенности взаимодействия суши и воды, ширина береговой зоны и т. д. Используются эти ресурсы многие отрасли морского хозяйства, в том числе и рекреация.

Для рационального использования, обоснования порядка первоочередности разработки природных ресурсов необходима их комплексная оценка. Одним из универсальных способов такой оценки является «воспроизводственный подход» в рамках которого каждый ресурс и вся система оцениваются по затратам на искусственное воссоздание того или иного объекта при равном количестве и эквивалентом качестве в условиях интенсивного производства.

Оценка ресурсов океана во многом определяется их наличием на суше. Использование морских ресурсов экономически обосновано, если затраты на производство сравнимой продукции меньше, чем на суше. Но при абсолютном дефиците ресурса на суше его промышленное освоение в океане может быть целесообразно, даже если затраты будут больше, чем на суше. Сравнительные расчеты экономической эффективности использования морских ресурсов должны учитывать перспективность их эксплуатации в сравнении с сухопутными аналогами. Разработка некоторых морских ресурсов в настоящее время может быть нецелесообразной, но расчеты позволяют определить условия, при которых она наступит. Оценка морских ресурсов особенно необходима при определении эффективности крупных мероприятий по освоению ресурсов и преобразованию природной среды. Так как их осуществление связано с неизбежными потерями части природных богатств локальным ухудшением условий жизни людей.

Стоимостная оценка не может быть единственным критерием в решении вопроса комплексной и рациональной использования природных ресурсов. При оценке природных ресурсов следует исходить из рационального природопользования в условиях океана. Под этим понимался геоэкологически сбалансированное хозяйствование, чуждое потребителю максимализму и основанное на равнозначном сочетании потребления, охраны и воспроизводства, биологических, рекреационных и других ресурсов. Только в этом случае человеческое общество вправе рассчитывать на гармоничную коэволюцию с природой.

Применительно к использованию природных ресурсов Мирового океана в хозяйственной деятельности они подразделяются на следующие типы: биологические; сырьевые (минеральные, химические, водные); энергетические; рекреационные.

Биологические ресурсы Мирового океана. Под биологическими ресурсами океана понимаются запасы морских растений и животных, которые при существующих знаниях, развитие техники экономически целесообразно использовать в хозяйственном обороте для удовлетворения потребностей общества без ущерба для их естественного воспроизводства. Во все времена, начиная с первобытного общества, добыча и переработка биологических

ресурсов были важной частью человеческой деятельности. Ежегодно в океане вылавливается около 80-90 млн. т морепродуктов. Из них 30-35 млн. т перерабатывается на кормовую муку для животных, а остальные составляют около 1% продовольствия производимого на планете. Сейчас продукты питания, получаемые из водной среды, в мире составляют 24 % белка животного происхождения значительно уступая молочным (43 %) и мясным (35 %) продуктам. В тоже время только животные в океане каждый год продуцируют до 40 млн. т. белка, 8 млн. т. жиров (в 2 раза больше чем дает мировое животноводство) и 2 млн. т. углеводов.

В оценке пищевых ресурсов океана сталкиваются два противоречивых направления. С одной стороны не изжито мнение о неистощимости ресурсов, что на практике неоднократно приводило к перелову некоторых видов рыб и других морских животных, а иногда и к исчезновению их как биологического вида. С другой стороны, много прогнозов скорого достижения пределов возможного улова. Поэтому важно знать биологическую продуктивность океана. всех его трофических уровней и конечных звеньев, составляющих основу потребления человека.

Для оценки растительных и животных ресурсов океана важно не только подсчитать запасы биомассы в акватории, но и определить ее прирост и единицу времени. Различают *первичную продукцию*, когда органическое вещество синтезируется из минеральных веществ, и *вторичную* - образуемую всеми организмами, питающимися органическим веществом непосредственно или в процессе поедания друг друга. При продуцировании возникают полезные, бесполезные и вредные для человека организмы. Качество организмов, степень их полезности отражает эволюцию интересов человека и возможностей её удовлетворения, оно зависит от народных традиций, социальных условий, уровня цивилизации и технического прогресса.

Первичной основой биологической продуктивности всего океана служат бактерио- и фитопланктон. В результате фотосинтетически активной деятельности растений в водоемах создаётся запас энергии за счёт которого живут все организмы. Кроме фотохимических процессов в океане происходят ассимиляционные, вызываемые бактериями, которые служат важным элементом питания для зоопланктона и рыб на личиночной стадии развития. На развитие *фитопланктона* существенное влияние оказывает поступление биогенных веществ, освещенность и температура воды. Основная масса фитопланктона находится в верхнем слое воды (до 100-150 м). Наибольшее его количество сосредоточено в районах умеренных и субполярных широт, сравнительно узкой экваториальной полосе, прибрежных районах в зонах апвеллинга. Высокая биопродуктивность этих районов объясняется вертикальным и горизонтальным перемешиванием вод, доставляющих биогенные вещества в верхний, фотический слой океана. Общая масса ежегодно образуемого в океане фитопланктона 1200 млрд тонн, основу которого (80-90 %) составляют перидинеи и диатомеи.

Основу фитобентоса составляют макрофиты. Это бурые, красные, зеленые водоросли в некоторые из высших щитковых растений. В течение года

они продуцируют массу, равную своей биомассе - около 0,2 млрд., тонн. Макрофиты не имеют определяющего значения в процессе дальнейшего создания органического вещества в океане, но употребляются человеком в пищу, используются на корм домашнему скоту, в качестве удобрений, лекарственных средств, ингредиентов хлеба, конфет, консервированного мяса, различных эмульсий, сырья для получения поташа и йода, соды и т. д. Фитопланктон является кормом для большинства видов зоопланктона, но не для всех так как некоторые виды питаются бактериями или зоопланктоном. Из более чем 2000 видов планктонных животных наиболее широко представлены ракообразные (1200 видов) и кишечнополостные (400 видов). *Зоопланктон* обитает главным образом и поверхностных горизонтах океана. Он совершает постоянные суточные и сезонные миграции. Биомасса зоопланктона составляет примерно 20-25 млрд тонн. Годовая продукция - до 60 млрд. тонн.

Запасы зообентоса - животных (без рыб), обитающих на дне или у дна океана, основном в зоне шельфа, - оцениваются в 10 млрд. т. Годовая продукция его низкая около 3,3 млрд. т. Многие виды бентальных организмов не используются в пищевых цепях, не являются кормом для рыб и млекопитающих. Биомасса животного бентоса, способного участвовать в продуцировании полезных для человека организмов или поступающего непосредственно в пищу человеку, составляет примерно 2 млрд. тонн, а ежегодная продукция около 1 млрд. тонн.

Как правило, последними звеньями пищевой цепи, которые непосредственно используются человеком, являются некоторые животные - крупные представители морской фауны, обладающие способностью активно перемещаться в воде на значительные расстояния. *Нектон* в основном представлен рыбами, млекопитающими головоногими моллюсками (главным образом кальмарами) и высшими раками (наиболее многочисленные из них - креветки). Ориентировочная оценка суммарного количества нектона составляет 1 млрд. тонн, половина которого приходится на рыб. Годовая продукция нектона около 360 млн. тонн. Всего в Мировом океане насчитывается около 1600 видов рыб. Из них всего 800 являются объектами морского промысла, и только 76 видов рыб составляют 56 % мирового улова.

Биологическая продуктивность океана - основа пищевых ресурсов, которые предоставляет океан человеку, и которые могут быть им использованы. Основные направления повышения эффективности их использования связаны: с научными исследованиями биоты океана, разработкой его комплексной биологической модели, нахождением новых промысловых районов в открытой части океана мелководных районах, совершенствованием орудий лова, выявлением новых объектов промысла и развитием марикультуры.

Сырьевые ресурсы Мирового океана. В морской воде содержится 76 элементов таблицы Менделеева. На 11 из них приходится 99,98 % массы всех солей, растворённых в океане. Это прежде всего хлор (19 г/л), его больше всего в виде хлоридов, далее натрий (11 г/л), сера в различных соединениях (3 г/л), магний (1,3 г/л), кальций (0,4 г/л), кадий (0,4 г/л), соединения углерода,

стронция, брома, фтора и бора Кроме того, в морской воде растворены органические и биогенные вещества, а также газы (кислород, азот, сероводород, аргон и др.)

Стоимость всех веществ, содержащихся в 1 км³ воды, превышает 1 млрд долларов США. Запасы только хлора океане составляют $29,3 \cdot 10^{15}$ тонн, натрия - $16,3 \cdot 10^{15}$ тонн. Поэтому морскую воду часто называют «рудой будущего». Наиболее древним промыслом минеральных ресурсов из морской воды является добыча поваренной соли; еще до нашей эры египтяне добывали соль из вод Средиземного моря.

До сих пор примерно треть мирового потребления соли (около 35 млн тонн) обеспечивается за счёт выпаривания ее из морской воды. Добыча поваренной соли происходит, как правило, древним способом, с использованием солнечной энергии в осадочных бассейнах. Для получения 1 млн тонн соли требуется испарить примерно 120 млн тонн морской воды. Поваренная соль не только ценный пищевой продукт. Она используется для изготовления соляной кислоты, при производстве стекла, мыла, бумаги. очистки жиров, плавке металлов и т.д. Запасов соли в океане хватит на миллиарды лет.

Морская вода и отложения солей высохших морей являются основным источником получения *брома*. Современная добыча брома в мире достигает 100 тыс тонн в год. Он широко применяется в качестве антидетонационного средства в производстве красителей, лекарств, фтороактивов, огнетушителей и т.д. Концентрация *магния* в морской воде в 300 раз меньше, чем в земных рудах, однако уже теперь производство магния из воды обходится дешевле, чем из твердых руд. Впервые магний из морской воды стали добывать в Англии в 1916 году. Сейчас из нее получают около 40 % потребляемого в мире магния. Магний и магниевые соединения широко используются в самолете- и ракетостроении, в строительстве, черной и цветной металлургии, в фармацевтической, легкой промышленности и сельском хозяйстве. Развитие атомной энергетики резко повысило спрос на *уран*. Его запасы на суше составляют всего 800 тысяч тонн. В морской воде содержится около 4 млрд тонн урана. Во многих странах патентуются различные способы извлечения урана из морской воды. В настоящее время около трети урана добывается из моря.

В ряде стран пытаются найти «дешевые» способы добычи *золота* из морской воды. В ней растворено 10 млн тонн золота, тогда как на суше его запасы составляют всего 35 тысяч тонн. Одни из способов добычи золота при помощи установок с ионообменными смолами позволяет получить примерно 1 мг золота из 500 тысяч литров воды. При этом способе добычи золота издержки в несколько тысяч раз выше доходов. Перспективнее может быть добыча *серебра*, поскольку его концентрация в морской воде в 60 раз выше, чем золота. В океане растворено 600 млн тонн серебра. Его запасы на суше всего 130 тыс. тонн.

Добывать из морской воды минеральное сырье при концентрации его ниже, чем концентрация бора (4,6 мг/л), в том числе золота и серебра, при

современной технологии невыгодно. Идет поиск новых способов извлечения ценных микроэлементов, в том числе биохимических методов. Морские животные и растения обладают способностью поглощать концентрировать в своем организме некоторые химические элементы.

Добыча *йода* из морской среды осуществляется путем переработки водорослей, накапливающих его в сотня раз больше, чем содержится в воде. Обнаружены значительные концентрация *кобальта и радиоактивного плутония-239* в теле морских раков (омаров и лангустов), *ванадия* - в тканях голотурий и асцидий, *меди* - в клетчатке устриц, *цинка, олова и свинца* - в тканях медуз. Не исключено, что в скором времени будут создаваться заводы-фермы для получения минеральных элементов.

Перспективно *получение микроэлементов из горячих рассолов* в зоне подводных гидротерм, приуроченных к рифтовым разломам морского дна. Концентрация в рассолах железа, марганца, цинка, свинца, меди, золота, серебра и других металлов в тысячи раз превосходит их содержание в морской воде.

В Японии разработаны методы добычи *лития, рубидия и цезия* из побочных продуктов производства поваренной соли из морской воды эти металлы применяются в ракетной, ядерной, радиоэлектронной технике. В морской воде, помимо растворенных веществ, имеется огромное количество взвешенных частиц. В форме коллоидной взвеси в океане находится значительная часть золота, марганца, свинца, железа, кремнезема, кобальта и т.д. Пока не найдены эффективные способы извлечения взвешенных частиц минералов, но ведутся интенсивные научные исследования в этой области

В конце XX века резко возросло потребление *пресной воды*. Оно достигло почти 4000 км³ год, а в ближайшие 20-30 лет возрастет не менее чем 1,5 раза. Стремительный рост населения Земли, увеличение потребления пресной воды сельским хозяйством и промышленностью превратили проблему дефицита воды из локальную и глобальную. В решении этой проблемы все большую роль отводят морским ресурсам. Созданием промышленных опреснительных установок стали заниматься только в конце XIX - начале XX веков. Дистилляционный метод опреснения воды хорошо и выгодно сочетается с производством электроэнергии на двухцелевых атомных водо-электростанциях.

Наряду совершенствованием дистилляционного метода разрабатываются и применяются другие способы получения пресной воды путем: естественного, искусственного вымораживания (газогидратный метод); химические процессы ионообмена (реагентные методы); экстракционные процессы; с применением мембран (электродиализ); биологические методы. Технический прогресс в способах и методах опреснения воды обусловил резкое снижение себестоимости ее производства. Сейчас объем опресненных морских вод в мире достигает до 40 млн м³ воды в сутки.

Значительные ресурсы пресной воды содержатся в материковых и шельфовых льдах. Они сосредоточены в основном в Антарктиде составляют около 24 млн км³. Ледовый материк посылает ежегодно в океан в виде айсбергов 2800 км³ льда, что соответствует 2400 км³ пресной воды. Вопрос о

транспортировке айсбергов, с целью получения пресной воды, неоднократно обсуждался на различных международных форумах. Предположено много вариантов решения этой задачи. Существуют и другие проекты доставки воды и ледяных куполов Антарктиды, и Гренландии. Но еще не настало время широкого использования пресных ледниковых вод. Их огромные запасы являются важнейшим резервом человечества.

Нефтяные и газовые месторождения открыты в 50 странах, добычу ведут 25 стран. Глубины разведочного бурения достигли 2500 метров, а эксплуатационные работы ведутся на глубинах до 1000 метров. В настоящее время половина нефти и газа поступит из недр Мирового океана. Разведку и добычу нефти и газа обслуживает большой специализированный флот, насчитывающей более 3500 судов и парк вертолетов в 2000 единиц. Воздвигнуто более 10 000 нефтяных платформ, устанавливаются огромные подводные нефтехранилища, быстро растет сеть подводных трубопроводов, достигшая 30 000 миль. Началось строительство нефте- и газоперерабатывающих заводов непосредственно в море на искусственных островах. Морская добыча нефти требует огромных капитальных затрат. Стоимость одной современной буровой установки, в зависимости от конструкции, колеблется от 25 до 180 млн долларов, а нефтяной платформы достигает 2 млрд. долларов США. Величина расходов зависит от глубины моря, геологических, гидрологических, метеорологических, ледовых и других факторов. Бурение одной скважины в Мексиканском или Персидском заливе обходится около 1 млн. долларов, а в море Бофорта и Беринговом - до 70-90 млн долларов США. Однако суммарные валовые доходы от реализации морской нефти в 4 раза превышают затраты.

Наиболее старым и освоенным районом морской добычи нефти и газа является акватория Мексиканского залива. У американского побережья залива открыто около 700 промышленных скоплений нефти, что составляет 50 % всех месторождений известных в Мировом океане. Вторым старейшим районом морской добычи углеводородов является лагуна Маракайбо. Первое место в морской добыче нефти занимают страны Персидского залива. Совместно с прилегающей сушей Аравийского полуострова залив содержит более половины общемировых запасов нефти. Значительным нефтегазоносным районом является акватория Северного моря. В ряд крупнейших и перспективных регионов нефтедобычи становится Западная Африка. Перспективно освоение нефтегазовых ресурсов континентального шельфа КНР. Очень богаты углеводородами месторождения у берегов Калифорнии, Индонезии, Индокитая, шельфовой зоны Австралия. залива Кука (Аляска), Канадского Арктического архипелага, Северную Ледовитого океана и Каспийского моря.

Оценки потенциально извлекаемых морских ресурсов нефти и газа в пересчете на нефть колеблется от 100 до 311 млрд тонн, из них 68% залегают на глубинах до 200 метров. Перспективными могут оказаться, недавно открытые, *газогидратные запасы* на поверхности дна и в илистом придонном грунте глубоководных котловин океана. Газогидраты - соединения у углеводородных рудных газов с водой, находящиеся в сильно сжатом состоянии. По физическим

свойствам они похожи на лед. Один кубометр газагидрата содержит 200 м³ газа. Общие запасы твердого горючего газа на дне океана в сотни раз превышают запасы угля, нефти и газа во всех разведанных на сегодняшний день месторождениях. Таким образом, структура и объём потенциальных ресурсов углеводородов благоприятны для развития нефтегазовой промышленности в Мировом океане.

Твёрдые полезные ископаемые. Залежи твердых полезных ископаемых подразделяются на *коренные*, встречающиеся на месте своего первоначального залегания, *россыпные* которые образуются, в основном, в результате выноса обломочного материала реками вблизи береговой линии на суше и мелководье. Коренные в свою очередь подразделяются на *погребенные*, которые извлекаются из недр дна, и *поверхностные* расположенные на дне в виде конкреций, илов и т. п.

Наибольшее значение после нефти и газов настоящее время имеют россыпные месторождения металлоносных минералов, алмазов, строительных материалов и янтаря. По отдельным видам сырья морские россыпи имеют преобладающее значение. Они поставляют на мировой рынок 100% циркония и рутила, 80% ильменита и более 40 % касситерита. Ведущее место в добыче россыпных металлоносных минералов принадлежит Австралии. Вдоль её восточного побережья россыпи тянулись на полторы тысячи километров. Они содержат около 1 млн тонн рутила, 1,4 млн тонн циркона и 30,0 тыс. тонн монацита.

Богатые ильменит-цирконовые россыпи найдены у берегов Африки, Бразилии, США, Новой Зеландии, Индии, Шри-Ланка. Титаномагнетитовые и магнетитовые месторождения разрабатываются у острова Хонсю в Японии, на побережье Новой Зеландии и штата Вашингтон в США, в Балтийском и Черном морях, у острова Итуруп и других регионах. Из этих минералов получают цирконий, титан, гафний и другие металлы, имеющие большое стратегическое значение. Они используются в ядерной энергетике, электронной технике при производстве жаропрочных и тугоплавких сплавов для авиации и ракетной техники.

Большое внимание в мире уделяется добыче *касситерита* – оловянной руды. Сейчас из океана получают 10 % мировой добычи олова. Его основные месторождения расположены в прибрежной зоне стран Юго-Восточной Азии, Австралии, Тасмании, Великобритании и других районах. На юго-западном побережье Африки эксплуатируются *алмазонасные пески*, которые дают 5 % объема в 20 % валовой стоимости мировой добычи алмазов. Они так же добываются у берегов Намибии, Анголы, Сьерра-Леоне.

Золотоносные пески морских побережий, особенно Золотого Берега вблизи города Ном (Аляска), хорошо известны еще со времен «золотой лихорадки». С 1964 года разрабатывается россыпь Ном Чолд Кост с содержанием золота 15 г/м³. Общие запасы золота в этом районе оцениваются в 37,7 тонн (с содержанием не ниже 0,25 г/м³). Известны золотоносные пески вдоль побережий Калифорнии, Панамы, Чили. Турции, Египта, Юго-Западной Африки. С 1935 года в заливе Гудньюс (Аляска) при глубине моря 30 метров

разрабатываются *платиновые пески* с содержанием платины до 10 г/м³. В США до 90 % платины получают с морского дна. *Янтарь*, предмет украшения и ценное сырье для химической и фармацевтической промышленности, встречается на берегах Балтийского, Северного и Баренцева морей. В промышленных масштабах янтарь добывается в России, в наибольших количествах его собирают на пляжах Польши.

Среди *нерудного сырья* в шельфовой зоне представляют интерес глауконит, фосфорит, пирит, доломит, барит, *строительные материалы* - гравий, песок, глина, ракушечник. Ресурсов нерудного сырья хватит на тысячи лет. Интенсивной добычей строительных материалов в море занимаются многие прибрежные страны.

В последние годы наметились благоприятные перспективы добычи коренных залежей морских недр шахтно-рудничным способом. Известно более сотни подводных шахт и рудников, заложенных с берега материков, естественных и искусственных островов для добычи угля железной руды, медно-никелевых руд, олова, ртути, известняка в других полезных ископаемых погребенного типа. Некоторые из рудников и шахт достигают глубин 2400 метров ниже уровня моря и удалены от берега на расстояние до 8 км в море с глубинами до 120 метров. Из подводных месторождений в настоящее время добывают: *уголь* – у берегов Канады, Японии, Великобритании, Новой Зеландии, Австралии; *железную руду* – у острова Ньюфаундленд, в прибрежной зоне Японии, Франции, Финляндии и Швеции; *медь и никель* – в Гудзоновом заливе; *олово* – у полуострова Корнуолл в Англии; *ртуть* – у побережья Турции в Эгейском море; *серу* – у берегов Луизианы в США.

Значительные минеральные ресурсы залегают в глубоководных районах океана. *Горячие рассолы и илы* с богатым содержанием металлов (железа, марганца, цинка, свинца, меди, серебра, золота) обнаружены в глубоководной части Красного моря. Концентрация этих металлов в горячих рассолах превышает их содержание в морской воде до $50 \cdot 10^3$ раз. Их запасы в металлоносных илах Красного моря оцениваются в 130 млн. тонн. В верхнем 30 метровом слое осадков здесь содержится золота, меди, цинка и серебра на 2-3 млрд долларов США.

Более 100 млн. км² океанического дна покрыто слоем *красной глубоководной глины* мощность до 200 метров. Они содержат 15-20% окиси алюминия, 13 % окиси железа, а также марганец, медь, никель, ванадий, кобальт, свинец. Запасы красных глин оцениваются в 10 000 трлн тонн, и их годовой прирост - в 500 млн тонн. Широко распространены в Мировом океане *глауконитовые пески* (алюмосиликаты калия и железа), известковые и кремнистые илы. Запасы известняковых донных отложений (глобигериновых, фораминиферовых) оцениваются в 10 000 трлн. тонн, а кремнистых (диатомовых) – в 10 трлн. тонн.

Особый интерес в мире проявляется к *конкрециям*. Огромные участки морского дна устланы железомарганцевыми, фосфоритовыми и баритовыми конкрециями. Они имеют чисто морское происхождение, образовались в результате осаждения растворимых в воде веществ на каком-либо субстрате.

Фосфоритовые конкреции содержат минерал – фосфорит, широко применяемый в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Кроме фосфоритовой конкреции фосфориты и фосфоритосодержащие породы встречаются в фосфатных песках в пластовых залежах на разных глубинах океана. Мировые потенциальные запасы фосфатного сырья в океане оцениваются в сотни миллиардов тонн. Промышленные запасы фосфоритов найдены вблизи калифорнийского и мексиканского побережья, вдоль береговой зоны Южной Африки, Аргентины, восточного побережья США, в шельфовых частях периферии Тихого океана, у берегов Новой Зеландии, в Балтийском море. Значительны запасы фосфоритов обнаружены в центральных частях океанов.

Баритовые конкреции, содержащие 75-77 % сульфата бария, используемого в химическое и пищевой промышленности, найдены у берегов Шри-Ланки в Японском море и других районах.

Железомарганцевые конкреции известны более 100 лет. Они устилают дно во многих районах Мирового океана, но наиболее ценные и перспективные их месторождения расположены в Тихом океане. В состав этих конкреции входят множество металлов: марганец, медь, кобальт, никель, железо, магний, алюминий, молибден, ванадий. всего до 30 элементов, но преобладают железо и марганец. Запасы железомарганцевых конкреций оцениваются в 2-3 трлн. тонн. Они превышают запасы, имеющиеся на суше по кобальту в 5000 раз, марганцу - в 4000, никелю - в 1500, алюминию - в 200, меди - в 150, молибдену – в 60, свинцу – в 50, а железу – в 4 раза. В США, Японии в других странах разработаны гидравлические и механические способы добычи железомарганцевых конкреций. Созданы глубоководные аппараты с видеосистемами, буровыми приспособлениями, с дистанционным управлением, расширившие возможности их изучения. Многие специалисты предрекают добыче железомарганцевых конкреций блестящее будущее, утверждая, что их массовая добыча положит конец горнодобывающей промышленности на суше. Однако на пути к освоению конкреций стоят еще многие нерешенные технические, эксплуатационные, экологические и политические проблемы.

Энергетические ресурсы Мирового океана. Проблемы энергетических запасов Земли стали особенно актуальными в начале 1970 годов, когда многие промышленно развитые страны ощутили недостаток энергетических ресурсов. Сегодня в мировом энергетическом балансе 97 % потребностей покрывается за счет не возобновляемых ресурсов. При прогнозируемых среднегодовых темпах роста потребления энергия (4 %) мировые запасы угля, нефти и газа будут исчерпаны примерно через 150 лет. Оценить запасы ядерного топлива значительно сложнее, но и они не безграничны. Определенные надежды связывают с работами в области термоядерной энергетики.

Но у ядерной и термоядерной, как и у топливной, имеется существенный недостаток – передача части преобразуемого тепла в атмосферу. Ученые считают, что если количество этой «искусственной» тепловой энергии достигнет 5 % от поступающей на Землю солнечной радиации, то могут произойти необратимые изменения теплового баланса и климата на Земле

Переживаемые трудности и требования завтрашней дня определяют структурные изменения в мировом энергетическом хозяйстве.

Человечество вынуждено все чаще обращаться к возобновляемым, экологически чистым энергетическим ресурсам, определяемым электромагнитным излучением солнца, теплом земных недр и гравитационных сил, обусловленных движением Луны и Солнца. Во всем мире широко ведутся работы в области солнечной, ветровой и геотермальной энергетики. Значительная роль в энергетике будущего отводится и возможности использования энергии Мирового океана.

Общая возобновляемая энергия Мирового океана включает в себя энергию различного вида. Это энергия ветра, волн, приливов, океанических течений, температурного градиента, градиента солености и биомассы морских водорослей. Оценки энергозапасов каждого вида энергий океана, как суммарных, так и допустимых для преобразования, существенно различаются. Практически необходимо использовать энергоресурсы Мирового океана в таких пределах, чтобы преобразование энергии не приводило к необратимым изменениям окружающей среды.

Современное потребление всех видов энергии в мире составляет примерно 10 миллиардов тонн условного топлива в год (тут /год). В то же время прогресс технической мысли в перспективе позволяет за счет энергии, запасенной в океане, получить не менее 200 млрд тут/год, т.е. практически решить энергетическую проблему на ближайшее столетие. Однако сделать это не просто. Концентрация энергии водных масс очень низка, и для получения требуемого количества тепла и электричества необходимо строить крупные сооружения, способные перерабатывать огромные объемы воды. Большие технические трудности определяются также неравномерной и случайной по характеру энергоотдачей, обусловленной изменчивостью океанической среды.

Исследования по энергетике океана активно проводятся с начала 1970 годов в США, Японии, Франции, Великобритании, Норвегии и ряде других стран. В настоящее время во многих странах осуществляются научно-технические программы, предусматривающие изучение энергетических ресурсов океана, созданы демонстрационные и промышленные океанические энергетические установки.

Главное преимущество энергии океана в относительной неиссякаемости ее источников. Кроме того, преобразование всех видов энергии Мирового океана и их использование происходит без выделения тепла в окружающую среду в отличие от существующих в настоящее время традиционных энергетических установок на химическом и ядерном топливе. Что касается возможного вредного воздействия на окружающую среду, то оно может быть предотвращено техническими способами и разумным потреблением энергии океана.

Рекреационные ресурсы. Под рекреацией понимается система, обеспечивающая потребность рекреантов (отдыхающих) в использовании их свободного времени для оздоровительной, спортивной и культурно-развлекательной деятельности. Она развивается на специализированных

территориях, находящихся вне населенного пункта, являющегося местом их постоянного жительства. Длительный отдых (рекреация с ночлегом вне места постоянного проживания) по своему содержанию совпадает с понятием туризм. Большинство туристов преследует цели рекреации.

Океан и его берега с глубокой древности привлекали человека как место отдыха и восстановления здоровья. В настоящее время все большее развитие получает талассотерапия – лечение морем с использованием тонизирующих и тренирующих методов оздоровления. Морские берега обладают богатыми климатобальнеологическими возможностями, обусловленными специфическим воздействием морской воды и климата побережий на организм человека.

Морские соли, насыщающие воздух, легко всасываются поверхностью легких, благоприятно воздействуя на обменные процессы в организме. Примеси солей брома, ритмичный шум прибоя в вид спокойного моря способствуют снятию возбуждения центральной нервной системы. Морская вода оздоравливающе действует на все функции организма человека, повышает его реактивность. Ионы магния морской воды активизируют жизненные процессы, связанные с образованием костной ткани, делением клетки, обменом веществ. Накопление магния в организме человека стимулирует выведение из него радиоактивных элементов. Применение морской воды во многих случаях дает большой лечебный эффект, оказывает положительное воздействие на дыхательную систему, кровообращение, органы внутренней секреции, нервную систему и т. д. Важным фактором приморских курортов являются морские купания, оказывающие заметное влияние на нервную систему и внутренние органы. Часто привлекательность морских побережий усиливается наличием лечебных грязей и минеральных вод.

География реакционного использования морских и океанических побережий зависит от аттрактивности (привлекательности) тех или иных участков берега, она связана с доступностью и удобством расположения, особенностями климата, развитием сферы обслуживания, социально-историческим фактором, возможностями развития морских видов спорта, спортивного рыболовства и т. д.

В Европе наиболее привлекательными местами для отдыхающих и туристов являются берега Средиземного, Черного, Северного и Балтийского морей. В северной Америке выделяется своей притягательностью побережье Флориды и Калифорнии. Крупные курорты на берегу Тихого океана имеет Мексика. Знамениты курорты Антильских и Бермудских островов, Бразилии, Перу, Колумбии, Венесуэлы и т. д. В Африке большими рекреационными ресурсами обладают северные побережья Марокко, Алжира, Туниса, Ливии и Египта, Благоприятные условия для развития прибрежного отдыха имеются в Индии, Японии, Вьетнаме, Австралии и других регионах.

Океан имеет также важное *транспортное значение*. На морской транспорт приходится около 80 % всего мирового грузооборота и свыше 95 % перевозок, связанных с мировой торговлей. Понятие «морской транспорт» развивается с освоением океана и быстрым научно-техническим прогрессом. В Мировом океане все большее развитие получают трубопроводный транспорт,

авиация, линии электропередачи. Они приобретают специфичные черты, определяемые условиями океана. В результате строительства тоннелей, мостов через морские преграды в океан внедряются такие чисто сухопутные виды транспорта, как автомобильный и железнодорожный.

Тема 4. Геоэкологические проблемы биосферы

Геоэкологические особенности биосферы. Биосфера – одна из геосфер Земли, область распространения живого вещества. Она является незаменимой средой жизнедеятельности человека. Биосфера не может функционировать без тесного взаимодействия с атмосферой, гидросферой и литосферой. Земля от других планет Солнечной системы отличается наличием биосферы. Газовый состав атмосферы, глобальный круговорот воды, ключевая роль углерода и его соединений связаны с деятельностью биоты и характерны только для Земли.

Биота играет значительную роль во всех глобальных природных круговоротах. Процесс фотосинтеза обеспечивает устойчивое образование важнейшего возобновимого природного ресурса – *первичной биологической продукции*. Без неё невозможно развитие сельского и рыбного хозяйства, лесоводства и других видов хозяйственной деятельности. Благодаря уникальным свойствам биоты биосфера выполняет ряд важных *функций в географической оболочке*. *Энергетическую* – аккумуляирование энергии при фотосинтезе и передача её по цепям питания. *Окислительно-восстановительную* – обогащение окружающей среды кислородом и разложение органического вещества. *Газовую* – способность поддерживать определённый газовый состав атмосферы. *Средообразующую* – образование почвы, изменение физических и химических параметров окружающей среды. *Концентрационную* – способность организмов концентрировать в себе химические элементы, рассеянные в среде. В результате этой деятельности образуются многие полезные ископаемые. *Деструктивную* – разрушение остатков органического и косного вещества с вовлечением их в общий круговорот вещества. *Транспортную* – перенос вещества и энергии в результате активного передвижения организмов. *Информационную* – накопление информации, закрепление её в наследственных структурах и передача следующим поколениям. В результате осуществления этих функций биосфера поддерживает стабильное функционирование географической оболочки, обеспечивает сохранение среды жизнедеятельности человека несмотря на постоянно возрастающее антропогенное воздействие.

Влияние деятельности человека на биосферу. Среди геоэкологических проблем биосферы есть две наиболее серьёзные. *Первая проблема* обусловлена снижением роли биосферы в поддержании стабильного состояния географической оболочки. *Вторая* связана со значительным изъятием и разрушением человеком возобновимых биологических ресурсов.

Человек как биологический вид находится на вершине экологической пирамиды. По законам биологической экологии ему полагается на питание лишь несколько процентов производимой на суше первичной биологической

продукции, а это около 10 млрд т в год. 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.

Благодаря использованию пашни, пастбищ и лесов человек поглощает сельскохозяйственные и лесные продукты общей массой 31 млрд т. Изменения природных ландшафтов, превращение естественных экосистем в антропогенные и другая деятельность человека уменьшили первичную биологическую продукцию на 27 млрд т. Таким образом, общее количество потребляемой и разрушаемой человеком биомассы суши равно 58 млрд т в год, или почти 40 % первичной биологической продукции суши.

Потребление человеком первичной биологической продукции превосходит все допустимые пределы. В конечном итоге это может привести к катастрофическим изменениям биосферы и всей географической оболочки. Можно считать, что величина антропогенной доли поглощения и разрушения первичной биологической продукции суши – важнейший геоэкологический индекс уровня кризисного состояния географической среды.

Природные ландшафты Земли значительно преобразованы в результате деятельности человека. На 20-30 % площади суши человек изменил ландшафты практически полностью. На территориях с высокой плотностью населения естественные экосистемы почти не сохранились. Они на 40-80 % заняты сельскохозяйственными землями, населёнными пунктами, дорогами, промышленными сооружениями. На остальной части встречаются вторичные или специально выращиваемые леса, деградировавшие земли и водохозяйственные системы. В результате хозяйственной деятельности из 96 зональных типов ландшафтов, выделяемых на равнинах мира, 40 типов исчезли или были коренным образом преобразованы. Всего около 60 % территории мира в той или иной степени преобразовано человеком. Но ещё довольно значительные участки на Земле остаются почти нетронутыми. Они играют огромную общепланетарную роль в сохранении географической оболочки и являются ценнейшим достоянием человечества. Общей геоэкологической особенностью ландшафтов мира является ухудшение их состояния. Прежде всего это выражается в снижении их естественной биологической продуктивности и биологического разнообразия.

Деграция земель – снижение или потеря биологической и экономической продуктивности используемых человечеством земель. Деграция земель происходит в результате долгосрочной потери естественного растительного покрова или его сильного нарушения. Она также связана с ухудшением физических, химических, биологических и агрономических свойств почв, ветровой и водной эрозией. При этом *главные процессы* – это *обезлесение* в сравнительно влажных ландшафтах, *опустынивание* в относительно сухих ландшафтах и *деградация почв*.

Часть суши, относительно пригодная для какого-либо использования, не превышает 95 млн км³, или 64 % от её общей площади. Наиболее характерной чертой в использовании земельных ресурсов мира за последнее тысячелетие является увеличение площади пашни. В зависимости от природной зоны расширение площади пашни происходило за счёт вырубки леса с последующей распашкой, а также вследствие трансформации в пашню степей, прерий, саванны и других безлесных ландшафтов. Процесс изменения типа использования земель зависит от многих естественных и общественных факторов. Часть распаханых территорий может вновь зарастать кустарником, вторичным лесом, травами и пр. Поэтому сумма площадей той или иной категории земель часто не отражает эти сложные процессы.

Перераспределение использования земель также связано с расширением площадей, необходимых для расселения людей и обеспечения их необходимыми услугами (сбор и переработка мусора, строительство жилых домов, дорог, автостоянок и т. д.). При этом в категорию городских земель переходят сельскохозяйственные, преимущественно пахотные угодья. Конкуренция между различными пользователями земельных ресурсов обостряется по мере роста населения и увеличения спроса на землю.

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

Опустынивание обусловлено деятельностью человека и естественным изменением увлажнённости территории за счёт уменьшения количества осадков и усиления испарения. Оно приводит к истощению наземных экосистем (уменьшению биомассы, продуктивности, видового разнообразия). Признаком опустынивания является сокращение покрытости почвы растительностью. Значительная потеря многолетних растений, особенно деревьев и кустарников. Увеличение отражательной способности поверхности почвы, наступление песков, эрозия и засоление почв. Эти природные процессы типичны для аридных ландшафтов и регулируются естественным образом. Но многие изменения становятся необратимыми в результате действий человека. Например, неумеренная эксплуатация пастбищ, чрезмерное развитие дорожной сети, сведение лесов, химическое загрязнение почвы, вторичное засоление в результате нерационального орошения сельхозугодий.

В соответствии с климатическими условиями пустыни и полупустыни должны занимать в мире площадь около 48,4 млн км² (включая ледниковые

покровы, т. е. ледяные пустыни). Фактически, в соответствии с почвенно-ботаническими данными, их площадь достигает 58 млн км². Таким образом, площадь антропогенных пустынь равна примерно 10 млн км², или 6,7 % всей поверхности суши. Под угрозой опустынивания находится около 30 млн км² (19%) суши Земли.

По оценкам экспертов ЮНЕСКО, в мире за последние 50 лет территория, чуть меньшая половины площади Южной Америки, превращена в бесплодную пустыню. Непосредственному негативному воздействию опустынивания подвержено около одного миллиарда людей. Ежегодные мировые экономические потери от опустынивания оцениваются в 42 млрд долларов. Наибольший его уровень наблюдается в странах Африки, Азии и Латинской Америки. С опустыниванием тесно связаны нищета и голод в ряде развивающихся стран. К концу столетия в связи с этой проблемой человечество может лишиться 1/3 пахотных земель. Эффективная борьба с опустыниванием должна проводиться с учётом естественных факторов и уровня социально-экономического развития стран. Отмечая особую важность проблемы, ООН установила Всемирный день борьбы с опустыниванием и засухами 17 июня 1994 г. (день принятия Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием и засухами).

Проблемы обезлесения. Леса составляют около 85 % фитомассы мира. Общая площадь сплошных и разреженных лесов, согласно Международной организации по продовольствию и сельскому хозяйству (ФАО), в 1995 г. покрывала 26,6 % свободной ото льда суши, или примерно 35 млн кв. км. **Обезлесение** – исчезновение леса в результате естественных причин и хозяйственной деятельности человека. Человек уничтожил не менее 10 млн км² лесов, содержащих 36% фитомассы суши. Главная причина сведения лесов – увеличение площади пашни и пастбищ вследствие роста численности населения.

Обезлесение приводит к прямому уменьшению органического вещества, потере каналов поглощения углекислого газа растительностью и проявлению широкого спектра изменений круговоротов энергии, воды и питательных веществ. Уничтожение лесной растительности воздействует на глобальные биогеохимические циклы основных биогенных элементов и, следовательно, оказывает влияние на химический состав атмосферы. Около 25 % углекислого газа, поступающего в атмосферу, обусловлено обезлесением. Сведение лесов влечёт за собой заметные изменения климатических условий на локальном, региональном и глобальном уровнях. Возрастающее беспокойство вызывает влияние обезлесения на уменьшение биологического разнообразия Земли. Обезлесение умеренного пояса к настоящему времени в основном прекратилось, но продолжается сокращение площади тропических и экваториальных лесов. Потери находятся в пределах 11-20 млн га в год.

В ряде стран имеются государственные программы хозяйственного освоения лесных территорий. Стратегия управления лесами должна основываться на признании леса общим достоянием человечества. Леса в их устойчивом состоянии могут приносить больше дохода, чем выгоды, связанные

с расчисткой лесов и использованием древесины. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), в период с 2001 по 2015 г., в основном за счёт замедления темпов роста обезлесения в мире, суммарные выбросы углерода в лесах сократились более чем на 25 %. Необходимо разработать и принять международную конвенцию по лесам. Она должна определить основные принципы и механизмы международного сотрудничества по поддержанию устойчивого состояния и улучшения лесов.

Проблемы деградация почв. Деградация почв – процесс, приводящий к уменьшению продуктивности почв, обеспечивающих население продовольствием. Начиная со времен ранних цивилизаций, она является непреднамеренным последствием землепользования и часто связана с процессами обезлесения и опустынивания. **Процессы деградации почв** – включают уменьшение содержания в почве органического вещества, изменение температуры почв и процессов вымывания глинистых частиц, коллоидов, а также выщелачивание. К деградации почв можно также отнести такие «искусственные» процессы, как орошение, изменение свойств почв путем внесения городского или промышленного шлама, синтетических удобрений, гербицидов или пестицидов и даже отложение частиц, образующихся в результате сжигания ископаемого топлива.

Загрязнение почв в Беларуси. Имеет место преимущественно в городах, где общая площадь загрязнения тяжелыми металлами и нефтепродуктами достигает четверти и более всей городской территории. Линейно вытянутые полосы загрязнения формируются вдоль дорог, а их локализованные участки в зонах влияния различных источников выбросов загрязняющих веществ – населенных пунктов, промышленных предприятий, свалок и др.

Негативные изменения природных комплексов под влиянием осушительной мелиорации в Беларуси. Имеют отношение как к непосредственному их преобразованию – спрямлению русел рек, уничтожению на больших площадях естественной растительности, так и снижению уровня грунтовых вод, обуславливающему коренное преобразование прилегающих к мелиоративным системам ландшафтов. Всего осушительная мелиорация охватывает примерно седьмую часть территории страны.

Наиболее остро данная проблема стоит для Брестской области, где осушено более пятой части территории, и где сформировалась обширная зона, включающая 5 районов, с долей осушенных земель более 30%.

Разрушение торфяно-болотных почв в Беларуси. Связано преимущественно с ускоренной минерализацией их органического вещества, которое происходит при использовании этих почв под пашню. В большей степени проблема характерна для Брестской, Гомельской и Минской областей, где доля торфяно-болотных почв в общей площади пахотных угодий превышает средний для страны показатель (4,8%), соответственно, в 2,3; 1,7 и 1,6 раза.

Эрозия почв в Беларуси. Охватывает 9,4% площади пашни. Преобладает плоскостной смыв, на долю которого приходится почти 4/5 эродированных

угодий. Более острой проблема является для Гродненской и Могилевской областей, где доля эродированных почв, соответственно, в 1,4 и 1,2 раза выше средней для Беларуси величины.

Роль растительности и животных как элементов биосферы и их значение для хозяйственной деятельности человека. Биота – основа функционирования биосферы, её главная преобразующая сила. Она обладает уникальными свойствами, такими как: способность быстро занимать и осваивать свободное пространство; движение не только пассивное (как у неживых объектов), но и активное (против течения, ветра, силы тяжести и т. п.); устойчивость при жизни и быстрое разложение после смерти с включением разложенного вещества в круговорот; высокая приспособляемость (адаптация) к разнообразным условиям окружающей среды; очень высокая скорость протекания реакций – в сотни и тысячи раз больше, чем в неживом веществе (это проявляется в переработке потребляемых веществ и в механической деятельности многих организмов); высокая скорость обновления: в среднем для биосферы она составляет 8 лет.

Функционирование биоты основано на физико-химических и молекулярно-биологических закономерностях. Закон физико-химического единства В.И. Вернадского - все живое вещество Земли физико-химически едино. Первый биогеохимический принцип В.И. Вернадского - биогенная миграция атомов химических элементов в биосфере всегда стремится к максимальному своему проявлению. Второй биогеохимический принцип В.И. Вернадского - эволюция видов в ходе геологического времени, приводящая к созданию устойчивых в биосфере форм жизни, идет в направлении, усиливающем биогенную миграцию атомов. Третий биогеохимический принцип В.И. Вернадского - живое вещество находится в непрерывном химическом обмене с космической средой, его окружающей, и создается и поддерживается на нашей планете космической энергией Солнца.

Термодинамическое правило Ван-Гоффа-Аррениуса - подъем температуры на 10 градусов приводит к 2-3 кратному ускорению химических процессов. Фактически обмен веществ в одних случаях усиливается многократно, а в других повышение температуры его замедляет.

Закон сохранения термодинамического состояния - энтропия и информация обратно пропорциональны, что ведет к дифференциации отдельных функций организма и, следовательно, специализации его частей. Это вызывает эволюционные адаптации, в том числе ведет к развитию систем управления, соотносящих работу отдельных реагентов и стабилизирующих их параметры.

Один из самых важных природных процессов в географической среде - фотосинтез, 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, превращают в органическое вещество азот и серу. Фотосинтезируемое органическое вещество это важнейший возобновимый ресурс географической среды, основа всей жизни и

мощный регулятор глобальных биогеохимических циклов. Для фотосинтеза используется менее одного процента поступающей к поверхности Земли солнечной радиации. Убедительного объяснения столь низкого коэффициента использования энергии Солнца, пока не найдено. В тоже время, по абсолютной величине суммарная энергия, затрачиваемая на фотосинтез, значительна. Она на порядок превышает количество энергии, потребляемой человеческим обществом.

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

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

Важнейшую роль биота играет в выветривании горных пород и образовании почв: микроорганизмы обеспечивают эффективное формирование большей части мелкодисперсной фракции почв, играющей определяющую роль в плодородии почвы. Биота участвует в перемещении и накоплении в воде, донных осадках и почве углерода, кислорода, кальция, фосфора, серы, йода, железа, марганца и многих других химических элементов. На основе остатков отмерших организмов образованы многие минералы и горные породы. Например, мел, известняк, торф, каменный уголь, фосфорит, нефть, мрамор, доломит, ракушечник и др. В результате взаимодействия растений, животных и среды их обитания возникают природные комплексы различного уровня. Это далеко не полный перечень важнейших глобальных процессов, в которых биота играет определяющую или важную роль.

Растительность играет исключительную роль в жизни людей. Она обеспечивает их питанием, служит источником волокна, строительного материала, энергии, лекарств и т. д. Выполняет лечебно-оздоровительные и эстетические функции. Растительность используется как защита от загрязнения окружающей среды в городах: зелёные насаждения улавливают содержащиеся в воздухе радиоактивные вещества, токсичные газы, обогащают среду кислородом, поглощают тяжёлые металлы из почвы.

Из всех имеющихся на земном шаре типов растительного покрова наибольшую значимость имеют *леса*. Они играют важнейшую роль в глобальных круговоротах воды, углерода и кислорода, участвуют в формировании климата. Экваториальные леса являются важнейшим резервуаром биологического разнообразия. В этих лесах, занимающих всего 6 % площади суши, сохраняется 50 % видов животных и растений мира. Вклад лесов в мировые ресурсы не только значителен количественно, но и уникален. Леса – это источник древесины, бумаги, лекарств, красок, каучука, плодов и пр.

Животные также имеют огромное хозяйственное значение. Дикие животные и продукты их жизнедеятельности используются в разных отраслях экономики. Охота, морской промысел и рыболовство служат существенным источником пополнения белковой пищи, обеспечивают сырьём меховую, кожевенную, парфюмерную и фармакологическую промышленность.

Диких животных используют для одомашнивания. Многие зверей и птиц разводят на специальных фермах. Каждый вид животных является незаменимым носителем генетического фонда. Дикая фауна всё чаще используется для формирования новых и улучшения существующих пород домашних животных. Результаты изучения животных всё шире используются для создания разного рода технических систем. Исследование строения кожного покрова дельфинов позволило инженерам сконструировать новую оболочку подводных лодок, резко увеличившую их скорость.

Следует отметить, что биосфера – открытая саморегулирующаяся и эволюционирующая система. Она отличается большим разнообразием и устойчивостью. Но интенсивность эволюции биосферы резко возросла с появлением человека. Он стал главной силой, изменяющей биосферу. Меняются физический и химический состав воздуха, воды, почва, верхняя часть земной коры, рельеф. Человеком создаются новые породы животных и сорта растений, конструируются ранее не существующие в природе сочетания генов. Куда пойдёт эволюция биосферы – во вред или на пользу человеку и всему живому – зависит от устремлений человечества. Свою деятельность человечеству необходимо направить на поддержание равновесия между развивающимся обществом и окружающей средой, сохранение природного разнообразия Земли.

Биологическое разнообразие Земли и проблема его сохранения. *Биологическое разнообразие (БР)* – это совокупность всех форм жизни, населяющей нашу планету. Это то, что делает Землю не похожей на другие планеты Солнечной системы. БР – это богатство и многообразие жизни и ее процессов, включающее разнообразие живых организмов и их генетических различий, а также разнообразие мест их существования.

БР делится на три иерархические категории: разнообразие среди представителей одного вида (генетическое разнообразие); между различными видами; между экосистемами. Исследования глобальных проблем БР на уровне генов – дело будущего. Наиболее авторитетная оценка видового разнообразия выполнена в ЮНЕП в 1995 г. Согласно этой оценке, наиболее вероятное

количество видов – 13–14 млн., из которых описаны лишь 1,75 млн., или менее 13 %.

Наивысший иерархический уровень биологического разнообразия – экосистемный или ландшафтный. На этом уровне закономерности биологического разнообразия определяются: в первую очередь зональными ландшафтными условиями; затем местными особенностями природных условий (рельефа, почв, климата); историей развития территории.

Наибольшим видовым разнообразием отличаются (в убывающем порядке): влажные экваториальные леса, коралловые рифы, сухие тропические леса, влажные леса умеренного пояса, океанические острова, ландшафты средиземноморского климата, безлесные (саванновые, степные) ландшафты.

В связи с усилением антропогенного изменения биологического разнообразия проблема его сохранения приобрела глобальный характер. Согласно оценке биологического разнообразия, экспертами Программы ООН по окружающей среде (ЮНЕП) угроза уничтожения грозит более 30 000 видам животных и растений. За последние 400 лет исчезли 484 вида животных и 654 вида растений.

Причины современного ускоренного снижения биологического разнообразия: быстрый рост населения и экономического развития, значительно изменяющие условия жизни всех организмов и экологических систем Земли; увеличение миграции людей, рост международной торговли и туризма; усиливающееся загрязнение воздуха, природных вод и почвы; нерациональное использование природных ресурсов; отсутствие оценки истинной стоимости биологического разнообразия и его потерь.

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

Основные причины необходимости сохранения биологического разнообразия. Все виды (какими бы вредными или неприятными они ни были) имеют право на существование. Это положение записано во «Всемирной хартии природы», принятой Генеральной Ассамблеей ООН. Наслаждение природой, ее красотой и разнообразием имеет высочайшую ценность, не выражающуюся в количественных показателях. Биологическое разнообразие – это основа эволюции жизненных форм. Снижение видового и генетического разнообразия подрывает дальнейшее совершенствование форм жизни на Земле.

Экономическая целесообразность сохранения биоразнообразия обусловлена использованием дикой биоты для удовлетворения различных потребностей общества в сфере промышленности, сельского хозяйства, рекреации, науки и образования: для селекции домашних растений и животных, генетического резервуара, необходимого для обновления и поддержания

устойчивости сортов, изготовления лекарств, а также для обеспечения населения продовольствием, топливом, энергией, древесиной и т. д.

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

Природное разнообразие – совокупность представителей растительного и животного мира, природных комплексов, которые сформировались в процессе развития жизни на Земле. Имеется много способов защиты природного разнообразия. Наиболее эффективный и относительно экономичный способ его охраны представлен в форме *особо охраняемых территорий*. В соответствии с классификацией Всемирного союза охраны природы выделяются 8 видов особо охраняемых территорий:

1. *Заповедник*. Основная цель – сохранение природы и природных процессов в ненарушенном состоянии.

2. *Национальный парк*. Главная задача – сохранение значительных по площади природных территорий (включая акватории) национального и международного значения. Допускается использование для развития различных видов туризма и отдыха, а также для природоохранного просвещения, проведения научных исследований и экологического мониторинга.

3. *Памятник природы*. Особо ценный природный объект, обладающий большой научно-познавательной, эстетической или культурной ценностью и, как правило, небольшой по своим размерам.

4. *Управляемые природные резерваты*. Природная территория (включая акватории и водно-болотные угодья), особо значимая с точки зрения поддержания биологического разнообразия. Для местного населения разрешается контролируемая хозяйственная деятельность и ограниченное потребление природных ресурсов.

5. *Охраняемые ландшафты и морские природные комплексы*. Это живописные смешанные природные и окультуренные территории (акватории) с сохранением традиционной хозяйственной деятельности.

Эти пять категорий обычно включают в статистику по особо охраняемым территориям.

6. *Ресурсный резерват* создаётся для предотвращения преждевременного использования территории.

7. *Антропологический резерват* создаётся для сохранения традиционного образа жизни коренного населения.

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

Имеются ещё две дополнительные категории.

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

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

Всего в мире насчитывается около 10 000 охраняемых территорий (категорий 1-5) общей площадью 9,6 млн км², или 7,1 % от общей площади суши (без ледников). Цель, которую ставит перед мировой общественностью Всемирный союз охраны природы, – добиться расширения особо охраняемых территорий до размеров, составляющих 10 % площади каждой крупной растительной формации (биома) и, следовательно, мира в целом.

Стратегия расширения числа и площади охраняемых территорий находится в противоречии с использованием земли для других целей. Поэтому для охраны природного разнообразия на заселённых человеком территориях необходимо применять различные приёмы. Например, зонирование территорий по степени использования, создание коридоров, соединяющих массивы земель с меньшим антропогенным давлением, сохранение природных переувлажнённых земель, управление популяциями диких видов и местами их обитания и др. К эффективным способам защиты природного разнообразия относятся международные глобальные конвенции и многочисленные региональные и двухсторонние соглашения, регулирующие конкретные вопросы его сохранения. Конференция ООН по окружающей среде и развитию (1992) приняла Международную конвенцию по охране биологического разнообразия. К сожалению, пока можно констатировать, что, несмотря на многочисленные меры, снижение природного разнообразия мира продолжается. Однако без этих мер защиты степень его потери была бы еще выше.

Тема 5. Геоэкологические проблемы природно-антропогенных геосистем

Двойственность природно-антропогенных геосистем. В результате деятельности человека за всю историю его существования, и в особенности за последние 50-100 лет, на Земле сформировались такие системы, в которых большую, если не определяющую роль играют не только естественные, но и антропогенные процессы. Эти системы можно назвать *природно-антропогенными*. К ним относятся разнообразные городские и сельские поселения, сельскохозяйственные системы, отдельные промышленные предприятия и индустриальные зоны, транспорт и транспортные коммуникации, энергетические системы, горнорудные предприятия вместе с зонами их влияния, рекреационные системы и др.

Природно-антропогенные системы (ПАС) отличаются двойственностью. С одной стороны, их первоначальные природные особенности в значительной степени изменены, и современное состояние определяется антропогенной

нагрузкой. С другой стороны, их основные особенности функционирования во многом зависят от природных условий, в которых эти системы размещаются. Основные природные компоненты, такие как рельеф, геологическое строение, климат и до некоторой степени природные воды сохраняют свои основные особенности в пределах ПАС и оказывают решающее влияние на их состояние.

Геоэкологические проблемы природно-антропогенных систем также двойственны. Например, многие геоэкологические проблемы горнопромышленных городов похожи, потому что тип производства, характер и уровень загрязнения среды подобны. Но они в то же время могут весьма сильно отличаться 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.

Геоэкологическая роль научно-технического прогресса. *Научно-технический прогресс – это поступательное движение науки и техники, эволюционное развитие всех элементов производительных сил общественного производства на основе широкого познания и освоения внешних сил природы; объективная, постоянно действующая закономерность развития материального производства, результатом которой является последовательное совершенствование техники, технологии и организации производства, повышение их эффективности.*

Вместе с тем, известно, что 60-70 процентов научных разработок в производство вообще никогда не внедряется. То есть научно-исследовательский процесс охватывает значительно больший объем знаний, чем та его часть, которая является выходом научно-технического прогресса в практику. 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 ростом промышленного производства. Именно научно-технический прогресс является тем механизмом, который вызывает процессы деградации окружающей среды. Объем совокупного мирового продукта вырос в XX столетии более чем в 20 раз. Масса и объем загрязнений возросли не в меньшей степени.

Технический прогресс XX и начала XXI века основан на сжигании горючих ископаемых (угля, нефти, газа), что приводит к катастрофическому загрязнению атмосферы Земли с многочисленными и серьезными последствиями, включая глобальное изменение климата. Научно-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 токсичны как для человека, так и для природных экосистем. Научно-технический прогресс вызвал к жизни ядерное оружие и атомную энергию без достаточного умения контролировать использование радиоактивных материалов, избегать атомных катастроф и управлять радиоактивным режимом территорий.

Вместе с тем научно-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.

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. При этом чрезвычайно важны проблемы экономии сырья, воды, энергии, материалов на единицу выпускаемой продукции. В этом отношении достигнуты значительные успехи в странах Западной Европы, Японии и стран Юго-Восточной Азии. Меньше достижений в этой области у США, и еще меньше - у России и Беларуси.

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, обычно выше их токсичность и экономические затраты на единицу сбрасываемых отходов.

Имеется много примеров значительных достижений в промышленности и сельском хозяйстве вследствие разработки и внедрения новых технологий. Построены автомобили, потребляющие вдвое меньше горючего, чем основная масса современных машин. Появились электромобили. Достигнуты заметные успехи в использовании солнечной энергии и энергии ветра. Разработаны и успешно внедряются новые, более экономичные и менее экологически вредные приемы орошения сельскохозяйственных культур. Значительны успехи в развитии биотехнологии для борьбы с загрязнением в сельском хозяйстве и других областях. Развиваются новые отрасли природоохранной промышленности, решающие специфические проблемы загрязнения. Информационные технологии проникают во все области деятельности, включая вопросы, касающиеся лучшего понимания окружающей среды и управления ею.

Из трех групп антропогенных факторов (население, потребление и научно-технический прогресс), влияющих на состояние окружающей среды, последняя наиболее пластична. Через нее можно добиться относительно быстрых результатов в управлении состоянием окружающей среды. Вместе с тем, чисто инженерные решения проблем геоэкологии могут лишь облегчить геоэкологический 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.

Экстремальные виды антропогенного воздействия на окружающую среду. Техногенные аварии. Это прежде всего различные взрывы, пожары, аварии в нефте- и газодобывающей, угольной, нефтехимической и энергетической промышленности. При них происходят выбросы химических,

радиоактивных и биологических веществ в атмосферу, водоемы и почву. Основные причины аварий: грубейшие нарушения требований технологии и безопасности производства; ухудшение противоаварийной устойчивости и ненадежность машин и оборудования из-за высокой степени их износа; не соблюдение правил и нормативов при производстве продукции, ее транспортировке и хранении.

Война как техногенная экологическая катастрофа. Экологическую войну можно охарактеризовать как совокупность специально разработанных способов ведения боевых действий, направленных на поражение (уничтожение) окружающей природной среды (как правило, на территории противника). Следует отметить, что совокупность способов ведения экологической войны может включать в себя: поражение природной среды различными агентами физической, химической или биологической природы; физическое истребление флоры и фауны; генерирование техногенных катастроф путем разрушения потенциально экологически опасных объектов; генерирование стихийных бедствий путем активного воздействия на элементы биосферы.

Поскольку любой из этих способов ведения вооруженной борьбы определяется наличием и возможностями средств поражения (и тактикой их применения), то в экологической войне могут быть использованы не только специально созданные средства для уничтожения окружающей природной среды, но и другие виды вооружений и военной техники (ВВТ), в том числе оружие массового поражения. Комплексный характер применения боевых средств позволяет повысить эффективность их поражающего действия на природу, что практически было использовано американцами при проведении операции Ranch Hand, в ходе Второй индокитайской войны (1962-1975) и нанесло непоправимый ущерб природе Индокитая, особенно на юге Вьетнама.

Эта война явилась первой в истории человечества попыткой целенаправленного и широкомасштабного уничтожения среды обитания человека и прежде всего ее важнейшей, наиболее уязвимой и трудно восстанавливаемой составной части - природной среды. В ходе Второй индокитайской войны была сделана попытка полностью уничтожить естественную среду обитания человека и тем самым принципиально изменить характер и цели современных войн и вооруженных конфликтов. Поражение природы осуществлялось при помощи обычных пестицидных препаратов, получивших название «фитотоксиканты». Пестициды к тому времени уже широко использовались в сельском хозяйстве и доказали свою высокую эффективность. Они производились крупными химическими фирмами (в США - компанией Dow Chemical Corporation) в больших объемах. Именно эти причины предопределили ту зловещую роль, которую сыграли химические средства поражения на объекты природной среды (ОПС) во Второй индокитайской войне. Война в Индокитае и ее последствия вышли далеко за рамки обычного вооруженного конфликта. США в естественных условиях отрабатывали и испытывали перспективные виды вооружений и военной техники. И тогда, на пороге XXI в., мировое сообщество узнало о чудовищных действиях США по отношению к природе - среде обитания человека,

получивших название *специально генерированные «экологические катастрофы» (ЭК)*.

Следует отметить, что практически все современные войны имеют те или иные экологические последствия. В ходе военных операций иногда опосредованно, иногда непосредственно на человека и окружающую среду оказывают специально разработанные программы воздействия, которые включают в себя применение конкретных способов ведения боевых действий, направленных на поражение природной среды (или локальное уничтожение отдельных экосистем), как правило, на территории противника в целях максимального облегчения выполнения стратегических или оперативно-тактических задач. Хотя специально генерированные ЭК являются сравнительно новым типом поражения среды обитания, тем не менее последствия их велики.

К техногенной экологической катастрофе можно отнести войну США против Югославии (1999). Юрист с мировым именем Райсой Кларк предъявил обвинительный акт по следующим пунктам. Развязывание войны против окружающей среды. США воздушными и ракетными атаками преднамеренно создавали в Югославии обширную, долгосрочную и жестокую природную катастрофу. Одно только загрязнение воздуха от полетов самолетов и ракет многократно превысило обычную загрязненность атмосферы. Взрывы тысяч тонн взрывчатых веществ выбросили в воздух огромные количества химических веществ, подняли облака пыли и грязи с мест разрывов и вызвали пожары, которые полыхали по несколько суток. Преднамеренно выбранные в качестве целей уничтожения - химические, нефтехимические, нефтеперегонные и газоочистительные заводы, хранилища и средства транспорта вокруг крупных городов - подвергли миллионы людей опасному и вредному отравлению. Взрывая химические заводы, склады и другие вредные производства, США имели целью высвобождения, рассеивания и внедрения ядовитых, радиоактивных и других опасных веществ, энергий в атмосферу, почву, грунтовые воды и продовольственные цепочки, чтобы отравить окружающую среду и нанести вред населению. Наносились удары по больницам, школам, жилым кварталам и другим густонаселенным местам. Использование обедненного урана, кассетных бомб и других запрещенных видов оружия.

Применение запрещенных видов оружия приводило к массовому поражению и страданию население всей Югославии. Несмотря на осведомленность о долгосрочном влиянии на жизнь и предупреждения Комиссии США по контролю над энергией запрещенных видов оружия, американцы и их союзники по НАТО атаковали Югославию ракетами и бомбами, начиненными обедненным ураном. Эти виды оружия рассеивают радиоактивные вещества в атмосфере, почве, грунтовых водах, заражая твердые тела, в том числе и продовольственную цепочку, подвергая население опасности смерти, генетических повреждений, раковых образований и др. В широких масштабах использовались кассетные бомбы, пронизывающие смертоносными острыми металлическими осколками обширные пространства и причиняющие людям страдания и смерть.

Следует отметить, что самая кровопролитная из войн - Вторая мировая война (1939-1945) - также имела тяжелые экологические последствия, *однако уничтожение природы, среды обитания человека не ставилось как стратегическая цель ни одной из воюющих сторон и не разрабатывались специальные операции по ее уничтожению.* Еще в 1977 г. Генеральная Ассамблея ООН по инициативе СССР приняла Конвенцию о запрещении военного или любого вида использования во враждебных целях средств воздействия на природную среду. Россия и другие страны мира осудили деятельность США по отношению к природе. Появление новых еще более мощных видов ВВТ формирует адекватные их мощности угрозы не только человеку, но и окружающей его природе. Экологические последствия применения современных ВВТ в военных целях непредсказуемы и могут во много раз превзойти последствия операции Ranch Hand во Вьетнаме и в Югославии.

Антропогенное загрязнение окружающей среды. Слово «загрязнение» можно отнести к самому обыденному понятию: загрязнение почвы, загрязнение отдельных мест. Загрязнению трудно дать простое определение, так как в своей основе оно может включать сотни источников, неблагоприятно влияющих на наше окружение и здоровье человека.

Загрязнение окружающей среды - это любое внесение в ту или иную геосистему (экосистему) несвойственных ей компонентов, физических, химических или биологических изменений, прерывающих или нарушающих процессы круговорота веществ, потоки энергии с последующим снижением продуктивности или разрушением живых организмов. Уровень загрязнения контролируется величиной предельно допустимой концентрации (ПДК) и другими нормативами. К наиболее значительным формам загрязнения относятся: повышение концентрации биогенов из-за канализационных сбросов и стока удобрений с полей; отравление воды и воздуха ядовитыми химическими веществами, в том числе продуктами ядерных отходов; воздействие на атмосферу продуктов сжигания топлива и выбросов химических веществ, снижающих содержание стратосферного озона; влияние эрозии почвы на водные экосистемы.

Все загрязнители в той или иной степени являются побочными продуктами жизнедеятельности человека как биологического вида. Они представляют собой органические и неорганические отходы метаболизма и пищеварения. Решить эту проблему невозможно простым устранением ее причин. Необходимо разумное управление производством и контроль за неблагоприятными изменениями окружающей среды. Сейчас ситуация изменилась и стала нестабильной. Возрастающие расходы сырья, топлива, энергии привнесли в окружающую среду огромное количество отходов и других вредных веществ. Их объемы превосходят возможности биodeградации в естественных экосистемах. Проблему усугубляет производство небiodeградирующих материалов, т.е. тех материалов-отходов, которые с трудом разрушаются и ликвидируются даже искусственными методами.

Последствия загрязнения среды обитания: ухудшение качества окружающей среды для живых организмов; образование нежелательных потерь вещества, энергии, труда и средств, приложенных человеком к добыче и заготовке сырья и материалов, а также в процессе их использования; необратимое разрушение как отдельных экологических систем, так и биосферы в целом, включая воздействие на глобальные и региональные параметры окружающей среды; значительные потери плодородных земель, занятых ранее в сельском производстве, снижение продуктивности самих экосистем и загрязнение биосферы в целом; прямое или косвенное влияние загрязнителей на состояние человека как главного критерия по сохранению качества среды обитания для настоящего и будущих поколений людей.

Проблему загрязнения следует решать путем тщательного выявления загрязнителя-источника, а затем разработать и применить к нему стратегию контроля. **Предельно допустимая концентрация вредного вещества на окружающую среду** рассматривается как концентрация химического соединения, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследования, а также не нарушает биологического оптимума человека. Максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека. Концентрации загрязнителей измеряются в мг/м³.

За рубежом для оценки текущих и долговременных воздействий загрязняющих веществ на окружающую среду, а также прогнозирования их возможных последствий Европейской экономической комиссией ООН (UN ECE, 1993) рекомендованы к применению понятия: «критические уровни» и «критические нагрузки». **Под критическими уровнями** понимаются такие значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, превышение которых может оказывать прямое негативное воздействие на биотические компоненты (растения, экосистемы) и материалы. Их значения, а также признаки вызванных ими негативных изменений определяются на основе современных достижений знаний о природе. **Критическая нагрузка** - количественная величина воздействия одного или нескольких загрязнителей, ниже которой значимые негативные изменения у отдельных наиболее чувствительных компонентов окружающей среды не обнаруживаются современными методами диагностики и не могут быть предсказаны на основе знаний о природе и сущности рассматриваемых процессов. В данном случае под воздействием понимается выпадение загрязняющих веществ на единицу площади, которое выражается в граммах на метр квадратный в год (г/м²/год).

Загрязнение окружающей среды предприятиями топливно-энергетического комплекса. Перечень предприятий топливно-энергетического комплекса довольно большой и связан с выпуском продукции для многих отраслей промышленности и строительства. В состав комплекса входят: нефтедобывающая, нефтеперерабатывающая, угольная, газовая, энергетическая промышленности и др. На некоторых предприятиях нефтедобывающей

промышленности удельные выбросы загрязняющих веществ при переработке нефти составляют 3,8...4,0 кг/т. Потери нефти и газа составляют около 2 %, безвозвратные потери - около 1 %, что превышает установленные нормы. Основными загрязнителями атмосферы являются: углеводороды - 23 % от общего выброса, сернистый ангидрид, который составляет 16,6%, оксиды углерода - 7,3 % и оксиды азота - 2 %.

Угольная промышленность. Основными источниками загрязнения предприятий угольной промышленности являются сточные воды, на 81 % загрязненные, сбрасываемые почти без очистки из-за износа оборудования, и выбросы в атмосферу. В состав сточных вод входят сульфаты, хлориды, нефтепродукты, железо, медь, цинк, никель, алюминий, кобальт, марганец и другие вещества. На предприятиях отрасли расширяются площади нарушенных земель без достаточного цикла их восстановления. Объемы рекультивации земель из года в год сокращаются. Угольная промышленность дает много твердых отходов. Но если раньше эти отходы использовались и обезвреживались более чем на 70%, то теперь - всего на 30%, хотя диапазон утилизации твердых отходов здесь может быть достаточно широким. Их можно использовать в качестве топлива, сырья для строительных материалов, материалов для строительства дорог и других целей.

Газовая промышленность. На долю предприятий газовой промышленности приходится около 20 % выбросов вредных веществ (CO_2 - 48 % от суммарного выброса, SO_2 , NO_2 и другие химические соединения). Основной ущерб при добыче газа наносится атмосфере. Предприятия отрасли также сбрасывают в поверхностные водоемы сточные воды, загрязненные химическими соединениями. Очистка этих вод едва достигает 50 % от уровня использованной воды.

Энергетическая промышленность. К предприятиям энергетической промышленности относятся тепловые электростанции (ТЭС, ТЭЦ), гидроэлектростанции, атомные электростанции. Основными источниками загрязнения окружающей среды являются тепловые электростанции, которые загрязняют атмосферный воздух, почву, водоемы. В целом на энергетику приходится 26,6 % от общего количества выбросов. Эта отрасль промышленности (особенно тепловые электростанции) характеризуется выбросами диоксида серы (39% от общего объема выбросов), диоксида углерода, оксидов азота, сажи, а также выбросами наиболее токсичных - оксида ванадия и бенза(а)-пирена.

При сжигании *твердого топлива* на ТЭС образуется большое количество золы, оксиды серы и азота. При сжигании *мазута* дымовые газы содержат оксиды азота, соединения ванадия и натрия, газообразные и твердые продукты неполного сгорания. Перевод электроустановок на жидкое топливо существенно уменьшает золообразование, но практически не влияет на загрязнение воздуха серой. При сжигании *природного газа* в дымовых выбросах также содержатся оксиды серы и азота. При сжигании *угля и нефти* сера, содержащаяся в них, начинает быстро окисляться. При этом образуются два соединения: диоксид серы (SO_2), который поступает в атмосферу, и триоксид

серы (SO_3), который реагирует с водяным паром, образуя серную кислоту (H_2SO_4).

Присутствие в воздухе H_2SO_4 в виде легкого тумана, обладающей высокой коррозирующей способностью, разъедает металлы, в частности сталь, медь, алюминий, многие строительные материалы, в том числе мрамор и известь, разрушает ткани и одежду. Также при сжигании угля и нефти образуются оксиды кальция и железа которые ветер относит на сотни километров от места их выброса. Высокая концентрация диоксид серы и его производных оказывает влияние на растительность. В тех местах, где содержание H_2SO_4 в воздухе достигает 3000 мкг/м^3 , листья, хвоя и другие органы растений выглядят побелевшими. Постепенно они приобретают обожженный вид, становятся красновато-коричневыми и опадают. Даже когда среднее содержание диоксида серы составляет всего 100 мкг/м^3 , что нередко имеет место в городах, растения могут приобретать желтоватый оттенок. Фруктовые деревья, такие как яблони и груша, а также лесные деревья очень чувствительны к повреждениям от оксидов серы. Пылевые частицы и оксиды серы осложняют болезни дыхательных путей человека. Оксиды серы быстро растворяются в капельках воды, образуя кислый, разъедающий туман, что и вызывает у людей сердечные и легочные заболевания.

Главный недостаток энергетики заключается в том, что, несмотря на чистоту ее конечного потребления, использование первичных ресурсов для выработки электроэнергии неблагоприятно сказывается на окружающей среде. Такое влияние можно разделить на следующие категории: нарушение и изменение поверхности земли при добыче топлива и строительстве предприятий; образование токсичных отходов при горении топлива и его складировании; тепловое загрязнение при выделении и рассеивании тепла.

В настоящее время на электростанциях используются нефтепродукты, на долю которых приходится 44...50 % от общего электропотребления, доля природного газа составляет 15...20%, а угля 25...30%. Ядерное топливо, гидроэлектростанции и другие энергоресурсы дают остальные 13... 15 %. Современная тепловая электростанция, работающая на угле и вырабатывающая пар, эффективна всего лишь на 40%. Такова же примерно эффективность тепловых электростанций, работающих на нефти. Атомные электростанции с водородным реактором тоже дают пар, подаваемый в турбогенераторы, и их эффективность всего около 33 %. Разумеется, попытки повысить эффективность преобразования теплоты в электроэнергию должны продолжаться. Иначе получение электрической энергии сопровождается бесполезным выбросом большей части тепловой энергии ископаемого ресурса - угля, нефти, природного газа.

Нефтегазовый комплекс. Добыча и транспортировка нефти и газа оказывают негативное влияние на окружающую среду, что отражается на деградации почв и ландшафтов, загрязнении атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод. Огромный ущерб наносится природе в результате сжигания попутного газа. Ежегодно в мире происходит несколько десятков тысяч разрывов нефтепроводов, в результате теряется от 10 до 30 млн

т нефти. Попадая в окружающую среду, нефть загрязняет почву и грунтовые воды, реки и озера. Содержание нефти в традиционных продуктах питания коренных народов, особенно в рыбе, превышает предельно допустимый уровень.

Другая проблема в нефтегазовом комплексе - переработка буровых растворов, ликвидация нефтяных скважин (после окончания нефтепромыслов) и обезвреживание попутных или сточных вод нефтепромыслов, в которых содержание нефти, тяжелых металлов, солей и прочих химических элементов достигает сотен и тысяч ПДК. При разработке нефтегазопромыслов возникает еще одна экологическая проблема — это радиоактивность некоторых нефтей и пластовых вод. На некоторых участках уровень радиации по гамма-фону достигает 950 мкР/ч (микрорентген в час) при норме 35 мкР/ч. Особенно радиоактивны фракции тяжелых нефтей. До сих пор неясно, куда и как утилизируются сотни тонн, ежегодно образующихся в каждом месте добычи радиоактивных осадков.

Транспортные средства - автомобили, дорожные машины и другие средства с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) – являются мощными источниками загрязнения природной среды. Отработавшие газы ДВС содержат более 200 наименований вредных веществ и соединений. Нефтепродукты, сыпучие и пылящие грузы, перевозимые транспортными средствами, продукты износа шин, хлориды, используемые в качестве антиобледенителей дорожных покрытий, загрязняют придорожные полосы и водные объекты. Существенна роль транспорта в загрязнении водоемов, рек, грунтовых вод. Кроме того, транспорт способствует тепловому загрязнению окружающей среды. Дизельные ДВС выбрасывают в больших количествах сажу, которая в чистом виде нетоксична. Однако частицы сажи, обладая высокой адсорбционной способностью, несут на своей поверхности частицы токсичных веществ, в том числе и канцерогенных. Сажа может длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе, увеличивая тем самым время воздействия токсичных веществ на человека.

Количество вредных веществ, выделяемых в атмосферу автотранспортом, зависит от технического состояния автомобилей. Например, при нарушении регулировки карбюратора выбросы CO_2 увеличиваются в 4...5 раз. Особенно загрязнение атмосферного воздуха увеличивается, когда применяют в качестве топлива этилированный бензин, имеющий в своем составе свинец. Концентрация свинца в воздухе зависит от его содержания в бензине. При содержании 0,15 г/л свинца в бензине концентрация его в воздухе достигает до 0,4 мкг/м³, а при 0,50 г/л составляет 1,0 мкг/м³. Снизить или полностью исключить поступление высокотоксичных соединений свинца в атмосферу можно заменой этилированного бензина на неэтилированный или переводом ДВС на другие виды топлива. Состав отработавших газов ДВС зависит также от режима работы двигателя. Например, при разгоне и торможении нарушаются процессы смесеобразования и количество токсичных веществ меняется в сторону повышенного их выделения.

Суммарный выброс токсичных веществ в атмосферу *самолетами* непрерывно растет. Наибольшее количество выбросов бывает в аэропортах и зонах, примыкающих к испытательным станциям. Работа жидкостного ракетного двигателя (ЖРД) сопровождается выбросами продуктов полного и неполного сгорания топлива, состоящих из O, NO_x, OH и др. Количество вредных веществ, выделяемых в воздух, зависит от мощности (тяги) двигательных установок. В сточных водах аэропортов содержатся высокие концентрации (до 2...10 ПДК) нефтепродуктов, тяжелых металлов.

В *двигателях космического типа* сжигается как жидкое, так и твердое топливо. Продукты сгорания топлива по мере удаления космического корабля от Земли проникают в различные слои атмосферы, но большей частью в тропосферу. Во время запуска корабля образуется облако продуктов сгорания в виде водяного пара, песка и пыли. После запуска это облако поднимается на высоту до 3 км и перемещается под действием ветра на расстояние 30...60 км. Облако может рассеяться, но может стать и причиной кислотных дождей. При старте и возвращении космического корабля на Землю такого типа двигатели неблагоприятно воздействуют не только на приземный слой атмосферы (0...0,5 км), но и на космическое пространство, разрушая озоновый слой Земли. Поэтому размеры разрушения озонового слоя определяются от числа запусков ракетных систем и интенсивности полетов сверхзвуковых самолетов. В начале XXI века авиация и ракетная техника существенно возросла, что дополнительно дало общий выброс вредных примесей в атмосферу. Однако на долю этих двигателей приходится пока не более 5 % токсичных веществ, поступающих в атмосферу.

Радиоактивное загрязнение биосферы – это увеличение концентрации радиоактивных веществ в живых организмах и среде их обитания (атмосфере, гидросфере, почве) в результате деятельности человека. К радиоактивному загрязнению биосферы привела интенсификация промышленного производства, которая привела к появлению на Земле большой группы антропогенных радионуклидов. Их суммарная активность в среднем соизмерима с активностью естественного радиоактивного фона, но на некоторых участках она может превышать его.

Радиоактивность естественного происхождения, обусловленная присутствием в природной среде (горных породах) радиоактивных элементов. Количество естественных радионуклидов незначительно (торий-232, уран-235 и др.). Наиболее распространен уран-238 (99,2%). *Радионуклиды естественного происхождения* возникают при извлечении и переработке многих полезных ископаемых, особенно фосфатных руд, с концентрацией урана-238. В результате этих процессов в биосфере появляются локальные участки с концентрацией радионуклидов, которые существенно повышают естественный радиоактивный фон. Такие участки можно отнести к разряду малоактивных загрязнений. Однако содержание в радионуклидах некоторых долгоживущих естественных элементов с очень большим периодом полураспада делает загрязнения подобного рода опасными.

Существует несколько путей воздействия радионуклидов естественного происхождения на человека, например, применение минеральных фосфорных удобрений через сельскохозяйственную продукцию (внутреннее облучение); использование в качестве строительного материала более радиоактивных по сравнению с почвой геологических пород (при повышенном содержании урана-238, тория-232 и калия-40 в таких традиционных строительных материалах, как: строительный камень, песок, гравий и др.); использование материалов, произведенных из промышленных отходов. Кроме того, естественные радионуклиды поступают в окружающую среду при сжигании угля, а также в случае применения угольной золы в производстве цемента и бетона в качестве наполнителя для дорожных покрытий.

Радиоактивность искусственного происхождения обусловлена антропогенной деятельностью человека. Это строительство АЭС, строительство подводных атомных лодок, применение радиоактивных элементов в медицине, строительстве и других отраслях. Радионуклиды искусственного происхождения делятся на три вида: *ближние, или локальные, выпадения*, которые представлены относительно крупными (более 100 мкм) частицами, оседающими на землю преимущественно под действием силы тяжести; *промежуточные, или тропосферные, выпадения*, представленные мелкими частицами (несколько микрометров и менее). Эти частицы формируются в тропосфере, ниже тропопаузы, на высоте 11... 16 км. Период полувыведения частиц из тропосферы составляет 20...30 суток. На тропосферные выпадения при наземных взрывах мощностью в несколько мегатонн приходится 5 % радиоактивности; *глобальные, или стратосферные, выпадения*, которые состоят из частиц от нескольких сотых до десятых долей микрометра, забрасываемых в стратосферу на высоту 10... 30 км. Оттуда они переносятся в тропосферу струйными течениями и циклональными вихрями либо с воздушными массами через разрывы в тропопаузе. В умеренных широтах глобальные выпадения с атмосферными осадками (влажные выпадения) составляют 60...70% от общей суммы радиоактивных выпадений, остальная часть (30...40%) представлена сухими выпадениями. Следует отметить, что глобальные выпадения радионуклидов искусственного происхождения распределяются по всей поверхности Земли.

Как правило, естественная радиоактивность не вызывает явных отрицательных явлений, так как к ней живые организмы приспособились. Искусственная радиоактивность, наоборот, играет негативную роль, вызывая разрушение природных экосистем и представляя значительную опасность для живых организмов и самого человека.

Источниками радиоактивного загрязнения окружающей среды антропогенного происхождения являются: отработанное ядерное топливо (ОЯТ), изъятое из реактора после его отработки; долгоживущие радиоактивные изотопы (в основном это продукты испытаний ядерного оружия, проводившихся в атмосфере и под землей); радиоактивные отходы (РАО) в любом агрегатном состоянии (газообразном, жестком, твердом и плазменном): плановые и аварийные выбросы радиоактивных веществ в окружающую среду

от предприятий атомной промышленности; выбросы в атмосферу и сбросы в водные системы радиоактивных веществ с действующих атомных электростанций (АЭС) в процессе их нормальной эксплуатации.

Отработанное ядерное топливо — это особый вид радиоактивных материалов. Облученные тепловыделяющие элементы, извлеченные из реактора после их обработки, обладают значительной накопленной активностью и относятся к высокоактивным отходам, если не подвергаются дальнейшей переработке. В некоторых странах (США, Швеция, Канада, Испания и др.) ОЯТ полностью относят к радиоактивным отходам (РАО). В России часть ОЯТ считается радиоактивными отходами, а часть поступает на переработку на радиохимические заводы. На радиохимических заводах применяется технология разомкнутого ядерного топливного цикла, при которой осуществляется переработка ОЯТ для извлечения (выделения) урана-235, плутония-239 и топливного сырья (урана-238) для повторного использования. На всех этапах производства образуется большой объем РАО, различных по уровню активности, форм и степени опасности для окружающей среды, и здоровья человека. Поэтому многие зарубежные страны ориентируются на долговременное (до 50 лет) хранение ОЯТ на месте производства, что дает возможность подготовиться к окончательному захоронению, но не исключает его химической переработки в дальнейшем.

В промышленности, медицине, радиоизотопной энергетике, контрольно-измерительной и облучающей технике, а также в научных исследованиях применяют искусственные источники ионизирующего излучения: *радиоактивные изотопы* различного типа. Производство и использование радиоактивных изотопов влечет за собой образование значительного количества РАО, которое необходимо утилизировать по специальной программе после окончания срока работы источников ионизирующего излучения.

Радиоактивные отходы образуются при испытании ядерного оружия и подземных взрывов ядерных устройств. Испытания ядерного оружия, проводившиеся в атмосфере на полигонах планеты с 1945 г., стали глобальным источником радиоактивного загрязнения природной среды. Суммарная активность выброшенного в атмосферу цезия-137 составила 8,2 МКи, стронция - 90... 4,3 МКи. При этом 75 % радионуклидов поступило в стратосферу и впоследствии выпало по всему земному шару.

Таким образом, самое большое количество РАО образуется: в процессе реализации *военных программ* и во всей цепи ядерного топливного цикла (создание ядерного оружия на основе высокообогащенного урана и плутония); при *эксплуатации и закрытии предприятий ядерного топливного цикла* (добыча и обогащение урановой руды, производство тепловой и электроэнергии в реакторах, изготовление тепловыделяющих элементов, переработка отработанного ядерного топлива); при *эксплуатации и списании надводных и подводных кораблей* военно-морского и гражданского флотов с ядерными энергетическими установками и баз их обслуживания; в *процессе консервации предприятий* военного и гражданского ядерного комплекса.

К радиоактивным относятся не подлежащие дальнейшему использованию отходы в *любом агрегатном состоянии* (материалы, изделия, оборудование, газообразная среда, грунт, а также порода, руды и отходы обогащения и выщелачивания руд), в которых содержание радионуклидов превышает уровень, установленный нормативными и правовыми актами. Радиоактивные отходы в зависимости от агрегатного состояния делятся на *газообразные, жидкие и твердые*.

Газообразные РАО, образующиеся в процессе работы реактора, загрязняют производственные помещения и через систему вытяжки, фильтров и воздухоочистки, а также после выдержки в течение трех месяцев выбрасываются в окружающую среду через 150-метровую газоотводную трубу, что способствует рассеиванию радиоактивных веществ и уменьшению их концентрации в приземном слое атмосферы. Газообразные РАО включают в себя не только газообразную, но и в меньшей степени аэрозольную фазу выброса АЭС. Риск глобального изменения биосферы может быть сведен к минимуму путем внедрения на АЭС новых технологических систем, способных улавливать эти радионуклиды (аргон-4, криптон-85 и ксенон-1334, тритий и углерод-14, радионуклиды йода-131 в виде аэрозоли).

Основными источниками *жидких РАО* на АЭС являются: вода реактора, вода бассейнов выдержки, вода опорожнения реакторных петель; промывочные растворы, использованные при дезактивации оборудования АЭС; продувочная вода парогенераторов; вода, после дезактивации помещения; вода прачечных и душевых. Проблема безопасного хранения жидких РАО достаточно сложна вследствие большого объема и разнообразия таких отходов.

Твердые РАО, образующиеся на АЭС, на различных типах реакторов представляют собой отработавшее оборудование и материалы, использованные фильтры, радиоактивный строительный мусор, спецодежду и т. п. Твердые РАО на АЭС собирают в специальные помещения, где их сортируют по категориям, исходя из уровня активности (I.. III группы), и укладывают в хранилища. Например, в соответствии с проектами действующих в России АЭС (с реакторами типа ВВЭР) хранилища твердых РАО предназначены для временного хранения отходов I и II групп уровня активности в течение 10 лет, а твердых отходов III группы - 30 лет. После окончания проектного срока хранения на АЭС твердые РАО должны быть захоронены в централизованные могильники.

В зависимости от *периода полураспада* радиоактивных элементов РАО делят: на короткоживущие (период полураспада составляет меньше года); среднеживущие (от года до 100 лет); долгоживущие (более 100 лет). По *составу излучения* (радиационной опасности) РАО подразделяются на альфа-, бета-, гамма-излучатели.

Во время эксплуатации АЭС образуется значительный объем жидких и твердых радиоактивных отходов (в процессе очистки воды в различных технологических системах реакторов, ремонта, замены оборудования, проведения различных испытаний и др.). Объем первичных жидких РАО может достигать 40 тыс. м³ в год на энергоблок для реакторов типа ВВЭР-1200. Объем

первичных твердых отходов составляет около 120 тыс. м³ в год. Активность РАО, образующихся за год на крупной АЭС, составляет 32000 Ки. Перед закладкой на хранение первичные радиоактивные отходы подвергаются кондиционированию (в форму, удобную для хранения, транспортировки, захоронения) и переработке, что приводит к значительному уменьшению их объема. РАО, образующиеся на АЭС, относятся в основном к категории низко- и среднеактивных и содержат радионуклиды с периодом полураспада менее 30 лет. Однако существующая система обращения с РАО не отвечает современным требованиям экологической безопасности. Необходимо отметить, что РАО и радиоактивное загрязнение будут оказывать отрицательное влияние на биосферу на протяжении сотен лет. Поэтому одной из главнейших задач всех стран мира, имеющих ядерную промышленность, является решение вопроса о долговременном и безопасном хранении накопленных РАО, а также их захоронении.

Отходы производства и потребления. На сегодняшний день в условиях рынка отходы производства и потребления представляют весьма серьезную геоэкологическую проблему. Данные по объему их образования, использования, обезвреживания и захоронения не могут рассматриваться как вполне достоверные, так как государственная статистическая отчетность практически отсутствует либо искажается, если взять во внимание промышленные и химические отходы производства.

Отходы бывают *твердые, жидкие и газообразные*. Их можно классифицировать: на бытовые (коммунальные); производственные (промышленные); строительные; токсичные (опасные).

Бытовые (коммунальные) отходы — это отбросы, не утилизированные в быту, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизнью людей (включая бани, прачечные, столовые, больницы и др.). Ежегодно в городах мира образуется около 500 млн т твердых бытовых отходов (ТБО), в том числе в США - около 150 млн т, в Японии - 72 млн т. В различных регионах мира твердые бытовые отходы составляют (кг/чел, в сутки): для Северной Америки - 1,75; Европы - 1,1; Азии - 0,6; Африки - 0,4.

Промышленные отходы — это выбросы и сбросы, утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства. К ним относятся сама продукция, выбросы в атмосферу, сточные воды, твердые отходы, энергетические выбросы, полуфабрикаты, образовавшиеся при производстве продукции. Особая группа отходов в промышленности: энергетические, в виде энергии тепла; шума; радиоактивного излучения.

Жидкие отходы промышленных предприятий — это отходы, состоящие из жидкой фазы и содержащие соли, щелочи, кислоты, а также дисперсные примеси. Сюда относят прежде всего производственные сточные воды, загрязненные токсичными и ядовитыми соединениями. Они требуют специальной обработки, так как содержат кислоты, щелочи, хлориды, фториды, бромиды, растворимые металлы и т.д. К жидким отходам относятся также отработанные органические растворители, масла и органические токсичные соединения.

В отдельную категорию отходов относят *шламы*, которые представляют собой аморфные или мелкокристаллические массы, содержащие от 20 до 80 % воды по массе. К ним относят остатки процессов фильтрации и седиментации, шламы, получаемые при нейтрализации или специальной обработке жидких отходов, или илы, получаемые в процессе очистки сточных вод. К этой категории следует отнести смолы, кислые и вязкие гудроны, нефтепродукты, получаемые при органическом синтезе.

Все виды отходов потребления и производства можно разделить на вторичные ресурсы, которые перерабатываются или планируется их переработка, и отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно дадут производству безвозвратные потери. Примерами целесообразной переработки могут быть угольные отходы, которые образуются при работе тепловой электростанции и требуют для их хранения от 500 до 1000 га земли, и отходы в карьерах при добыче природного камня. Отходы производства, которые нецелесообразно перерабатывать или которые не представляют опасности для окружающей среды, захораниваются.

Строительные отходы образуются при производстве земляных работ (места складирования плодородного грунта, пыль), монтажных - при сборке зданий из железобетонных конструкций и деталей, малярных (различная тара для хранения краски и разбавителей красок) и отделочных работ. Непродуктивные грунты, изымаемые при земляных работах, вывозят на другие стройки, например, при устройстве дорог или в места, требующие подсыпки грунта до необходимых отметок. Часть такого вида грунта может поступать на полигоны (свалки), где его используют в качестве изолирующих слоев или для засыпки рекультивируемых карьеров и выемок. На строительных площадках образуются твердые отходы и лом бетонных и железобетонных изделий. Их количество в начале XXI века составляло около 1 млн м³ в год.

Асфальтовые покрытия во всех городах и населенных пунктах, которые за годы их ремонта достигают до 1 м от бывшего основания, в теплый период года являются большим источником выделения в атмосферу углеводородов (в том числе и канцерогенных бензапиренов). Кроме того, они увеличивают давление на грунт и нарушают сложившиеся потоки подземных вод, приводя во многих местах к подтапливанию территории. На сегодня это одна из важнейших проблем населенных пунктов. Снятие лишних слоев асфальтобетонных смесей дело не совсем простое, но выполнимое. Снятый лишний слой позволяет снизить расход материалов дорожных покрытий за счет их вторичного использования и дополнительно уменьшить негативное воздействие на атмосферу и литосферу.

Вскрышные работы используются при открытых способах добычи руд, угля и других видов сырья. При таких работах образуется большое количество грунта, исчисляемое сотнями миллионов кубометров ежегодно, причем в строительстве используют не более 10% этого объема в качестве сырья для получения щебня, песка, песчано-гравийных смесей. Эти отходы могут быть утилизированы полностью в производстве цемента, извести, силикатного и

глинистого кирпича, поскольку себестоимость таких материалов в 2...3 раза ниже, чем у материалов «классического» сырья.

Токсичные (опасные) отходы представляют особую угрозу для окружающей природной среды и для здоровья живых организмов, включая и человека. К таким отходам относятся неиспользованные различные ядохимикаты в сельском хозяйстве, отходы промышленных производств, содержащие канцерогенные и мутагенные вещества, шламы гальванические, шламы коксохимических заводов и др. В США, например, 41 % твердых бытовых отходов классифицируется как особо опасные, в Венгрии - 33,5 %, во Франции - 5 %, в Великобритании - 3 % и Японии всего лишь 0,3 %. В России к опасным отходам относятся (условно) 10 % от всей массы твердых бытовых отходов. Но тем не менее, как свидетельствуют данные, количество токсичных (опасных) отходов неуклонно возрастает. На территории различных стран имеются так называемые химические «ловушки» (включая места атомных взрывов в мирных целях и захоронения радиоактивных отходов), т.е. давно забытые захоронения опасных отходов, на которых со временем построили жилые дома и другие объекты. На территории США имеется не менее 32 тыс. потенциально опасных захоронений. В Нидерландах выявлено 4 тыс. подобных участков, даже в небольшой Дании их количество составило 3,2 тыс. В России учет не проводился.

Обезвреживание и утилизация отходов производства и потребления. Защита окружающей среды от бытовых отходов (БО) состоит в их сборе, транспортировке) переработки или складировании. Для обезвреживания и утилизации твердых бытовых отходов (ТБО) известно более 20 методов, по каждому из которых имеется 5... 10 разновидностей технологий, технологических схем, типов сооружений.

По своему принципу и конечной цели методы обезвреживания и переработки делятся на: *ликвидационные* - решает санитарно-гигиенические задачи; *утилизационные* - решает задачи экономики и использования отходов как вторичных ресурсов.

По технологическому принципу методы могут быть: *биологические, термические, химические, механические*. Наиболее распространенными методами являются: *складирование на полигонах* (ликвидационный биолого-механический); *сжигание* (ликвидационный термический); *компостирование* (утилизационный биологический). Эти методы обезвреживания и утилизации позволяют соблюдать нормативы по охране окружающей среды.

При обращении с отходами производства и потребления, *запрещается*: сброс отходов производства и потребления, в том числе радиоактивных отходов, в поверхностные и подземные водные объекты, на водосборные площади, в недра и на почву; размещение опасных и радиоактивных отходов на территориях, прилегающих к городским и сельским поселениям; размещение опасных и радиоактивных отходов в лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зонах, на путях миграции животных, вблизи нерестилищ и иных местах; захоронение опасных и радиоактивных отходов на

водосборных площадях подземных водных объектов, используемых в качестве источников водоснабжения.

При строительстве заводов механизированной переработки ТБО одним из экономических показателей является наличие гарантированных потребителей компоста (органического удобрения или топлива) в радиусе до 20 км. При строительстве завода по сжиганию ТБО с утилизацией тепловой энергии является гарантированное (круглосуточное и круглогодичное) потребление тепловой энергии. При строительстве полигонов складирования ТБО важнейшими условиями являются следующие: наличие свободного участка с основанием на водоупорных грунтах; уровень грунтовых вод ниже 3 м от поверхности площадки; наличие грунта или инертных отходов для изоляции ТБО; получение разрешения на высоту складирования (свыше 20 м); размещение полигона на расстоянии до 15 км от центра сбора ТБО. При выборе участка под полигон складирования ТБО должна быть проведена не только геологическая оценка территории, но и экономическая вариантность проработки полигона. Для каждого варианта подбирают земельный участок и устанавливают транспортные затраты по вывозу отходов, сроки действия полигона, обоснованные на обеспечение потребителей компоста.

Наиболее распространенные методы обработки и захоронения БО.

Закрытые свалки - метод, позволяющий обрабатывать большие объемы БО при относительно малом воздействии на окружающую среду. При этом методе исключаются попадание в подземные горизонты, горение и пожары, однако отсутствует утилизация продуктов БО.

Открытые свалки - неконтролируемый сброс отходов, без уплотнения, изоляции, чаще всего «диким» способом. Самый неэффективный, но вместе с тем самый распространенный метод. Отходами завалены все проезжие дороги поселков, опушки лесов, поляны и овраги.

Организованные полигоны отходов — это более современный метод захоронения отходов, но рассчитан на длительное отторжение площадей, поэтому его нельзя признать перспективным. Данный метод вмещает достоинства закрытой свалки, но при этом утилизирует так называемый биогаз - метан (55 ...60 %), образующийся в теле полигона вследствие анаэробной биодеструкции органических веществ. С каждой тонны БО образуется до 200 м³ газа, отводимого системой горизонтальных дырчатых труб в газгольдер и затем используемого в топливных или энергетических установках. Отходы при таком методе не включаются в круговороты вещества и энергии и, следовательно, ведут к дополнительной антропогенной нагрузке на окружающую природную среду, к снижению ее экологической устойчивости.

Прессование — это разделение отходов на твердые и жидкие компоненты с последующей их переработкой давлением 80 МПа. Получаемые при таких параметрах обработки твердые отходы имеют объемную массу около 1000 кг/м³ и могут найти применение в строительстве.

Компостирование — это биохимический процесс обезвреживания отходов. Его достоинства заключаются в наиболее сокращенном сроке (до 6

сут) переработки отходов и получении биотоплива и компоста, используемого в качестве удобрения в сельском хозяйстве. Технологический процесс осуществляется во вращающихся барабанах диаметром 3...3,5 м и длиной 20 м и требует соблюдения режимных параметров: температуры; влажности; длительности перемешивания; сушки.

Пиролиз — обезвреживание отходов происходит в условиях дефицита кислорода и при температуре 600...800°C, что приводит к термическому разложению отходов и их обезвреживанию.

Методы полевого компостирования ТБО целесообразно применять в городах с населением до 500 тыс. чел. как наиболее простой и дешевый метод обезвреживания и переработки отходов. Технология этого метода заключается в компостировании отходов в открытых штабелях. Применяют две принципиальные схемы полевого компостирования: с предварительным дроблением ТБО и без предварительного дробления.

Метод «Эколандшафт», представляющий собой совокупность современных инженерных и биоинженерных технологий, позволяющий эффективно решать целый ряд проблем, возникающих при создании, эксплуатации и рекультивации полигонов ТБО, в том числе: укрепление бортов с помощью габионовых конструкций; гидроизоляция бортов и днищ с помощью пластиковых геомембран и геотекстиля; создание дренажных и газоотводных систем; поверхностное водоотведение с помощью нагорных канав и лотков, выполненных из матрасов Рено (разновидность габионов); очистка загрязненных вод; рекультивация полигона.

Основные направления малоотходных и безотходных технологий. Долгое время человек черпал сырье из природной кладовой, как из бездонного колодца. Взять, например, добычу нефти или газа. И только теперь начинают замечать, что никакого «колодца» нет, а есть истощенные шахты и скважины, «лунные» пейзажи заброшенных карьеров. Вопросы перераспределения структуры потребления и производства к началу XXI в. вышли на первое место в мире. Жизнь и практика показывают, что технология, основанная на использовании новейших достижений науки и техники, в конечном счете, самая выгодная. В этих условиях взаимосвязь экологии и экономики принципиальным образом изменяется. Появляется возможность создания новых технологий, технологических процессов, базирующихся на экологически чистых продуктах сырья и соответствующем оборудовании, которые становятся экологически чистыми и не наносят ущерба окружающей среде. Современная технология по ряду производств и отраслей промышленности достаточно развита (химическая и нефтеперерабатывающая промышленность, энергетика, черная и цветная металлургия), чтобы приостановить рост отходов. В этом процессе государство должно взять на себя роль руководителя в разработке и реализации комплексной программы внедрения безотходных производств и переработки скопившихся отходов. Скорейшее внедрение такой программы можно будет рассматривать как стратегическое направление рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Безотходная технология представляет собой такой метод производства продукции (технологический процесс, предприятие, ТПК), при котором все сырье и энергия используются наиболее рационально и комплексно в цикле: сырьевые ресурсы - производство - потребление - вторичные ресурсы, и любые воздействия на окружающую среду не нарушают ее нормального функционирования. Эта формулировка не должна восприниматься абсолютно точно, т.е. не надо думать, что производство возможно без отходов. Представить себе абсолютно безотходное производство просто невозможно, такого и в природе не может быть. Однако отходы, которые образуются на любом производстве, не должны нарушать нормальное функционирование природных экосистем. Если говорить об охране окружающей среды и экономике, то будущее - за малоотходной и безотходной экономикой. Новые технологические безотходные производства позволят радикально снизить энергоемкость и материалоемкость производственных процессов, особенно расход химикатов.

Безотходная технология свои принципы заимствует у природы. Это принципы экологических систем, в которых вещество и энергия расходуются экономно, и отходы одних организмов являются условием существования других. *Закон природы очень суров, но мудр: никаких отходов.* Так должно происходить и в промышленности, в которой все компоненты сырья используются полностью, и производство является безотходным.

Для того чтобы оценить научные и практические подходы к решению малоотходной и безотходной технологии, рядом ученых предложена методика оценки экологического совершенства, например, химических процессов и удельного образования отходов. Предложен *критерий экологичности технологических процессов*, который включает расчет количество и концентрацию токсичного компонента в жидких, твердых и газообразных отходах и предельно допустимые концентрации, например, в городском воздухе. Предлагаемый критерий имеет четкую зависимость от количества и токсичности отходов, определяющих воздействие технологического процесса на окружающую среду, следовательно, он может быть использован для сравнения традиционных производств с перспективными безотходными и малоотходными технологиями, что существенно облегчает оценку безотходности.

Создание безотходных производств относится к весьма сложному и длительному процессу, промежуточным этапом которого является *малоотходное производство*. Под малоотходным производством следует понимать такое производство, результаты которого при воздействии загрязнений на окружающую среду не превышают уровня, допустимого нормами. По техническим, экономическим и другим причинам часть сырья и материалов может переходить в отходы и направляться на длительное хранение или захоронение. В ряде отраслей промышленности имеются количественные показатели оценки безотходности. В угольной промышленности, наиболее емкой по отходам отрасли, введен *коэффициент безотходности производства*, а в цветной металлургии - *коэффициент комплексности*. Установлено, что

производство является безотходным, когда коэффициент безотходности превышает 75 % (в угольной промышленности).

При внедрение малоотходных и безотходных производств необходимо учитывать следующие принципы:

- *Принцип системности*, когда каждый отдельный технологический процесс рассматривается как элемент динамичной системы всего промышленного производства в регионе (ТПК) и на более высоком уровне как элемент эколого-экономической системы в целом, затрагивая при этом и хозяйственно-экономическую деятельность человека, и его влияние на природную среду (атмосферу, гидросферу, ландшафты...).
- *Принцип комплексности использования ресурсов*, требует при создании безотходного производства максимального использования всех компонентов сырья и энергоресурсов. Сопутствующие элементы, которые присутствуют в сырье, могут быть извлечены только при комплексной его переработке.
- *Принцип ограничения воздействия процесса или производства на окружающую природную среду*. Этот принцип в первую очередь связан с сохранением таких природных ресурсов, как атмосферный воздух, вода, рекреационных ресурсов, здоровья населения. Естественно, что реализация этого принципа осуществима лишь в сочетании с экологическим нормированием, соблюдением природоохранных актов, ответственностью руководителей.
- *Принцип рациональности организации безотходного производства*, т.е. требование разумного (экономичного) использования всех компонентов сырья и поиск новых экологически обоснованных технологий. Конечной целью в данном случае следует считать оптимизацию производства одновременно по энерготехнологическим, экономическим и экологическим параметрам.

На основе перечисленных принципов, можно выделить *главные направления* создания малоотходных и безотходных производств: усовершенствование существующих и разработка принципиально новых технологических процессов, производств и соответствующего оборудования; внедрение круговорота использования воды в технологических циклах; использование отходов в качестве сырья на других предприятиях. На пути совершенствования существующих и создания принципиально новых безотходных технологий и производств очень важно соблюдать: непрерывность процессов, позволяющих наиболее эффективно использовать сырье и другие ресурсы; интенсификацию производственных процессов и совершенствование технологического оборудования для сокращения отходов и экономного использования сырья. При организации малоотходных и безотходных производств большое значение имеет кооперирование предприятий различных отраслей промышленности.

Мероприятий по защите окружающей природной среды. При повышении требований к качеству и охране окружающей природной среды в

условиях нарастания антропогенных воздействий необходимо ускоренное развитие всех видов и направлений средозащитной деятельности. Основным условием обоснованного выбора средозащитных мероприятий в проектных решениях многоцелевого назначения является достижение тождественного с учетом местных (природно-географических и социально-экономических) условий качества окружающей среды.

К средозащитным мероприятиям относятся как технические средства (оборудование, сооружения и технологии), так и мероприятия по совершенствованию территориальных и отраслевых систем управления и контроля за охраной окружающей среды, включая контроль за проведением средозащитных мероприятий. В современной системе средозащитных мероприятий основное место занимают технические средства защиты окружающей среды, которые наиболее широко используются в промышленности. При этом в процессе развития научно-технического прогресса вместо одноцелевых мероприятий могут применяться многоцелевые и, в частности, мало- и безотходные технологии. Анализ факторов состояния окружающей среды позволяет свести все многообразие социально-экономических и экологических требований к качеству окружающей среды к показателю конечного результата средозащитной деятельности - величине предотвращенного эколого-экономического ущерба, который является комплексным социально-экономическим критерием оценки проектных решений по защите окружающей среды.

Геоэкологические проблемы урбанизации. Одна из важнейших общемировых проблем - урбанизация, или быстрый рост городов и городского населения. Ежедневно к городскому населению развивающихся стран мира добавляется около 150 тыс. чел. Основные непосредственные причины роста численности городского населения: миграции людей в города из сельской местности, а также и из других стран; прирост населения в городах благодаря превышению рождаемости городского населения над его смертностью.

В 1975 г., примерно треть населения мира жила в городах. В 2010 г. городским стало больше половины населения, а к 2025 г. городское население составит почти две трети от мирового. В современных развитых странах заметный рост доли городского населения отмечался приблизительно столетие тому назад. За время текущего пятидесятилетия (1975-2025 гг.) доля городского населения этих стран увеличивается уже незначительно, приближаясь к верхнему пределу переходной кривой. Но зато около 90% прироста численности городского 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%. Численность и доля сельского населения стабилизируется или будет уменьшаться, в зависимости от континента. С абсолютным преобладанием городского населения на всех континентах географическая среда в целом станет другой, с относительно редким сельским населением и многочисленными городами различных размеров, включая сверхкрупные, так называемые мегалополисы.

Величины прироста городского населения 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% в год. При таком показателе численность населения города удваивается всего лишь за 10 лет. 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.

Чрезвычайным, хотя и все более типичным явлением, становятся крупнейшие города (мегалополисы). 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 городские скопления населения численностью от 8 млн. чел., то в 1950 г. в мире было всего два таких мегалополиса — это 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. В 2019 г. стало 33 мегалополиса, 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. Помимо отдельных сверхкрупных городов, возникли и так называемые конурбации, или скопления городов. Многие города среднего размера растут быстрее, чем мегалополисы, со скоростью, заметно превышающей 5% в год. В результате возникает много городов с населением между 1 и 10 млн. чел. В 2010 г. в мире стало 516 таких городов (было 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 мегалополисов, 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.

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. Весьма высокое загрязнение воздуха в таких городах как Лос-Анджелес, Мехико и Сантьяго связано не только с большим количеством автомобилей, но и вследствие расположения этих городов в межгорных котловинах. В Джакарте природные условия города определяют ряд серьезных геоэкологических проблем, в том числе проблемы качества воды.

Равнинный рельеф определил выбор канализационной системы города, представляющий сеть открытых коллекторов, собирающих неочищенные бытовые стоки. Эта система была эффективной, но в настоящее время она не может справиться с продуктами жизнедеятельности городского населения численностью 11,5 млн. человек. Диаррея, 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 на эти системы, 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.

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 зависит от уровня благосостояния его жителей. Некоторое улучшение геоэкологического состояния городов развитых стран благоприятно для их жителей. Вместе с тем сами эти города оказывают неблагоприятное воздействие на состояние географической среды 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 пищу только один раз в день.

В зонах высокого загрязнения воздуха вследствие функционирования 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.

Геоэкологические проблемы энергетики. 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 столетия. 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.

Общая мощность производимой или же потребляемой в мире энергии составляет 10 тераватт и продолжает увеличиваться. Из этого количества около 90% энергии получают благодаря сжиганию угля, нефти 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 удельные 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 пока не достигает и 3%.

Производство и использование основных источников тепловой энергии практически всегда сопровождаются неблагоприятными последствиями, влияющими на окружающую среду и здоровье людей. Опора в энергетике на использование горючих ископаемых и чрезвычайно высокая их доля в производстве энергии предопределяют 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% от общего количества выбросов), диоксид серы (42%), оксиды азота (24%). Современная ТЭЦ мощностью 1000 Мвт выбрасывает в воздух за год 165000 т газов и 500000 т твердых частиц. Тепловое загрязнение, то есть неиспользуемый выброс тепла, составляет около 60% производимой энергии. Каждая ТЭЦ нуждается в 4 кв. км площади, не считая площадей для складов, подъездных путей, градирен, линий электропередач, 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, наносят 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 антропогенного изменения климата.

Атомные электростанции несут с собой высочайший риск катастрофы вследствие выделения в окружающую среду радиоактивных изотопов. Как показывает печальный опыт Чернобыльской АЭС, радиоактивное загрязнение вследствие взрыва всего лишь одного атомного реактора нанесло невосполнимый ущерб жизни и здоровью людей, состоянию естественных и агроэкологических систем, по сути дела, вывело из нормального использования чрезвычайно большую территорию в пределах Белоруссии, 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 делать безопасно и эффективно, - пока еще плохо проработанная задача.

Основное направление в стратегии снижения геоэкологических проблем энергетике - повышение роли возобновимых и экологически более чистых источников энергии. Однако абсолютно безвредных источников практически не бывает. Гидроэлектростанции приносят свой специфический набор геоэкологических проблем: потери затапливаемой земли; переселение населенных пунктов из зоны затопления; изменения водных и наземных экосистем и их плодородия; в тропических и экваториальных районах 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 наклона солнца над горизонтом и т.д. 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 несвободно 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 концентрация для производства электроэнергии технически очень сложная.

Для эффективного функционирования систем энергетики важны проблемы спроса и экономии энергии. 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. После энергетического кризиса 1970-х гг. эффективность использования энергии в развитых странах 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.

Использование возобновляемых источников энергии. Необходимость развития нетрадиционной энергетики определяется рядом факторов, к которым можно отнести: уменьшение запасов природных ресурсов (угля, нефти, газа), их постоянное удорожание; наличие отдаленных районов, где энергоснабжение обеспечивается за счет выработки энергии в основном на устаревших, экологически опасных котельных или автономных дизельных энергетических установках, работающих на трудно завозимом и дорогостоящем твердом или жидком топливе. К возобновляемым источникам энергии относятся наиболее «мягкие» источники энергии, не приводящие к загрязнению окружающей среды: *геотермальный вид энергии; энергия ветра и солнца; энергия Мирового океана; гидротермальных станций; использование водорода.*

Геотермальная энергия. Источниками геотермальной энергии служат химические процессы, радиоактивные процессы, горные породы, содержащие сульфидные руды и концентраты. Температура воды на глубинах 2...3 тыс. м превышает 100°C, которая может быть выведена на поверхность по буровым скважинам. Себестоимость тепловой энергии на геотермальной станции в 2...2,5 раза ниже, чем себестоимость тепловой энергии, получаемой от котельной. Эти показатели могут быть значительно улучшены при условии более полного освоения геотермальной энергии.

Энергия ветра. США, Дания и другие страны в начале XXI в. сумели ввести в опытно-промышленную эксплуатацию более 100 тыс. ветровых установок. Удельная стоимость мощности ветрогенератора составляет от 800 до 1000 долл. за 1 кВт. Аналогичный показатель для газотурбинных станций - 500...800; угольных - 1200... 1700; атомных - 1700...2900 долл. за 1 кВт. Себестоимость отпускаемой электроэнергии для ветроустановок составляет 4...5 центов за 1 кВтч, для газотурбинных - около 4; для угольных - 5,5...8,0; для атомных - 3,6... 8,0. Как видно, по экономичности ветроустановки вполне конкурентоспособны с традиционными станциями. И это без учета влияния загрязняющих веществ в атмосферу.

Солнечная энергия. Сдерживает внедрение в жизнь этого вида нетрадиционной энергетики, прежде всего, большая стоимость солнечных элементов и поиск новых материалов для их изготовления. В этом направлении работают многие фирмы за рубежом и одна из них «Мессершмидт» - Бельков-Блюм (МББ). Фирма использует солнечный материал - аморфный кремний - и строит под Мюнхеном установку по производству аморфного кремния мощностью 1 МгВт. Тонкая пленка из аморфного кремния, нанесенная на стекло, превращает окно в компактную солнечную электростанцию. Дочерняя фирма «АЭГ» концерна «Доймлер-Бенц», опираясь на опыт в астронавтике, организовала производство монокристаллических солнечных элементов с КПД 14... 16 % из мульткристаллического кремния размером 10x10 см². НПО «Гранат» в России разработали фотоэлектрические станции (в стационарном и переносном исполнении). Принцип действия - в прямом преобразовании энергии солнечного излучения в электрическую с помощью фотоэлементов. Назначение таких станций - децентрализованное энергоснабжение маломощных потребителей электроэнергии: бытовых и служебных систем освещения, систем электроподогрева, установок водоподъема и т.д.

Кроме того, новыми разработками являются *солнечные адсорбционные холодильники*. Они используют солнечную энергию для нагрева воды в испарителе, где она вскипает при температуре -3 °С, отбирая тепло из холодильной камеры. Такие станции предназначены для энергоснабжения территорий и других мест. Принцип их действия заключается в фокусировке солнечных лучей на теплоприемники, в которых нагревается воздух газотурбинного контура. Тепловая энергия в турбоэлектрогенераторе преобразуется в электрическую энергию.

Использование солнечной энергии экономически выгодно в районах при достаточном количестве излучения Солнца, где продолжительность солнечного сияния составляет 2200... 3000 ч. Солнечная энергия относится к возобновляемым источникам, образующимся в результате термоядерных реакций в недрах Солнца. Менее 1 % солнечной энергии поглощается хлорофиллом, содержащимся в листьях растений, и используется для фотосинтеза, т. е. для образования органического вещества из углекислого газа и воды. За счет разложения органических веществ удовлетворяются энергетические потребности всех остальных компонентов экосистем. По данным американских исследователей, такого же количества солнечной энергии вполне достаточно для обеспечения всех нужд транспорта, промышленности и нашего быта не только сейчас в начале XXI в., но и в обозримом будущем. Вне зависимости от того, будем мы ее использовать или нет, на энергетическом балансе Земли и состоянии биосферы это никак не отразится. Главное использовать солнечную энергию так, чтобы ее стоимость была минимальна или вообще равнялась нулю.

Энергетические ресурсы Мирового океана. Общая возобновляемая энергия Мирового океана включает в себя энергию различного вида. Выделяется пять основных возобновляемых источников энергии Мирового океана с потенциальными запасами течения – 0,05 ТВт, волнение – 2,7 ТВт, приливы –

0,03 ТВт, температурный градиент – 2,0 ТВт и градиент солености – 2,6 ТВт. 1 ТВт равен 10^{11} Вт, что соответствует суммарной мощности всех электростанций земного шара в настоящее время. В то же время прогресс технической мысли в перспективе позволяет за счет энергии, запасенной в океане, получить не менее 200 млрд тунт/год, т.е. практически решить энергетическую проблему на ближайшее столетие. Однако сделать это не просто. Концентрация энергии водных масс очень низка, и для получения требуемого количества тепла и электричества необходимо строить крупные сооружения, способные перерабатывать огромные объемы воды. Большие технические трудности определяются также неравномерной и случайной по характеру энергоотдачей, обусловленной изменчивостью океанической среды.

Исследования по энергетике океана активно проводятся с начала 1970 годов в США, Японии, Франции, Великобритании, Норвегии и ряде других стран. В настоящее время во многих странах осуществляются научно-технические программы, предусматривающие изучение энергетических ресурсов океана, созданы демонстрационные и промышленные океанические энергетические установки.

Энергия гидротермальных станций. В США и Японии разработаны проекты гидротермальных электростанций (плавающих и береговых) для обеспечения электроэнергией предприятий по добыче сырья со дна океана, обслуживания рыболовецких и торговых судов и т.д. Принцип действия таких электростанций заключается в следующем. Теплая океанская вода направляется в теплообменник, в котором испаряется аммиак. Пары аммиака вращают турбину электрогенератора и поступают затем в следующий теплообменник, где они охлаждаются холодной водой, поданной с больших глубин - до 1000 м.

Вполне реальна перспектива *использования водорода* в качестве топлива. Уже имеются попытки его применения в качестве топлива для автомобильного транспорта. Замена бензина водородом позволила бы снять проблему загрязнения атмосферы отработанными газами автомобильных двигателей. Отработанным веществом двигателя, работающего на водороде, является вода. Водород можно применять и для авиационных двигателей. Однако на пути использования водорода в качестве топлива еще много нерешенных проблем. Применение жидкого водорода затрудняется необходимостью сооружения специальных контейнеров для обеспечения сверхнизких температур и предохранения его от быстрого испарения. Цена водорода намного больше бензина, его производство методом электролиза воды возможно при наличии дешевых источников энергии. Большой расход электроэнергии при электролизе делает применение водорода невыгодным. Вместе с тем при дальнейшем снижении его стоимости при массовом производстве водород в качестве топлива может стать относительно эффективным.

Геоэкологические проблемы промышленности. Разнообразная деятельность промышленности и ее геоэкологические последствия могут быть схематизированы в виде производственно-экологической пирамиды, несколько похожей на экологическую пирамиду. В основании пирамиды 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 получают промежуточную продукцию, например, железо, сталь, прокат различного ассортимента, 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 машиностроения, композитные материалы, продукты биотехнологии и прочие товары так называемой «высокой технологии». На этой стадии объем используемых материалов минимален, главные вложения оказываются в виде личного опыта персонала, передовой технологии и дорогостоящих комплектующих.

Стадия «высокой технологии» есть результат современной научно-технической революции. Часто, 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 одновременно 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 возникают определенные тенденции изменения геоэкологических проблем. Объем извлекаемых ресурсов и перерабатываемого сырья снижается. Объем загрязняющих отходов, сбрасываемых в окружающую среду, сокращается. Однако токсичность сбросов резко увеличивается, так что результирующее загрязнение может и не уменьшиться.

Геоэкологические воздействия промышленности охватывают всю технологическую цепочку, от добычи сырья и первичной обработки через собственно процессы производства, до использования конечного продукта и размещения отходов. Промышленность – весьма важный потребитель природных ресурсов (металлических и неметаллических руд, продуктов сельского хозяйства, энергии различных видов). В результате индустриальных процессов возникает необходимость в запланированных или неожиданных сбросах вредных газов, твердых отходов и разнообразных жидких стоков.

Для борьбы с неблагоприятными геоэкологическими последствиями промышленного производства существует два принципиальных подхода: *управление загрязнением на конечной стадии производства и системная перестройка производственного цикла*. По сути дела, при стратегическом подходе *первого типа* управление загрязнением осуществляется после завершения технологического цикла, в виде как бы дополнения к нему. Этот

подход носит условное название «на конце трубы». Такая технология носит название «малоотходная» или, более того, «безотходная», что неверно.

При стратегическом подходе *второго типа* 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. *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 грузовиков, и пр. *Увеличение степени использования промышленного продукта*. К этим мерам относится организация вторичного рынка таких использованных товаров как автомобили, одежда и обувь, электроника, мебель, книги и многие другие, сбор и переработка утиля (лом цветных и черных металлов, стекло, бумага, использованная упаковка и пр.), при соответствующем сокращении производства новых товаров. *Извлечение полезных продуктов из промышленных отходов*.

Геоэкологические проблемы транспорта. Транспорт - один из важнейших компонентов общественного и экономического развития, поглощающий значительное количество ресурсов и оказывающий серьезное влияние на окружающую среду. Использование практически всех видов транспорта на всех континентах возрастает по: объему перевозимых грузов, количеству тонно-километров, 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 в мире нефти используется для автомобильного транспорта, рост которого значительно опережает рост населения. Увеличение числа автомобилей неразрывно связано с процессами урбанизации. Многочасовые заторы стали обычной картиной на улицах многих городов мира.

Транспорт – очень важный неблагоприятный фактор состояния окружающей сред:

- *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*, значительное количество природных ресурсов расходуется 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 и социального развития (ОЕСО) эмиссия в воздух от автомобилей увеличилась за период 1975-2019 гг. на 20-75%. В развивающихся странах этот показатель выше. От 40 до 70% оксидов азота, от 70 до 90% окиси углерода и не менее 50% свинца в атмосфере вызваны выхлопом автомобилей.

Загрязнители воздуха, непосредственно продуцируемые автомобилями, такие как окись углерода, оксиды азота, углеводороды или свинец, главным образом накапливаются по соседству с источниками загрязнения, т.е. вдоль шоссе, 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. 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 сокращаться. 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.

Геоэкологические проблемы сельского хозяйства. Сельское хозяйство - наиболее широко распространенный антропогенный фактор преобразования окружающей среды, 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 окружающую среду. 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%.

Разнообразие типов сельскохозяйственных систем огромно. Оно зависит как от природных условий, так и особенностей применяемых технологий. Поэтому сельскохозяйственные системы называют так же *агроэкосистемами*. В *простейших системах* земледелия агротехнические операции сводятся, последовательно, к несложной подготовке почвы к посеву, заделыванию зерна во влажную почву, борьбе с сорняками и вредителями, 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 свое 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, флористически богатый растительный покров, часто многоярусный, замещается на единственную для данного сезона или года культуру. 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, одна из проблем геоэкологии заключается в определении того, каким было исходное, доантропогенное

состояние африканской саванны, поскольку она постепенно трансформировалась под влиянием многотысячелетнего и весьма интенсивного выпаса скота. В засушливых районах мира основная геоэкологическая проблема пастбищного скотоводства - постепенное истощение пастбищ, то есть прогрессирующее антропогенное опустынивание вплоть до уничтожения растительного и почвенного покрова. В умеренном поясе преобладающее пастбищно-стойловое животноводство также приносит немало геоэкологических проблем, связанных с загрязнением почвы и воды отходами 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 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. Антропогенное поступление веществ в агроэкосистему оказывается на один-два порядка больше естественного.

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. Геоэкологические проблемы сельского хозяйства относятся к категории универсальных, то есть встречающихся в мире повсеместно. Они - продукт не координированных 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 достижению устойчивого сельского хозяйства. Результаты их действий, сложенные вместе по континентам и миру в целом, имеют глобальное значение.

Не всё в мире в процессе развития устойчивого сельского хозяйства было успешным. Пахотные площади увеличивались, но во многих случаях вследствие ухудшения состояния агроэкосистем снижалась урожайность культур. Значительная часть земель безвозвратно потеряна для сельского

хозяйства в результате водной и ветровой эрозии почв, их засоления и 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. Решающая роль принадлежит сельскому хозяйству в многократном увеличении эрозии почвы.

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.

Тема 6. Глобальные геоэкологические проблемы

Глобальный характер современной кризисной геоэкологической ситуации, его причины и возможные последствия. Современная парадигма экономического роста фактически поощряет деградацию природных ресурсов. Экономика всех стран 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. Из противоречия между постоянно растущим воздействием общества на окружающую среду и ограниченными ресурсами Земли вытекает неизбежность глобального геоэкологического кризиса. Часть специалистов полагают, что человечество найдет пути не допустить кризиса, хотя и согласны, что причины для него объективно существуют.

Можно выделить следующие **основные проблемы**, вызывающие экологическую, социальную и политическую напряженность и снижающие уровень геоэкологической безопасности:

- Усиление антропогенной нагрузки на основные системы географической среды.

- Дальнейшее снижение доступности природных ресурсов и усложнение условий их использования.
- Рост населения развивающихся стран и его потребностей, происходящий на фоне увеличивающейся разницы в уровне жизни развитых и развивающихся стран.
- Опережающий рост населения городов при ухудшающемся состоянии качества жизни людей в них.

Рост численности населения и опережающий его рост потребностей общества поставили перед человечеством общемировые задачи обеспечения: продовольствием необходимой калорийности и состава; водой приемлемого количества и качества; территорией, обеспечивающей многие аспекты деятельности человека; энергией, не вызывающей глобальных геоэкологических кризисов; продуктами индустриальной деятельности, не приводящей к неприемлемому уровню загрязнения окружающей среды.

Эти потребности неуклонно возрастают, переводя окружающую среду из кризисного, но все же устойчивого состояния к неустойчивому, а при дальнейшем развитии неустойчивости - и к глобальной катастрофе. Все эти и подобные потребности удовлетворяются благодаря надежному функционированию географической среды и ее процессов, таких как глобальные биогеохимические циклы; глобальный гидрологический цикл; глобальный энергетический баланс и его географическое распределение; синтез и деструкция органического вещества; системы циркуляции атмосферы и Мирового океана и др. Значительная часть нужд человечества обеспечивается также благодаря добыче и переработке невозобновимых минеральных ресурсов (нефти, угля, руд, металлов и др.).

По отношению к интересам и задачам человечества, в масштабах времени нескольких поколений, ***географическая среда выполняет четыре основные функции:***

- Устойчивое поддержание систем жизнеобеспечения.
- Устойчивое поглощение и переработка продуктов жизнедеятельности человеческого общества.
- Устойчивое воспроизводство возобновимых природных ресурсов (преимущественно биологических).
- Обеспечение невозобновимыми (преимущественно минеральными) природными ресурсами.

Последняя из вышеупомянутых функций целиком вызвана деятельностью человека. Она чужда природе, и ее усиление вызывает рост неустойчивости географической среды. Первые три функции органически присущи географической среде и, в определенных пределах, устойчивы. При увеличении антропогенной и(или) естественной нагрузки, с ее выходом за допустимые пределы, устойчивость каждой из первых трех функций резко уменьшается. Роль человечества в снижении, а затем и разрушении устойчивости каждой из функций, - решающая. С проблемами ограниченности природных ресурсов и загрязнением окружающей среды человечество в принципе может справиться.

Но восстановление антропогенно нарушенных глобальных систем жизнеобеспечения, во многом находится за пределами возможностей человечества.

По всей видимости, эта ситуация сохранится на ближайшую перспективу, даже если правительства стран мира коренным образом изменят систему приоритетов по отношению к географической среде и ее элементам. Отсюда вытекает реальная возможность переступания через порог устойчивости географической среды с возникновением опасности для существования всего человечества. Так возникает проблема выживания человечества, и поэтому сохранение устойчивой географической среды - важнейшая проблема XXI века.

При этом результаты исследований глобальных изменений показывают, что предел устойчивости географической среды, зависящий от все возрастающего антропогенного давления на нее, - не ресурсный, а геоэкологический. В истории эволюции географической среды локальные и частные экологические кризисы возникали неоднократно. В конце XX века человечество впервые столкнулось с глобальным геоэкологическим кризисом антропогенного происхождения. Вопрос выживания человечества может рассматриваться как обеспечение устойчивости системы взаимосвязанных глобальных проблем кризисного характера: геоэкологической; водной; демографической; энергетической; продовольственной; минерально-ресурсной.

Невозможно сказать, какая из вышеперечисленных кризисных проблем наиболее опасна или наиболее приоритетна. Приоритеты человечества в преодолении кризисов изменяются со временем, но сами проблемы не снимаются. Они становятся более комплексными, и проблема выживания все более усложняется. Усложнение и углубление кризисных проблем в конечном итоге может привести к глобальной катастрофе, проявляющейся не только и не столько в ухудшении общемирового состояния окружающей среды, но и в распаде ранее устойчивых политических, экономических и социальных систем, ухудшении здоровья людей, межнациональных конфликтах, голоде, военных столкновениях и пр.

По-видимому, не все кризисные проблемы подойдут к порогу возможной глобальной катастрофы одновременно. Они, скорее всего, достигнут своего пика в различное время, но какая из них вызовет катастрофу, сказать заранее невозможно. Чтобы избежать катастрофы, необходимо разработать и осуществлять стратегии разрешения кризисных проблем на переходный период, от текущего состояния, близкого к неустойчивости, к устойчивости.

Основные глобальные геоэкологические проблемы человечества. Проблема деградации систем жизнеобеспечения географической среды (геоэкологический кризис). Она вызвана увеличением антропогенного давления на природные и природно-общественные системы. В результате возникают такие вопросы как ограниченность природных ресурсов, дефицит пространства, загрязнение окружающей среды, антропогенная деградация систем жизнеобеспечения (снижение естественной биологической продуктивности, нарушение глобальных биогеохимических циклов, трансформация и деградация естественных ландшафтов, изменение

естественного климата, деградация озонового слоя, ухудшение состояние почв и пр.).

Основная стратегия на переходный период - сохранение эффективного функционирования систем жизнеобеспечения на основе понимания того, что предотвращение деградации систем существенно проще и экономичнее, чем их восстановление. Для выполнения этой сложной задачи необходимо сотрудничество всех государств мира. Именно в этой области накоплен наибольший опыт разработки и выполнения международных конвенций по защите или восстановлению глобальных систем жизнеобеспечения.

К этой категории относятся соглашения ООН, такие как Конвенция по изменению климата, Конвенция по защите озонового слоя, Конвенция по борьбе с опустыниванием, Конвенция по охране биологического разнообразия и др. Не все конвенции пока эффективно осуществляются, но само согласие правительств сотрудничать в этой области уже является важным фактором политической жизни. Другие глобальные проблемы кризисного характера теснейшим образом связаны с геоэкологической проблемой.

Проблема дефицита водных ресурсов и ухудшения их качества (водная проблема) заключается в том, что во многих районах мира имеющиеся водные ресурсы приемлемого качества не обеспечивают потребность в них, что вызывает серьезные социальные, экономические и политические трудности. По мере роста населения и его потребностей дефицит водных ресурсов будет усугубляться и становиться все более серьезным препятствием в обеспечении устойчивости.

Стратегия на переходный период заключается в более тщательной разработке динамического равновесия между водными ресурсами и их потреблением в рамках долгосрочной системы управления устойчивым развитием региона. Кроме того, многие водные объекты относятся к нескольким государствам. Региональное международное сотрудничество, основанное на совместном управлении разделяемыми реками, озерами и морями, важнейший инструмент устойчивости и мира.

Демографическая проблема связана с чрезвычайно быстрым и неравномерным ростом населения Земли со второй половины XX в., еще большем увеличении его потребностей, так что объем природных ресурсов, приходящихся на душу населения, сокращается. Это определяет неустойчивость социально-экономического и геоэкологического развития стран и регионов. Стратегия на переходный период должна заключаться в постепенном замедлении роста численности населения, а затем, возможно, и в ее сокращении. Одновременно должно снижаться потребление ресурсов и услуг.

Сегодня население растёт очень быстро, ежесекундно увеличиваясь в среднем на три человека (на 89 млн чел. в год). По прогнозу ООН численность населения планеты к 2030 г. будет равна 8,5 млрд чел., к 2050 – 9,8, к 2100 – 11,2 млрд чел. Однако рост населения планеты рассматривается как один из факторов, не только препятствующих удовлетворению насущных потребностей людей, но и угрожающих самому выживанию земной цивилизации. С ростом

потребления природных ресурсов, технической и энергетической оснащённости, увеличением размеров отходов в результате жизнедеятельности людей и их производственной деятельности масштабы антропогенного воздействия на географическую оболочку будут нарастать.

Демографическая ситуация в экономически развитых и развивающихся странах различна. Существует такое понятие, как «демографически разделённый мир». Темпы роста населения существенно различаются по регионам и группам стран. В целом по миру они варьируют от 3,9 % в год в некоторых странах Африки к югу от Сахары (Нигер, Мали, Уганда, Замбия и др.) до минусовых значений с уменьшением абсолютной численности населения в странах Восточной и Западной Европы.

Для решения проблем, связанных с ростом или убылью населения, проводится *демографическая политика* - система специальных мер, предпринимаемых для увеличения или снижения темпов роста населения. Контроль над рождаемостью стал впервые осуществляться ещё в XVIII в. во Франции, где в связи с угрожающим снижением темпов рождаемости предпринимались попытки её стимулирования. Сегодня большинство государств мира проводит демографическую политику, направление которой зависит прежде всего от демографической ситуации в той или иной стране.

В странах мира, где наблюдается высокий естественный прирост, демографическая политика направлена на его снижение, а в странах с низкой рождаемостью - на её стимулирование. В экономически развитых странах демографическая политика направлена на повышение рождаемости, а в развивающихся - на её снижение. Для регулирования рождаемости используются различные экономические, административно-правовые и пропагандистские меры. К числу экономических мер, направленных на стимулирование рождаемости, относят оплачиваемые отпуска и разные виды помощи при рождении детей; займы; кредиты; налоговые и жилищные льготы многодетным семьям. На снижение рождаемости направлены мероприятия, создающие преимущества для малодетных семей. Административно-правовые меры включают законодательные акты, регулирующие возраст вступления в брак, разводимость, имущественное состояние матери и детей в случае распада семьи. Пропагандистские меры направлены на формирование общественного мнения, норм и стандартов демографического поведения, на половое воспитание и образование молодёжи.

В Европе политику поощрения рождаемости наиболее активно проводят Франция и Швеция. В Германии принята сложная система поощряющих деторождение мероприятий, включающая выплату пособий и жилищные льготы. Ограничивающая рождаемость демографическая политика проводится в развивающихся странах Азии, имеющих наибольшую численность населения: Китае, Индии, Пакистане, Индонезии. Вопросы демографической политики сейчас являются важнейшими для развития всего мира, но различный подход к ней разных государств делает невозможной стабилизацию темпов роста численности населения планеты в ближайшем будущем.

Энергетическая проблема заключается в необходимости обеспечения человечества достаточным количеством энергии в настоящее время и на перспективу при условии сохранения благоприятного состояния географической среды с точки зрения климата, биогеохимических циклов и пр. Она решается посредством перехода от современной энергетики, основанной преимущественно на сжигании органического топлива, к использованию солнечной энергии в различных ее формах.

Потребление энергии является обязательным условием существования человечества. Наличие доступной для потребления энергии всегда было необходимо для удовлетворения потребностей человека, увеличения продолжительности и улучшения условий его жизни. В современном мировом хозяйстве энергетика как отрасль является основой развития всего хозяйства. Технологии химической промышленности и машиностроения (отраслей, определяющих научно-технический прогресс) не осуществимы без использования энергии.

История цивилизации — это история изобретения новых методов преобразования энергии, освоения её новых источников и в конечном итоге увеличения энергопотребления. Первые изменения в росте энергопотребления произошли, когда человек научился добывать огонь и использовать его для приготовления пищи и обогрева своих жилищ. Источниками энергии в этот период служили дрова и мускульная сила человека. Следующий важный этап связан с изобретением колеса, созданием разнообразных орудий труда, развитием кузнечного производства. К XV в. средневековый человек, используя рабочий скот, энергию воды и ветра, дрова и небольшое количество угля, уже потреблял энергии приблизительно в 10 раз больше, чем первобытный человек. Особенно заметное увеличение мирового потребления энергии произошло за последние 200 лет, прошедшие с начала индустриальной эпохи. Оно возросло в 30 раз.

Современная глобальная энергетическая проблема проявилась в 1970-х годах, когда разразился энергетический кризис, выразившийся в резком повышении мировых цен на нефть (в 14,5 раза за период 1972–1981-х годов), что создало серьёзные трудности для мировой экономики. Хотя многие затруднения того времени были преодолены, глобальная проблема обеспечения топливом и энергией актуальна и в наши дни. Главной причиной возникновения глобальной энергетической проблемы следует считать быстрый рост потребления минерального топлива в XX в. Он был обусловлен развитием машинного производства на основе использования огромных нефтегазовых месторождений в Юго-Западной Азии, Западной Сибири, на Аляске, на шельфе Северного моря.

Резкое увеличение объёмов добычи минерального топлива к началу 1970-х годов вызвало развитие энергоёмких производств и технологий (таких, как производство полимерных материалов). Наибольший объём потребления энергии в современном мире приходится на жилищную и транспортную сферы. Например, во Франции структура энергопотребления, следующая: 42 %, приходится на сферу обслуживания и жильё, 32 – на транспорт, 24 – на

промышленность и 2 % – на сельское хозяйство. Дальнейший рост численности населения, развитие процесса урбанизации, социально-экономическое развитие стран мира и увеличение автомобилизации приведут к расширению объёмов потребления энергетических ресурсов.

Обеспеченность мирового хозяйства топливно-энергетическими ресурсами. Топливо-энергетические ресурсы – это все доступные для промышленного и бытового использования источники разнообразных видов энергии: механической, тепловой, химической, электрической, ядерной. Ежегодный мировой спрос на энергетическое сырьё превышает 15 млрд т условного топлива и распределяется следующим образом: 35 % приходится на нефть, 25 – на уголь, 21 – на природный газ, 13 – на возобновляемые виды и 6 % – на атомную энергию. Основная масса энергии, используемой в мировом хозяйстве, производится из невозобновляемых источников.

За один год в мире сжигается и перерабатывается количество нефти, на образование которого в процессе эволюции планеты требовалось до 3 млн лет. Более 50 % потребления топливно-энергетических ресурсов приходится на социально- и экономически развитые страны, но их доля снижается за счёт стремительного увеличения энергопотребления в Азии (в частности, в Китае и Индии). Международное энергетическое агентство (МЭА) прогнозирует увеличение спроса на энергоресурсы более чем на 50 % в период до 2030 г. и более чем вдвое – к 2050 г. Предполагается, что запасы нефти истощатся в 2070-2090-е годы, газа – в 2100 г., угля – в 2250 г., торфа – в 2200 г. и урана – в 2500 г. Это значит, что в обозримом будущем ключевые невозобновляемые энергетические ресурсы окажутся истощены и такого исхода не удастся избежать даже при значительном повышении мировых цен на них.

Энергетическая безопасность и основные пути решения глобальной энергетической проблемы. Экстенсивный путь решения энергетической проблемы предполагает дальнейшее увеличение добычи энергоносителей и абсолютный рост энергопотребления. Этот путь остаётся актуальным для современной мировой экономики. Под влиянием энергетического кризиса активизировались крупномасштабные геологоразведочные работы, приведшие к открытию и освоению новых месторождений энергоресурсов.

В ближайшие десятилетия предполагается развёртывание нефте- и газодобычи в регионах Арктики и Антарктики. В результате преобладавшие в 1970-1980-х годах пессимистические прогнозы обеспеченности потребностей мировой экономики в энергоносителях стали сменяться оптимистическими взглядами. Вместе с тем ряд стран сталкивается с достижением предела добычи топливно-энергетического сырья (Китай) либо с перспективой сокращения этого производства (Великобритания). Наблюдается и рост цен на нефть по причине увеличения экономических затрат на добычу нефти и удорожание технологических процессов её переработки. Такие крупные страны-нефтедобытчики, как США, Китай, Индонезия, Мексика, Норвегия и Великобритания, уже в ближайшие 10-20 лет будут вынуждены перейти преимущественно к импорту этого вида сырья. Такое развитие событий

побуждает к поискам способов более рационального использования энергоресурсов.

Энергетическая безопасность для многих стран является главной составляющей их социально-экономического развития. *Энергетическая безопасность* - обеспечение гарантированного бесперебойного доступа к энергетическим ресурсам. На этой основе получает импульс интенсивный путь решения энергетической проблемы, который предусматривает снижение объёмов использования энергии на единицу производимой продукции.

Под воздействием энергетического кризиса развитые страны в 1970-1980-х годах провели масштабную структурную перестройку экономики в направлении снижения доли энергоёмких производств. Энергоёмкие производства сворачивались и переводились в развивающиеся страны. Структурная перестройка в направлении энергосбережения принесла до 20 % экономии топливно-энергетических ресурсов развитых стран. За последнюю четверть XX в. Энергоёмкость хозяйства США снизилась вдвое, а Германии – в 2,5 раза.

В то же время многие государства с формирующимися рынками (Россия, Украина, Китай, Индия) продолжают развивать энергоёмкие производства (чёрная и цветная металлургия, химическая промышленность и др.), а также использовать устаревшие технологии. Более того, в этих странах следует ожидать роста энергопотребления как в связи с повышением жизненного уровня и изменением образа жизни населения, так и с нехваткой у многих из этих стран средств на снижение энергоёмкости хозяйства. Поэтому в современных условиях именно в странах с формирующимися рынками происходит рост потребления энергетических ресурсов, тогда как в развитых странах потребление сохраняется на относительно стабильном уровне.

Проблемы использования альтернативных и возобновляемых источников энергии. Возможное использование указанных источников энергии имеет как положительное, так и отрицательное значение. К *положительным* качествам относятся повсеместная распространённость большинства их видов, экологическая чистота. *Отрицательные* качества – это малая удельная мощность и изменчивость во времени используемого альтернативного источника энергии. Первое обстоятельство заставляет создавать большие площади энергоустановок, «перехватывающих» поток используемой энергии (приёмные поверхности солнечных установок, площадь ветроколеса, протяжённые плотины приливных электростанций и т. п.). Это приводит к большой материалоемкости подобных устройств. Больше неприятностей доставляет изменчивость во времени таких источников энергии, как солнечное излучение, ветер, приливы, сток малых рек, тепло окружающей среды. Если, например, изменение энергии приливов строго циклично, то процесс поступления солнечной энергии, хотя в целом и закономерен, содержит тем не менее значительный элемент случайности, связанный с погодными условиями. Ещё более изменчива и непредсказуема энергия ветра. Стабильное производство энергии могут обеспечить установки, использующие биомассу, если они снабжаются требуемым количеством этого «энергетического сырья».

Альтернативные источники энергии удобны для локального энергоснабжения небольших удалённых объектов и могут широко использоваться в автономных энергосистемах малозаселённых регионов планеты.

На современном этапе и ещё на долгие годы вперёд решение глобальной энергетической проблемы будет зависеть от степени снижения энергоёмкости экономики. Глобальная энергетическая проблема – это проблема надёжного обеспечения человечества топливом и энергией. Для её решения необходимы наиболее полное извлечение из недр Земли топливно-энергетических полезных ископаемых, повышение эффективности их использования, внедрение ресурсосберегающих технологий, вторичное использование энергетического сырья и переход к альтернативной энергетике.

В настоящее время, из источников энергии океана, практически используется в большой энергетике лишь *энергия приливов*. Принцип получения в этом случае довольно прост. Дамбой отгораживают вдающийся в сушу морской залив, где наблюдаются высокие приливы. В дамбе оставляют проход и устанавливают в нем турбину. Во время прилива вода проходит через проход в залив, а во время отлива – из залива. В обоих случаях она вращает турбину и вырабатывается электроэнергия. При благоприятном очертании берегов и большой высоте прилива такая электростанция обладает экономической эффективностью, сравнимой с обычными речными ГЭС.

Идея *преобразования тепла океана в электрическую энергию* принадлежит современнику Жюль Верна физику д'Арсонвалю, опубликовавшему в 1881 году статью о возможности использования для этой цели установок двух типов – замкнутого цикла с промежуточным рабочим телом и открытого цикла, работающего непосредственно на морской воде.

В ОТЭС, работающих по замкнутому циклу Ренкина, теплые поверхностные воды прокачиваются насосом через теплообменник испарителя, превращая в пар рабочее тело с низкой температурой кипения (аммиак, фреон, пропан). Пар повышенного давления проходит через турбину в холодильник, где конденсируется при контакте с поверхностью другого теплообменника, охлаждаемой путем прокачки холодной воды, которая поднимается по трубам с помощью насоса с глубины 700-900 м. При разности температуры воды в 24 °С, характерной для тропических широт океана, около 80 % вырабатываемой электроэнергии расходуется на работу насосов и вспомогательного оборудования. Таким образом, эффективность ОТЭС с учетом собственных нужд в тропиках составляет не более 25 %. При разности температуры воды в 20°С теоретически КПД ОТЭС замкнутого цикла не превышает 7 %.

В ОТЭС, работающих по открытому циклу Клода, теплая морская вода подается в испаритель через деаэратор, освобождающей ее от растворенных в ней газов, а затем доводится до кипения снижением давления до 0,03 кГс/см². Образующийся при этом пар вращает турбину и затем конденсируется, контактируя с теплообменником, охлажденным водой, подаваемой насосами из глубин океана.

В настоящее время предпочтение отдается ОТЭС открытого типа. Стоимость электроэнергии ОТЭС 6-8 центов/кВт ч. что соизмеримо с 2-3

центами/кВт-ч стоимости для ТЭС (угольных) и значительно дешевле стоимости электроэнергии солнечных установок (2 дол/кВт-ч). Первую опытную ОТЭС мощность 22 кВт сконструировал ученик д'Арнсона французский инженер Ж. Клод и в 1928 году испытал ее на северном побережье Кубы. Сейчас ОТЭС работают в Японии, США, Франции, Великобритании и других странах. Ведутся интенсивные научные исследования в этой области.

Первый в мире патент на устройство, использующее *энергию волн*, был выдан французом - отцу и сыну Жирарам в 1799 году. Одна из первых, практически действующих волновых установок, предназначенных для подачи воды в водонапорную башню, начала работать в 1889 году на побережье недалеко от Нью-Йорка. Сложность реализации многочисленных проектов преобразования энергии волн определяется низкой концентрацией энергии, непостоянством ее в пространстве и времени, широким спектром колебаний, агрессивностью океанической среды и значительными трудностями и передаче энергии на берег.

Все волновые установки условно делятся на два контура: *первичный*, обеспечивающий непосредственное извлечение и передачу энергии волны рабочему органу, и *вторичный*, преобразующий извлеченную энергию к виду, удобному для потребителя. В *первичном контуре* используются различные физические волновые эффекты, такие, как изменение уровня воды относительно стационарно помещенного тела, периодическое изменение наклона волновой поверхности, гидродинамическое давление жидкости на преобразователь, переменное гидростатическое давление, действующее на установку. В качестве рабочего органа используется элемент конструкции установки, газ или жидкость, в том числе воздух или морская вода. *Вторичный контур* может состоять из нескольких ступеней, в которых, на определенных этапах, передача энергии выполняется механическим, гидравлическим или пневматическим способом. Преобразователями энергии могут служить воздушные в гидравлические турбины, гидромоторы, пьезоэлектрические генераторы, индукционные электрические машины и электрогенераторы.

В настоящее время в США, Японии, Швеции, Китае и многих странах осуществляются крупные научно-технические программы связанные с проблемой извлечения энергии из морских волн.

Значительной плотностью концентрации энергии в океане, наряду с амплитудой температуры, отличаются источники энергии, связанные с *градиентами солености* морской воды. Известны следующие способы преобразования энергии градиента солености. Осмотический, при котором используется осмотический поток воды через полупроницаемую мембрану, разделяющую растворы разной концентрации. Обратного электролиза, когда используется направленная диффузия ионов через катионообменную и анионообменную мембраны к электродам. Адиабатного расширения пара, когда разность давлений водяного пара над растворами разных концентраций срабатывает в вакуумной паровой турбине. Электрохимический, при котором электрический ток возникает между обратимыми электродами, помещенными в морскую и пресную воду, потоки, которых разделены пористой перегородкой.

Механико-химический, когда используется циклическое сжатие - расширение некоторых полимеров при соприкосновении с растворами разной концентрации. Замораживания, когда используется увеличение объема или давления при замораживании пресной воды путем использования более холодной морской воды.

Предполагаемая стоимость электроэнергии, которую можно получить при использовании градиента солености морской воды около 3-4 центов/кВт-ч. С 1979 года в США, Швеции, Японии, Израиле и других странах ведутся научные разработки программ и проектов в этой области, созданы опытно-промышленные установки по использованию энергии градиента солености морской воды.

В настоящее время существуют многочисленные проекты использования энергии *морских течений* для большой и малой энергетики. Большинство из них основано на использовании лопастных рабочих колес с вертикальной или горизонтальной осью вращения, погруженных в поток воды. При этом широко реализуются идеи ветроэнергетики – турбина Дарье, ротор Савоннуса, а также горизонтальные гидротурбины и другие типы водяных двигателей.

В решении мировых энергетических проблем все больше внимания уделяется использованию *водорода*, как вероятной замене жидкого топлива и природного газа. В Японии разработаны установки по производству водорода из морской воды. Практически неисчерпаемым источником энергии является *термоядерный синтез с применением дейтерия* - тяжелого водорода. В океане содержится около $2,5 \cdot 10^{13}$ тонн дейтерия. Количество тяжелого водорода, которое содержится в 1 литре воды, может дать столько энергии, сколько 120 литров бензина. Развитие термоядерной энергетики позволит значительно увеличить использование энергоресурсов Мирового океана.

Еще одно очень интересное направление – *океаническая биоэнергетика*, позволяющая «выращивать» топливо в океане. Огромное количество солнечной энергии накапливают бурые водоросли, которые в естественных условиях вырастают на 60 сантиметров в день, достигая длины до 60 метров. В последнее десятилетие их зеленая масса стала потенциальным источником получения метана - заменителя природного газа.

Продовольственная проблема – это задача обеспечения растущего населения Земли жизненно важными продуктами питания в соответствии с физиологическими нормами, при сохранении почвы как ресурсной базы сельского хозяйства, а также и соблюдении устойчивого состояния географической среды. **Физиологические нормы питания** - это научно обоснованные нормы питания, полностью покрывающие потребности организма человека в энергии и обеспечивающие его всеми необходимыми пищевыми веществами в достаточных количествах и в оптимальных (сбалансированных) соотношениях. Обеспечение пищей - основная жизненная потребность человека. Проблема продовольствия существует с момента появления человека поэтому её можно по праву считать самой древней глобальной проблемой. Существуют различные формы проявления

продовольственной проблемы. Это недоедание, неполноценное питание, голод, переизбыток.

Продовольственная проблема многоплановая. Она одновременно и природная, и социально-экономическая. Неудивительно, что в научный и практический обиход уже вошло понятие «продовольственная безопасность». **Продовольственная безопасность** – ситуация, при которой все жители страны, региона, планеты в каждый момент времени имеют физический и экономический доступ к достаточной в количественном отношении безопасной пище, необходимой для ведения активного и здорового образа жизни. Продовольственная проблема связана с опережающим ростом населения по сравнению с увеличением производства продуктов питания. Это неумолимо ведёт к росту числа голодающих, недоедающих и неполноценно питающихся (особенно в Африке). Продовольственная проблема включает и такие аспекты, как увеличение антропогенной нагрузки на сельскохозяйственные земли и быстрое исчерпание агроресурсного потенциала стран и регионов. Неразрешённость проблемы приводит к ухудшению психофизического состояния населения и увеличению конфликтности в странах и регионах мира.

По оценкам медиков, примерная норма питания для одного человека должна составлять 2400-2500 ккал в день. Разумеется, этот показатель может несколько варьировать в зависимости от пола, возраста, вида труда, природно-климатических условий и некоторых других факторов. Отчётливо выраженное недоедание наступает тогда, когда норма питания опускается ниже 1800 ккал в сутки, а явственный голод - когда она проходит «критическую отметку» в 1000 ккал в день. Питание, при котором недостаёт не только калорий, но и белков (в первую очередь животного происхождения), а также жиров, витаминов, микроэлементов, называют скрытым (хроническим) голодом. На планете сейчас голодает 842 млн чел., т. е. каждый 9-й житель Земли, а более 1 млрд чел. недоедают; 60 % голодающих живут в Азии, 30 - в Африке, 10 % - в Америке.

Факторы и причины обострения продовольственной проблемы в мире. На протяжении XX в. количественные показатели питания в мире заметно улучшились. Ещё в 1930-х годах среднее потребление на одного человека составляло 2100 ккал в сутки, к началу 1960-х годов оно возросло до 2300, к началу 1970-х годов - до 2450 и к началу 1990-х годов - до 2700 ккал в сутки. По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (ФАО), к 2019 г. среднее потребление на одного человека составило 2857 ккал в сутки. Это превышает биологические потребности среднестатистического жителя Земли более чем на 300 ккал.

Конечно, такой рост был не случайным. За ним кроется прежде всего заметное увеличение мирового производства зерна. Оно произошло под влиянием «зелёной революции» в развивающихся и начавшейся биотехнологической революции в развитых странах, а также по причине расширения орошаемых площадей, улучшения селекции и агротехники и др. Однако всё это отнюдь не означает, что глобальная продовольственная

проблема на сегодняшний день решена. В 1990-е годы произошло довольно резкое замедление роста мирового производства зерна. Зерновые культуры и сейчас остаются главным продуктом питания в развивающихся странах, однако их производство с 2000 по 2019 г. выросло лишь на 6,5 %, в то время как население увеличилось более чем на 10 %. Причины этого явления прежде всего в сокращении пахотных угодий (в частности, из-за опустынивания).

Особой проблемой является деградация (ухудшение) земли. Это не только истощение почв, их эрозия, но и загрязнение различными химическими соединениями, которые поступают в почву при внесении удобрений. По данным ООН, площадь пахотных земель только в странах «третьего мира» на начало XXI в. сократилась на 17,7 %, а их потенциальная производительность - на 28,9 %. Особенно чувствительными являются потери сельскохозяйственных угодий в системе орошаемого земледелия, на которое приходится примерно треть производства продовольствия. Общая площадь поливных земель мира составляет 250 млн га, но половина из них засоленная и заболоченная. В результате ежегодно выводится из оборота около 10 млн га.

Миллиард людей на Земле не обладает денежными средствами, достаточными для приобретения продовольствия, обеспечивающего нормальную работоспособность. Доля расходов на продовольствие в семейных бюджетах жителей экономически развитых странах не превышает 12 %, в то время как у жителей наименее развитых и развивающихся стран – 45-80 %.

Продовольственное обеспечение населения стран мира. Для экономически развитых стран явление голода и недоедания в целом уже не характерно. Эти страны ныне производят и потребляют более 3/4 мирового продовольствия, хотя в них проживает менее 15 % населения Земли. В большинстве этих стран средняя калорийность питания превышает 3000 ккал в сутки, а в некоторых - и 3500 ккал в сутки.

В последнее время особое внимание обращается на то, что в мире всё больше людей переедают и имеют лишнюю массу тела. В результате повышается их восприимчивость к болезням, понижается работоспособность и сокращается продолжительность жизни. Общее число переедающих оценивается в 600 млн чел., в том числе только в США в эту категорию попадают 100 млн чел., или более половины всех жителей страны в возрасте от 20 лет и старше. Та же проблема встала перед Великобританией и некоторыми другими европейскими странами.

Ситуация голода и недоедания характерна для развивающихся стран. Несмотря на то, что средняя калорийность питания в этой группе государств выросла с 2000 ккал в сутки в конце 1960-х годов до 2500 ккал в сутки в начале 1990-х годов, она всё ещё едва дотягивает до необходимой медицинской нормы. На Земле существует обширный пояс голода и недоедания, протягивающийся по обе стороны экватора. Этот пояс начинается в Южной Америке, охватывает большую часть Африки, а затем продолжается в Азии. Эпицентр данного пояса находится в тропической и экваториальной Африке, беднейшем регионе мира.

Пути решения продовольственной проблемы. Со времени возникновения глобальной продовольственной проблемы ведутся дискуссии о путях её решения. Наиболее надёжным путём решения глобальной продовольственной проблемы станет рост производства продуктов питания в самих голодающих странах - Азии, Африке и Латинской Америке. Несмотря на некоторые разночтения, в самом общем плане можно говорить о двух главных направлениях достижения этой цели - экстенсивном и интенсивном.

Экстенсивный путь заключается в дальнейшем расширении пахотных, пастбищных и рыбопромысловых угодий. Вспомним, что обрабатываемые земли (пашня, сады и плантации) в наши дни занимают 1450 млн га, или всего 11 % территории обитаемой суши. Соответствующие показатели для лугов и пастбищ - 3400 млн га и 26 %. Невольно напрашивается мысль о том, что люди использовали ещё не все возможные резервы расширения полеводческих и животноводческих культурных ландшафтов. По подсчётам учёных, возможно увеличение пахотных угодий на 1,5 млрд га. Однако основные перспективы решения глобальной продовольственной проблемы должны быть связаны не столько с экстенсивным, сколько с интенсивным путём увеличения производства продуктов питания.

Интенсификация сельского хозяйства заключается в механизации, химизации, искусственном орошении, использовании более урожайных и устойчивых к болезням сортов сельскохозяйственных культур, наиболее продуктивных пород скота. Эти меры позволяют увеличить отдачу земледелия и животноводства даже при уменьшении сельскохозяйственных площадей. Мировой опыт последних десятилетий подтверждает тот факт, что интенсивный путь преобразований в сельском хозяйстве стал главным. Однако при оценке возможностей интенсивного пути развития сельского хозяйства нужно иметь в виду и то, что потенциал некоторых традиционных путей интенсификации уже в значительной мере исчерпан.

Минерально-ресурсная проблема связана с истощением минерально-сырьевых ресурсов обусловленным их возрастающим потреблением человеческим обществом. Скорость образования полезных ископаемых значительно меньше скорости их добычи, и потому неизбежны частичные кризисы, связанные с дефицитом того или иного ископаемого, возрастающей стоимостью их добычи и ухудшением состояния окружающей среды вследствие горнорудной деятельности.

Стратегия на переходный период заключается в экономии сырья и сохранении устойчивого состояния географической среды, а в более далекой перспективе - в неизбежном переходе к возобновимым заменителям.

Минеральные ресурсы Земли на протяжении многих тысячелетий остаются главным источником для получения разнообразных материалов, обеспечивающих существование и развитие общества. Строительный камень, руды металлов, уголь, а позднее нефть, природный газ, уран и другие виды природных минеральных богатств продолжают играть исключительно важную роль и в настоящее время. Минеральное сырьё представляет собой исходный материал любого производственного процесса, его материальную основу.

Минеральные ресурсы стали использоваться человеком ещё на заре цивилизации, что отразилось в названии некоторых эпох (пример - каменный или бронзовый век).

В современной промышленности задействовано более 250 разновидностей полезных ископаемых. Добывающая промышленность занимает значительное место в мировом производстве - 4,7 % валового мирового продукта. На её долю приходится 14,7 % промышленной продукции мира. Человечество постоянно увеличивает темпы использования минерального сырья. Ресурсы полезных ископаемых возобновимы в процессе эволюции литосферы, однако время их возобновления, измеряемое сотнями тысяч и миллионами лет, несопоставимо со временем разработки месторождений и скоростью расходования минеральных богатств. Интенсивная разработка месторождений приведёт к прогрессирующему истощению земных недр.

Минерально-сырьевые ресурсы и их классификация. Минеральные ресурсы — это совокупность всех полезных ископаемых, обнаруженных в недрах планеты, доступных и пригодных для использования в промышленных целях. К данной категории относятся не только полезные ископаемые суши, но и те, которые обнаружены на дне океанов. Существует множество подходов к классификации минеральных ресурсов. С экологической точки зрения минеральные ресурсы принято относить к исчерпаемым и невозобновляемым. Наиболее часто используются классификации по сферам использования ресурсов. С этой точки зрения обычно выделяют следующие группы:

- *Топливо-энергетические ресурсы.* В первую очередь это нефть и природный газ, а также уголь, горючие сланцы. Урановые руды стали полезным ископаемым промышленного значения лишь в конце XX в. Сейчас они тоже принадлежат к данной категории. Исторически к этой группе относится и торф, хотя в настоящее время важного промышленного значения он не имеет.
- *Руды.* Чёрных металлов (в первую очередь это железо, а также ванадий, марганец и хром); цветных и легирующих металлов (руда алюминия (бокситы, алуниты, нефелин-апатиты и пр.), медные, никелевые, свинцово-цинковые, вольфрамовые, молибденовые руды и пр.); благородных металлов (золотоносные, серебряные, платиновые).
- *Драгоценные и полудрагоценные минералы* (алмаз, корунд и его разновидности, изумруд, яшма, разновидности кварца и многие другие).
- *Горно-химические минеральные ресурсы.* К этой группе относят каменную, калийную и магнезиальную соли, фосфориты и апатиты, серу и её соединения, барит, флюорит, борные руды и другие полезные ископаемые, являющиеся сырьём для химической промышленности.
- *Промышленное сырьё нерудного происхождения* (кварц, графит, асбест, слюда, тальк и др.).
- *Строительные материалы* (мрамор, глина, шиферные сланцы, гранит, габбро-диабаз, известняк, стекольное и цементное сырьё и др.).

- *Гидроминеральные ресурсы* (подземные воды как пресные, так и минерализованные, в том числе термальные и используемые в бальнеологии).

Данная классификация весьма условна, поскольку нередко разные отрасли могут использовать одно и то же сырьё. Например, апатиты или известняки могут применяться как в металлургии, так и в химической промышленности, а известняк - ещё и в строительстве.

Ресурсообеспеченность мирового хозяйства по основным видам минеральных ресурсов. Показатель ресурсообеспеченности – это соотношение между величиной запасов и масштабами их использования. Причём обеспеченность минеральными ресурсами выражается количеством лет, на которые хватит разведанных запасов при их современном уровне добычи; а обеспеченность лесными, земельными, водными ресурсами определяется их запасами в расчёте на душу населения.

Важнейшими металлическими ресурсами планеты являются железные руды. Они служат основным сырьём для производства чугуна и стали. Прогнозные мировые запасы железной руды оцениваются в 600–800 млрд т, а разведанные - в 260 млрд т, содержание железа в руде в среднем составляет 40 %. Обеспеченность мирового хозяйства железной рудой при современном уровне её добычи (0,9-1,0 млрд т в год) составляет 250 лет.

В производстве чёрных металлов большое значение имеют легирующие металлы (марганец, хром, никель, кобальт, вольфрам, молибден), применяемые при выплавке стали как специальные добавки для повышения качества металла. По запасам марганцевых руд выделяются ЮАР, Габон, Бразилия; никелевых руд – Новая Каледония (острова в Меланезии, юго-западная часть Тихого океана, зависимая территория Франции), Канада, Индонезия; хромитов – ЮАР, Зимбабве; кобальта - Заир, Новая Каледония, Австралия; вольфрама и молибдена – США, Канада, Южная Корея.

Цветные металлы также находят широкое применение в современных отраслях индустрии. Сырьевую базу алюминиевой промышленности составляют бокситы, нефелины, алуниты, сиениты. Главный вид сырья – бокситы. Их прогнозные запасы оцениваются в 50 млрд т, разведанные - в 20 млрд т. Обеспеченность мирового хозяйства бокситами при современном уровне их добычи (80 млн т) составляет 250 лет.

Мировой потенциал сырья для получения других цветных металлов (медных, полиметаллических, оловянных) более ограничен по сравнению с сырьевой базой алюминиевой промышленности. Общие геологические запасы медных руд мира составляют 860 млн т, из которых 450 млн т - разведанные. Обеспеченность мирового хозяйства разведанными запасами медных руд при нынешнем объёме их годовой добычи (8 млн т) составляет примерно 56 лет. Основным видом сырья для выплавки свинца и цинка являются полиметаллические руды, содержащие, кроме того, очень часто медь, золото, серебро, селен, теллур, серу и другие вещества. Общие запасы свинца и цинка (в пересчёте на металл) соответственно составляют 200 и 300 млн т, а разведанные – 100 и 250 млн т. Разведанных запасов свинца и цинка должно

хватить соответственно на 40 и 55 лет. Общие запасы олова – 8,3 млн т, разведанные – 3,8 млн т. Большая часть мировых запасов олова находится в таких странах, как Индия, Малайзия, Боливия.

К важнейшим видам горно-химического сырья относят калийную соль. Общие мировые запасы калийных солей оцениваются в 80 млрд т, разведанные - в 20 млрд т. Крупнейшие месторождения калийных солей находятся в Канаде (Саскачеванский бассейн), России (месторождения Соликамск и Березняки в Пермской области), Беларуси (Старобинское). При нынешней годовой добыче калийных солей в мире - около 300 млн т - их разведанных запасов хватит примерно на 67 лет.

География обеспеченности запасами полезных ископаемых. Проблема истощения земных недр усугубляется крайней неравномерностью распределения месторождений, что не способствует стабильности мирохозяйственных связей. Фактически ни одна страна на планете не располагает запасами всех нужных видов минерального сырья и не может обойтись без его импорта.

Некоторые страны (Россия, США, Канада, Китай, ЮАР, Австралия, Бразилия, Казахстан) располагают большими запасами по многим видам минерального сырья. Например, США полностью обеспечивают свои потребности по 22 видам минерального сырья (не считая строительных каменных материалов), в то время как по многим видам стратегического сырья (уран, кобальт, стронций, тантал, кадмий, вольфрам, хром, марганец и т. д.) хронически зависят от импорта. В целом США импортируют 15-20 % (в стоимостном выражении) необходимого им минерального сырья.

Однако в большинстве стран мира запасы и набор полезных ископаемых весьма ограничены. Например, Андские страны (Чили и Перу) обладают крупными запасами только медных и полиметаллических руд, страны Персидского залива (Кувейт, Саудовская Аравия, ОАЭ и др.) - нефти и газа, Северной Африки (Марокко, Тунис) - фосфоритов, Пакистан и Бангладеш - поваренной соли, Боливия и Малайзия - олова.

Фактически ни одна страна не располагает минерально-сырьевой базой, позволяющей полностью обеспечить свои внутренние потребности в топливе и сырье. Даже Россия, при всём многообразии своих минеральных ресурсов и значительных их запасах, по отдельным видам минерального сырья (марганец, хром, титан, цирконий и др.) ощущает дефицит и вынуждена покрывать его за счёт импорта.

Пути решения глобальной минерально-ресурсной проблемы. Дефицит минеральных ресурсов заставляет человечество рационально их использовать. Прежде всего речь должна идти о более полном извлечении из недр Земли полезных ископаемых. Большое значение имеют внедряемые в производство материалосберегающие технологии, которые позволяют увеличивать темпы роста обрабатывающей промышленности без наращивания объёмов добычи полезных ископаемых. Значительные перспективы в мировом обеспечении ресурсами связаны с переходом к широкомасштабному использованию вторичного сырья, которое должно стать «новой сырьевой базой» мирового

хозяйства. Экстенсивный путь решения данной проблемы, связанной с минеральными ресурсами, сопряжён с разработкой новых месторождений полезных ископаемых с более сложными геологическими условиями залегания и низким содержанием полезного компонента (так называемые бедные руды).

Возможные пути выхода из геоэкологического кризиса. Среди глобальных проблем человечества исключительно важное место занимает проблема сохранения мира на Земле, предотвращения новых мировых войн и глобального ядерного конфликта. Во все исторические эпохи войны накладывали отпечаток на развитие общества. Но в наше время над миром нависла такая военная опасность, какой не было никогда прежде. Накопленные запасы современного оружия способны буквально в считанные минуты уничтожить человечество.

Учёные подсчитали, что люди пережили более 14,5 тыс. войн за последние 6 тыс. лет, в которых погибло более 3 млрд 640 млн чел. В XVII в., по расчётам специалистов, в ходе войн погибло 3,3 млн чел., в XVIII в. - 5,4 млн, в XIX в. - 5,7 млн чел. Первая мировая война в начале XX в. унесла около 20 млн, а Вторая мировая - более 50 млн человеческих жизней. XX в. стал рекордным по масштабам и интенсивности военных столкновений, равно как и по количеству пролитой крови. В более чем 250 войнах прошлого века погибли около 110 млн чел.

В настоящее время резко увеличилось количество локальных и региональных конфликтов, в том числе террористических актов. Большинство из них возникло на территории развивающихся стран и бывшего социалистического блока. В условиях глобализации конфликты создают серьёзную угрозу мировому сообществу в связи с возможностью их расширения, опасностью экологических и военных катастроф, высокой вероятностью массовых миграций населения, способных дестабилизировать ситуацию в сопредельных государствах. Подсчёт беженцев и перемещённых лиц, вынужденных мигрантов - очень сложное занятие. В зависимости от способов исчисления их сегодня в мире от 10 до 200 млн.

Самые масштабные конфликты последних десятилетий, влияние которых выходит далеко за регионы их проявлений, – это конфликты, возникшие на религиозной основе и связанные с сепаратизмом и терроризмом. Наиболее значимые из них следующие. Конфликты, вызванные мусульманскими религиозно-политическими движениями, использующими религиозные нормы для создания «исламского государства». Межконфессиональные конфликты в Африке. Война в Судане, унёсшая жизни 2 млн чел. и вынудившая 600 тыс. стать беженцами, была вызвана противостоянием между властью, выражавшей интересы мусульманской части населения (70 %), и оппозицией, ориентированной на язычников (25 %) и христиан (5%). Религиозный и этнический конфликт между христианами, мусульманами и язычниками в самой крупной стране африканского континента – Нигерии. Война на Ближнем Востоке, в которой главный объект спора (Иерусалим) является очень значимым не только для непосредственных участников конфликта - мусульман и иудеев, но и для христиан. Конфликт между индуистами и исламистами,

возникший со времени раздела в 1947 г. Индии на Индийский союз и Пакистан и таящий угрозу столкновения двух ядерных держав. Противостояние сербов и хорватов по религиозному признаку, сыгравшее трагическую роль в судьбе Югославии. Взаимное истребление на этнорелигиозной почве сербов и албанцев, проживающих в Косово. Борьба за религиозную и политическую автономию Тибета, начавшаяся с присоединения к Китаю в 1951 г. этой территории, бывшей тогда независимой, и приведшая к гибели 1,5 млн чел.

Важным фактором, способствующим распространению конфликтов, является рост террористических организаций, которым сегодня доступны вооружения мощной поражающей силы. Современные высокие технологии стирают эффект больших географических расстояний, и приказы, отданные на одном континенте, могут приводить к мгновенным разрушительным терактам на другом. При этом радиус действия и поражающий эффект новых средств уничтожения (включая химическое и бактериологическое оружие) радикально увеличились.

Разрешение множества региональных конфликтов возможно в результате взаимодействия ведущих мировых держав и мирового сообщества в целом. Масштабы будущих перемен на политической карте мира будут определяться этнокультурными процессами в многонациональных странах, характером экономических, политических и культурных отношений между странами и народами.

Оценки будущего состояния географической среды выполняются на основе сценариев, отвечающих на вопрос «что будет, если ...?». Согласно одному из реалистичных сценариев, разработанных в ООН, при условии, что во всех странах мира среднее количество детей в семье снизится до 2,1 чел., пик численности населения мира придется приблизительно на 2050 г., и достигнет 9,4 млрд. чел. Если отношение общества к использованию природных ресурсов географической среды не изменится, то к 2050 г. можно ожидать увеличения потребностей в продовольствии, по сравнению с настоящим временем, в 2 раза, в энергии - в 2,2 раза, в воде в 1,9 раза. Рост валового производства в мире должен стать за этот период четырехкратным. При этом географическое распределение природных ресурсов в целом не изменится, но станет еще более контрастным.

Дальнейшие антропогенные изменения географической среды при таком сценарии неизбежны. Использование земли для сельского хозяйства (земледелия и скотоводства) увеличится до 50% всей свободной от ледников площади суши, при этом площадь лесов сократится еще на 10%. Спрос на рыбу и другие морские продукты возрастет до 200 млн. т в год, тогда как ежегодный прирост рыбных ресурсов мира не превышает 85 млн. т. Соответственно будет расширяться разведение рыбы и других морских продуктов в садках (марикультура), что вызовет конфликты между пользователями прибрежной зоны, неблагоприятно повлияет на ее состояние, в особенности на мангровые побережья. Несмотря на усилия стран контролировать рост парникового эффекта, эмиссия углекислого газа в атмосферу может увеличиться в 2,3 раза, с соответствующими последствиями. Городское население составит 72% всего

населения Земли. Разница в доходах на одного человека в развитых и развивающихся странах увеличится в 2,8 раза, что приведет к дальнейшему росту политической неустойчивости. Хотя в целом продовольствия в мире будет достаточно, голод в отдельных странах сохранится, потому что он будет связан не с производством продуктов питания, а с их распределением.

Выход географической среды за пределы устойчивости может совершиться не только вследствие развития глобального кризиса, но и из-за обострения региональных проблем. Например, водная проблема, связанная с неизбежно прогрессирующим снижением обеспеченности водными ресурсами (на душу населения) ряда стран Западной, Южной и Юго-Восточной Азии, может привести к таким социальным потрясениям, что раскачается и выйдет за пределы устойчивости вся мировая хозяйственно-политическая система, а через нее и вся географическая среда.

Из-за взаимосвязанности явлений в географической среде последствия могут возникать не там, где имеется наибольшее антропогенное давление. Например, потребление горючих ископаемых нарастает очень высокими темпами, но весьма вероятно, что фактором, выводящим географическую среду за пределы устойчивости, окажется не дефицит доступных горючих ископаемых, а неприемлемые геоэкологические последствия парникового эффекта, усиливающегося благодаря увеличивающимся, кумулятивным последствиям сжигания угля, нефти и газа.

Для своего выживания человечество должно осуществить несколько взаимосвязанных мер общемирового значения. Стабилизация населения мира на относительно невысоком уровне не более 2 млрд. чел. Переход к такому типу экономики, который бы принимал во внимание экологические ценности. Переход от поглощающих ресурсы и загрязняющих технологий к экологически благоприятным. Повышение уровня сознательности и экологической этики. Более справедливое распределение экономических и экологических благ внутри и между нациями. Переход к другим формам управления на национальном и международном уровне, обеспечивающим геоэкологическую безопасность.

Военные расходы в целом составляют сейчас более 6% стоимости мирового производства. В настоящее время сумма военных расходов превышает 1 трлн дол. США в год и соответствует долгу развивающихся стран. Это в 5 раз больше требуемых расходов на охрану окружающей среды и в 2 раза больше суммы, необходимой для восстановления нарушенного природно-ресурсного потенциала биосферы Земли. Выполнение плана действий мирового сообщества по сохранению тропических лесов требует 1,3 млрд дол. в год в течение 5 лет, по борьбе с опустыниванием - 4,5 млрд дол. в год в течение 20 лет. На мероприятия по санитарии и очистке воды необходимо 30 млрд дол.

Роль и необходимость осуществления общемировых, глобальных преобразований будет усиливаться по мере увеличения антропогенной трансформации окружающей среды. Наряду с глобальным уровнем проблем геоэкологии, многие сложные, междисциплинарные проблемы возникают на региональном и локальном уровнях. Стратегия выхода из глобального

геоэкологического кризиса, его региональных и локальных проявлений требует немедленной разработки и осуществления, поскольку от этого во многом зависит дальнейшая судьба всего человечества.

Глобальные модели развития мира. Глобальными моделями обычно называют социально-экологические модели развития, ориентированные на прогноз развития (деградации) биосферы и цивилизации на Земле или в ее крупных регионах. В них учитываются экономические, демографические, экологические, социальные, политические факторы в их взаимосвязи. Одной из первых глобальных моделей «Мир-2», была создана в 1970 г. профессором Массачусетского технологического института Дж. Форрестером. Ему принадлежит идея создания глобальных моделей на основе синтеза достижений математики, экономики, демографии, экологии. В модели «Мир-2» рассматривались возможные изменения пяти компонентов: численности населения Земли, капитала (основные фонды), доли сельскохозяйственного капитала (сельскохозяйственные фонды), невозобновляемых природных ресурсов, загрязнения Земли.

Следующая глобальная модель, «Мир-3», была создана группой ученых во главе с Д. Медоузом в 1972 г. Ее структура была более сложной: в модель входят 12 основных и 16 вспомогательных дифференциальных уравнений. Как и в модели «Мир-2», задача решалась на временном интервале с 1900 по 2100 г. Результаты моделирования оказались очень близки к выводам Форрестера. Главный вывод, к которому пришел Медоуз, заключался в том, что ни одна предохранительная мера, взятая в отдельности, не может предотвратить грядущую катастрофу. Предохранительные меры – «условия экологической и экономической стабильности» – должны носить комплексный характер. Модель Медоуза, представленная в форме доклада под названием «Пределы роста», получила широкую известность. Последняя обновленная версия доклада была опубликована в 2006 г. под названием «Пределы роста: 30 лет спустя».

В основе моделей второго поколения лежит нормативный подход к процессам мирового развития, что подразумевает использование нормативов, заданных на основе общественных приоритетов. Во втором поколении моделей особый научный интерес вызвал доклад президенту США «Глобальные проблемы – 2000», изданный в 1988 г. Советом по качеству окружающей среды. В нем содержится наиболее детальная характеристика мира. В докладе проведена инвентаризация уже выявленных и ожидаемых нарушений окружающей среды, составлены прогнозы на основе предположения о сохранении современных политических, экономических и технических тенденций развития, которые не нарушаются катастрофическими событиями (например, войнами).

Третий этап в глобальном моделировании отличается проблемно-прогнозным подходом к рассмотрению вопросов мирового значения. Модели третьего поколения включают три блока исследований: общеэкономический, энергетический, продовольственный. При этом экологический аспект прямо или косвенно является их составной частью. Среди общеэкономических

моделей широкую известность имеет проект ЛИНК. Он представляет собой глобальную модель международной торговли, разработанную в США под руководством лауреата Нобелевской премии Л. Клейна и предназначенная для непосредственной помощи правительственным органам.

В начале XXI в. повысился научный интерес к моделированию взаимодействия природно-хозяйственных систем, вопросам роста общественной эффективности использования природных ресурсов и возможным изменениям глобального климата Земли. Более 50 лет глобальное моделирование связано с решением ряда актуальных проблем человечества. С помощью разработанных моделей был получен ряд важных с точки зрения теории и практики результатов и выводов, свидетельствующих об эффективности таких исследований.

Несмотря на большое значение прогнозных моделей, все они содержат ряд недостатков. *Во-первых*, в них в явном виде не сформулированы цели общественного развития, рациональные управляющие воздействия «нащупываются» в ходе проигрывания различных вариантов сценария. *Во-вторых*, ни одна модель не дает четкой оценки исходного состояния природной среды. *В-третьих*, все модели практически не учитывают возможные критические «поворотные точки», которые могут возникать в состоянии природной среды. *В-четвертых*, в моделях ощущается дефицит информации о состоянии природных систем. *В-пятых*, открытым остается вопрос о допустимых хозяйственных нагрузках на экосистемы в пределах нагрузки на биосферу в целом; нет четких рекомендаций и расчетов по их определению.

В целом, хотя вся совокупность современных глобальных моделей и не достигает решения основных экологических проблем, она позволяет наметить этапы и направления дальнейших исследований. Участвуя в подготовке разного рода проектов и моделей, географы (вместе с представителями других наук) призваны определить пути удовлетворения основных потребностей населения мира, способы эффективного решения глобальных проблем, а также дать прогноз, с какими наиболее острыми проблемами может столкнуться человечество в ближайшие десятилетия. При всей общемировой масштабности глобальных проблем необходим их географический анализ, т.е. исследование того, как проявляются эти проблемы на конкретной территории, в конкретном районе нашего многообразного мира.

Концепция устойчивого развития. 3-14 июня 1992 г. в Рио-де-Жанейро состоялась Вторая конференция ООН по окружающей среде и развитию. На ней встретились 114 глав государств, дипломаты из 178 стран, представители 1600 неправительственных организаций, огромное число журналистов.

На конференции главной целью человечества было названо «устойчивое (поддерживающее) развитие» общества и предложены 27 принципов его достижения. Они предусматривают установление нового, справедливого глобального партнерства путем создания новых уровней сотрудничества между государствами, ключевыми секторами общества и людьми. Заключение международных соглашений, обеспечивающих уважение интересов всех людей и защиту целостности глобальной системы окружающей среды. Признание

комплексного и взаимозависимого характера Земли, как дома всего человечества.

Существует много определений устойчивого развития. Наиболее распространенное из них: *«Устойчивое развитие - стратегия, обеспечивающая сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятного состояния окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений».*

В центре внимания концепции устойчивого развития находится человек с его социальными потребностями – физиологическими и личностными (материальными, культурными, духовными. Их удовлетворение в современном мире во многом зависит от состояния экономической сферы – производственной системы и экономических отношений. В свою очередь социальная и экономическая компоненты развития зависят от функционирования географической оболочки. Таким образом, для того, чтобы развитие человечества было устойчивым, необходимо обеспечение согласованного взаимодействия экономической, социальной и экологической сфер его жизнедеятельности.

Характеристики, отражающие состояние каждой из сфер, включают:

- *экономическая сфера*: экономическую эффективность, экономический рост, степень стабильности экономики;
- *социальная сфера*: материальное благосостояние населения, уровень образованности, состояние здоровья населения, продолжительность жизни, развитие культуры, искусства, спорта и т.п.;
- *экологическая сфера*: способность природных систем к самовосстановлению, целостность экосистем, биоразнообразие, степень хозяйственного использования ресурсов географической оболочки и т.п.

В мировом масштабе концепция устойчиво развития предполагает реализацию следующих генеральных направлений: борьбу с нищетой; снижение потребления ресурсов современным обществом; сохранение устойчивости географической оболочки; учет природных закономерностей в принятии решений в политической, экономической и социальной сферах.

Очевидно, что концепция устойчивого развития несовершенна, но в то же время это наиболее реалистичное из того, чем располагает человечество.

Цели устойчивого развития человечества на период до 2030 г. Цели в области устойчивого развития (ЦУР), официально известные, как документ ООН «Преобразование нашего мира: повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года» содержит 17 глобальных целей и 169 соответствующих им задач.

ЦУР носят комплексный и неделимый характер и обеспечивают сбалансированность всех трех компонентов устойчивого развития: экономического, социального и экологического:

1. Повсеместная ликвидация нищеты во всех её формах.

2. Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания и содействие устойчивому развитию сельского хозяйства.
3. Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте.
4. Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех.
5. Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек.
6. Обеспечение наличия и рациональное использование водных ресурсов и санитарии для всех.
7. Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех.
8. Содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.
9. Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций.
10. Снижение уровня неравенства внутри стран и между ними.
11. Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов.
12. Обеспечение рациональных моделей потребления и производства.
13. Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.
14. Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития.
15. Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия.
16. Содействие построению миролюбивых и открытых обществ в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях.
17. Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизация работы механизмов глобального партнерства в интересах устойчивого развития.

Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (НСУР) – это документ, определяющий направления стабильного развития трех взаимосвязанных и взаимодополняющих компонентов: человека как личности и генератора новых идей; конкурентоспособной экономики; качества окружающей среды в условиях внутренних и внешних угроз и вызовов долгосрочного развития.

Согласно Закону Республики Беларусь от 5 мая 1998 года «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь», НСУР выступает системообразующим

документом для разработки прогнозов и программ социально-экономического развития страны на средне- и краткосрочную перспективы.

НСУР-2030 – это долгосрочная стратегия, определяющая цели, этапы и направления перехода Республики Беларусь к постиндустриальному обществу и инновационному развитию экономики при гарантировании всестороннего развития личности, повышении стандартов жизни человека и обеспечении благоприятной окружающей среды.

Она призвана устранить имеющиеся дисбалансы и создать прочный фундамент для дальнейшего устойчивого развития на основе модернизации системы экономических отношений и эффективного управления на всех территориальных уровнях с целью равновесия между социальным, экономическим и экологически безопасным развитием страны.

Структура и содержание НСУР-2030 основаны на принципе преемственности задач и приоритетов, определенных в НСУР-2020, Программе развития промышленного комплекса Республики Беларусь на период до 2020 года и иных программных документах на средне- и долгосрочную перспективы, а также принятых критериев экономической безопасности страны.

Стратегия учитывает программные документы на средне- и долгосрочную перспективу стран Евразийского экономического союза (ЕАЭС) и основных торговых партнеров. Концептуальным ядром документа является выявление внешних возможностей и внутренних конкурентных преимуществ в социальной, экономической, природно-ресурсной сферах; выработка управленческих решений, направленных на достижение высокого уровня качества жизни белорусских граждан, рост конкурентоспособности и эффективности национальной экономики, сохранение и рациональное использование природных ресурсов, обеспечение экологической безопасности.

Мировые тенденции и вызовы глобального развития. Развитие мировой экономики в начале XXI века будет предопределяться следующими тенденциями. Усиление глобализации, международной интеграции и интернационализации производства и потребления, охватывающие не только традиционные рынки товаров, капиталов, технологий и рабочей силы, но и системы национального управления, поддержки инноваций, развитие человеческого потенциала. Усиление конкуренции на мировых рынках и глубины дифференциации стран по уровню экономического развития. Нарастание мировых миграционных процессов. Возрастание роли человеческого капитала как наиболее важного ресурса инновационного развития. Основой устойчивого и сбалансированного экономического роста становится человек, обладающий современными знаниями и высоким уровнем профессионализма. Ускорение темпов научно-технологического прогресса, одновременно сопровождаемое усилением борьбы за технологическое лидерство и новые ниши на мировом рынке высокотехнологичной продукции. Истощение мировых запасов природно-сырьевых ресурсов. Усиление значимости и влияния экологической компоненты на динамику экономического роста.

Основные вызовы устойчивому развитию мировой экономики: усиление конкурентной борьбы за факторы производства: человека, инновации, энергетические и сырьевые ресурсы, продовольствие и чистую воду; сокращение численности и низкий уровень воспроизводства населения в европейских странах на фоне быстрого роста населения в развивающихся, что усиливает территориальные диспропорции на мировом рынке труда; угроза энергетической безопасности в мировом масштабе; угроза глобального изменения климата и уменьшения биоразнообразия, риск нарушения экологического равновесия и водного баланса территорий; наращивание производственного потенциала сверх экологической емкости территорий, что порождает угрозу экологической безопасности; проблема продовольственной безопасности в мировом масштабе.

Белорусская модель устойчивого развития. Концептуальным ядром НСУР-2030 является модель устойчивого развития, 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. *В прикладном плане* модель устойчивого развития – это способ организации и функционирования общества, государства, экономики на принципах устойчивости.

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.

Стратегической целью устойчивого развития Республики Беларусь является обеспечение высоких жизненных стандартов населения и условий для гармоничного развития личности на основе перехода к высокоэффективной экономике, основанной на знаниях и инновациях, при сохранении благоприятной окружающей среды для будущих поколений. Поставленная стратегическая цель предусматривает два этапа ее реализации.

Первый этап – 2016-2020 годы. Основная цель – переход к качественному сбалансированному росту экономики на основе ее структурно-институциональной трансформации с учетом принципов «зеленой» экономики, приоритетного развития высокотехнологичных производств, которые станут основой для повышения конкурентоспособности страны и качества жизни населения.

Второй этап – 2021-2030 годы. Главная цель – поддержание стабильной устойчивости развития, в основе которой рост духовно- нравственных ценностей и достижение высокого качества человеческого развития, ускоренное развитие наукоемких производств и услуг, дальнейшее становление «зеленой экономики» при сохранении природного капитала. Для достижения поставленных целей предстоит решить следующие задачи.

В области развития человека: повышение качества человеческого потенциала с учетом индивидуальных особенностей каждого человека, воспитание высокообразованной, здоровой, всесторонне развитой личности, восприимчивой к инновациям, способной превратить свои знания в фактор экономического прогресса; создание условий, обеспечивающих свободно избранную занятость и профессиональное развитие, достойный уровень доходов, высокое качество и доступность услуг для всех граждан; формирование условий для развития инклюзивного общества, обеспечивающего равенство возможностей всех граждан, включая

присоединение Республики Беларусь к Конвенции ООН о правах инвалидов и развитие инклюзивного образования;

В социально-политической области: создание государства для народа, обеспечение конструктивного диалога между органами государственного управления, обществом и бизнесом на принципах открытости, партнерства и ответственности в правовом, социально-экономическом и политическом пространстве при соблюдении международных правовых норм и обязательств; формирование зрелого гражданского общества, повышение роли молодежи, деловых и научных кругов в принятии решений по национальным и региональным проблемам устойчивого развития; усиление интеграции Республики Беларусь в мировые торговые сети и систему международного разделения труда, устранение внешних угроз для развития страны в рамках Глобального партнерства в целях развития.

В сфере экономики: формирование высокоэффективной, социально ориентированной и конкурентоспособной экономики нового типа - экономики знаний с развитыми рыночными институтами и инфраструктурой; ускоренное развитие высокотехнологичных производств, промышленных инновационных кластеров, инфраструктурных секторов экономики, влияющих на качество человеческого развития; повышение устойчивости производства и потребления, в том числе за счет эффективного управления возобновляемыми и невозобновляемыми ресурсами, сокращения объемов образования отходов производства и потребления, формирования ответственного потребительского поведения; повышение эффективности системы государственного управления, основанной преимущественно на рыночных инструментах регулирования, рост местных инициатив, создание эффективной структуры собственности; расширение международного сотрудничества в различных сферах экономики со странами-стратегическими партнерами, прежде всего, Китайской Народной Республикой, Российской Федерацией, государствами Евросоюза.

В области экологии: сохранение благоприятной окружающей среды, обеспечивающей необходимые условия для жизни не только нынешних, но и будущих поколений; обеспечение экологической безопасности; снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду, восстановление нарушенного экологического равновесия, рациональное использование всех видов природных ресурсов; экологически безопасное использование отходов производства и потребления; достижение высоких экологических стандартов жизни населения, улучшение экологического состояния окружающей среды.

Качественное воспроизводство человеческого потенциала и эффективное его использование. Основными составляющими качественного воспроизводства человеческого потенциала выступают генофонд нации, интеллект и культурное развитие, уровень здоровья и трудовой активности, получение достойной оплаты труда. Предстоит разработать действенные механизмы по повышению уровня рождаемости населения, улучшению его здоровья и снижению смертности, стимулированию здорового образа жизни и творческой активности граждан, созданию условий, позволяющих получить качественное образование и высокие доходы.

Целевым критерием качества человеческого потенциала выступает индекс человеческого развития. Предстоит решить амбициозную задачу – в мировом рейтинге этого показателя войти в первые сорок стран с очень высоким уровнем человеческого развития (против 52-го места в 2015 году среди 188 стран мирового сообщества).

Ускоренное развитие высокотехнологичных производств и услуг. Акцент будет сделан на создание высокотехнологичного сектора экономики, внедрение энергоэффективных и экологически безопасных технологий, развитие производств с высокой долей добавленной стоимости, информационных и инжиниринговых услуг, транспортной инфраструктуры, повышение качества и расширение экспорта образовательных и медицинских услуг.

В качестве целевого критерия конкурентоспособности страны выступает вхождение в тридцатку лидеров по индексу экономики знаний. Критериями качественных структурных преобразований станут: сокращение к 2030 году в два раза разрыва производительности труда со среднеевропейским уровнем; повышение доли высокотехнологичного наукоемкого сектора в ВВП (до 8-10 процентов в 2030 году); снижение энергоемкости ВВП за 2016-2030 годы – на 35 процентов.

Совершенствование институциональной среды и формирование благоприятной бизнес-среды. Предполагает обеспечение ее стабильности и прозрачности, устранение избыточного и неоправданного вмешательства государства в деятельность хозяйствующих субъектов, повышение качества государственных услуг, финансовую доступность и др. Важные задачи – достижение равной конкуренции для всех форм собственности, обеспечение рыночных свобод. В результате действий, направленных на создание благоприятной бизнес-среды, планируется достижение Республикой Беларусь 30-й позиции в рейтинге Всемирного банка «Doing Business» (против 37 позиции в 2016 году).

Рост экспортного потенциала на основе эффективного использования имеющихся и потенциальных конкурентных преимуществ Республики Беларусь. Задача по наращиванию валютных поступлений предполагает рост экспорта товаров и услуг за счет освоения новых рынков сбыта белорусских товаров, ускоренного расширения экспорта услуг, финансовой институциональной поддержки экспорта. Наращиванию экспорта будет способствовать также вступление республики в ВТО.

Рост экспортного потенциала страны должен стать основой для обеспечения внешнеэкономической сбалансированности экономики и положительного сальдо платежного баланса, достаточного уровня золотовалютных резервов, устойчиво безопасного уровня внешнего долга. Критериями реализации данного приоритета являются рост доли белорусских товаров на мировом рынке и выход на положительное сальдо внешней торговли товарами и услугами.

Экологизация производства и обеспечение экологической безопасности. Необходимы действенные механизмы: экологизации национальной экономики, способствующие улучшению охраны окружающей среды и рациональному

природопользованию; развитие экологического образования и совершенствование управления субъектами хозяйствования с целью повышения их ответственности за обеспечение экологической безопасности, минимизацию возможного вреда, наносимого окружающей среде экономической деятельностью; стимулирование субъектов хозяйствования к максимальному снижению образования и увеличению уровня использования отходов в качестве вторичного сырья.

Ожидаемыми результатами реализации намеченных задач в контексте трех основных компонент устойчивого развития станут: увеличение ожидаемой продолжительности жизни при рождении до 77 лет; рост ВВП за 2016-2030 годы в 1,5-2,0 раза; достижение ВВП на душу населения к 2030 году 30-39 тыс. долл. США по ППС (против 18,2 тыс. долл. США в 2015 году); повышение затрат на научные исследования и разработки – до 2,5 процента от ВВП в 2030 году; рост удельного веса затрат на охрану окружающей среды – до 2-3 процентов к ВВП в 2030 году; позиция Беларуси в Международном рейтинге по индексу экологической эффективности – не ниже 25.

Мониторинг реализации НСУР. В целях контроля за реализацией намеченных мер, корректировки целевых индикаторов при изменении внешних или внутренних условий социально-экономического развития проводится ежегодный мониторинг выполнения программы НСУР. Развернутый аналитический отчет о реализации приоритетов и направлений устойчивого развития разрабатывается один раз в два года с привлечением при необходимости международных специалистов.

Его подготовка осуществляется по основным компонентам устойчивого развития: человек, экономика, окружающая среда. *Ответственными за подготовку отчета* о ходе реализации мер и достижении целевых параметров являются: *по компоненте человеческого развития* – Министерство труда и социальной защиты Республики Беларусь; *экономического развития* – Министерство экономики; *экологии* – Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды.

Дополнительной информацией являются данные Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь, которая позволяет детально проанализировать состояние атмосферного воздуха, земельных и водных ресурсов, растительного и животного мира, особо охраняемых природных территорий и других элементов экологической системы.

В проведении мониторинга устойчивого развития и подготовке аналитических отчетов принимают участие другие государственные органы и иные организации в пределах их полномочий. Общий свод компонентов аналитического отчета осуществляет Министерство экономики Республики Беларусь, которое в целях обеспечения единства информации определяет порядок, форму и сроки предоставления информации.

Результаты мониторинга являются предметом рассмотрения Национальной комиссии по устойчивому развитию, которая принимает решения по совершенствованию системы обеспечения устойчивого развития в стране в целом и в отдельных сферах, корректировке при необходимости целевых

индикаторов. Комиссия имеет право запрашивать дополнительную информацию и привлекать для работы специалистов министерств и других органов управления, учреждений образования и науки, представителей деловых кругов и молодежных инициатив. Результаты мониторинга и отчет о реализации стратегии устойчивого развития публикуются и доступны общественности.

Тема 7. Геоэкологические проблемы Беларуси

Основные направления государственной политики в области охраны окружающей среды и природопользования в Беларуси.

Особенности эколого-экономического развития Беларуси. Долгое время республика была составной частью прежнего единого общесоюзного народнохозяйственного комплекса, имела и имеет высокую степень открытости, ориентированности на бывший огромный союзный рынок и, следовательно, большую потребность в поставках энергоносителей, сырья и иных жизненно важных производственных ресурсов. Экологическая ситуация в стране осложнена последствиями катастрофы на Чернобыльской АЭС, широким развитием химической и нефтехимической промышленности, крупных машиностроительных предприятий, а также наличием большого количества животноводческих комплексов, которые не обеспечены реальными техническими возможностями для утилизации отходов.

Главная цель экологической политики Беларуси - обеспечение экологически безопасных условий для проживания людей, рациональное использование и охрана природных ресурсов, выработка правовых и экономических основ охраны окружающей среды в интересах настоящего и будущих поколений. Принципы и направления реализации экологической политики в стране определены Законами Республики Беларусь «Об утверждении Основных направлений внутренней и внешней политики Республики Беларусь» и «Об охране окружающей среды», Концепцией национальной безопасности Республики Беларусь, Национальной стратегией устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года (НСУР-2030), а также международными договорами Республики Беларусь.

Основными направлениями работы по реализации государственной экологической политики являются: совершенствование природоохранного законодательства; внедрение эффективных экономических методов управления и контроля за природопользованием и охраной окружающей среды; создание целостной системы финансирования природоохранных мероприятий; совершенствование системы органов управления и экологического контроля; реализация программы подготовки кадров и повышения экологической культуры населения; развитие международного сотрудничества и активное использование зарубежного опыта в решении экологических проблем.

Правовая база экологической политики. Принятие в 1992 году Закона Республики Беларусь «Об охране окружающей среды» положило начало

формированию в республике самостоятельной отрасли законодательства – об охране окружающей среды. В 2002 году этот Закон был кардинально пересмотрен и изложен в новой редакции. Закон устанавливает принципы и задачи охраны окружающей среды и определяет объекты, субъекты и их взаимоотношения. Он отражает основные направления государственной природоохранной политики и управления; права и обязанности граждан и общественных объединений; необходимость установления экологических норм, стандартов и сертификации; требования к проектированию, строительству, реконструкции, эксплуатации, закрытию или ликвидации сооружений, деятельность которых может оказывать воздействие на окружающую среду.

Закон включает главы об оценке воздействия на окружающую среду и экологической экспертизе; особо охраняемых природных территориях; экологически неблагоприятных территориях; о наблюдении за состоянием окружающей среды; об учете в области охраны окружающей среды и экологической информации; образовании и научных исследованиях; экономических механизмах контроля и ответственности за нарушение законодательства.

В настоящее время в Беларуси действуют более 15 законодательных актов, регулирующих правоотношения в области охраны окружающей среды. В частности, Водный кодекс Республики Беларусь, Кодекс Республики Беларусь о недрах, Законы Республики Беларусь «Об охране атмосферного воздуха» и др.

Кроме того, в Беларуси имеется более 40 природоохранных программ и планов. Они готовятся различными органами государственного управления: Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды (Минприроды), являющимся государственным органом, реализующим государственную политику в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, Министерством энергетики, Министерством лесного хозяйства и Министерством сельского хозяйства и продовольствия затем согласуются заинтересованными министерствами и комитетами и одобряются Советом Министров.

Другие центральные органы власти также осуществляют природоохранные функции. Министерство здравоохранения несет ответственность за жилищные и рабочие условия, качество продуктов питания и питьевой воды. Министерство сельского хозяйства и продовольствия отвечает за охрану почвы и сельскохозяйственных культур, а также за наблюдение за воздействием последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС на землю и почву. Министерство лесного хозяйства наблюдает за состоянием лесов на особо охраняемых территориях и за их пределами. Министерство внутренних дел контролирует передвижные источники загрязнения атмосферного воздуха с помощью экологической милиции и оказывает помощь другим государственным контрольным органам в охране окружающей среды. Министерство жилищно-коммунального хозяйства несет ответственность за муниципальное снабжение и качество питьевой воды, очистку сточных вод, сбор и переработку муниципальных твердых отходов, включая отходы

предприятий. Министерство по чрезвычайным ситуациям ответственно за управление в сфере предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Министерство статистики и анализа собирает статистические данные о состоянии окружающей среды и загрязнении, вызванном предприятиями, и поддерживает соответствующие базы данных.

Управление делами Президента Республики Беларусь играет особую роль в охране природы, отвечая за управление особо охраняемыми территориями (заповедниками, заказниками и национальными парками). В 2003 году бывший Департамент охраны рыбных ресурсов и охотничьих видов животных Минприроды был преобразован в Государственную инспекцию государственного контроля за использованием и охраной животного и растительного мира при Президенте Республики Беларусь. Она является специализированным государственным органом, ответственным за предотвращение браконьерства и незаконной вырубki, осуществляет государственный контроль над использованием и охраной животного и растительного мира.

Группа учреждений, занимающихся природоохранными проблемами в рамках своей отраслевой политики, включает Министерство экономики, которое готовит прогнозы экономического развития с разделом по окружающей среде и рациональному использованию природных ресурсов; Министерство энергетики, ответственное за осуществление энергетической политики, включая экологические проблемы; Министерство транспорта и коммуникаций, которое готовит и осуществляет отраслевую программу по транспорту, включая экологические аспекты; Министерство архитектуры и строительства, которое отвечает за различные направления городского развития, ряд из которых направлен на улучшение качества окружающей среды; Комитет по проблемам последствий аварии на Чернобыльской АЭС при Совете Министров и др.

Следует отметить, что в Беларуси существует система интеграции политики на каждом уровне. Решения могут приниматься, исходя из различных соображений: экономических, социальных и политических, но с обязательным учетом экологических аспектов. На местном уровне координация осуществляется между областными природоохранными комитетами, районными и городскими инспекциями. На областном уровне коллегии комитетов природных ресурсов и охраны окружающей среды могут проводиться с участием областных исполнительных комитетов для совместного определения и решения природоохранных проблем. На национальном уровне интеграция осуществляется вследствие требования Правительства о том, что соответствующие министерства должны рассматривать и давать комментарии по всем проектам государственных программ.

Для вопросов, требующих более долгосрочного подхода или являющихся трудно решаемыми, существуют другие координационные механизмы на национальном уровне, включая рабочие группы, совместные коллегии и национальные комиссии, комитеты и координационные советы. Рабочая группа Минприроды и Министерства здравоохранения, созывается для анализа и разработки критериев для определения классов опасности отходов, прежде чем

решить, каким образом перерабатывать или хранить эти отходы. Минприроды созывало совместную коллегию с Министерством сельского хозяйства и продовольствия по поводу устаревших пестицидов, которые недолжным образом хранятся на предприятиях. Сотрудничество привело к разработке программы действий по обращению с пестицидами и ассигнованию средств обоими министерствами на ее реализацию. Совместные коллегии также могут организовываться с негосударственными субъектами, такими как неправительственные организации (НПО).

Если проблема не может быть успешно решена с помощью проведения совместных совещаний или министерство стремится привлечь все или большинство других министерств, оно может довести вопрос до сведения Совета Министров. Минприроды воспользовалось этой процедурой, чтобы обсудить вопрос о мелиорации земель. В результате проблема была рассмотрена, была разработана и одобрена государственная программа и изысканы средства для ее выполнения.

Национальная комиссия по устойчивому развитию предложила в НСУР-2030 ряд целей и индикаторов, которые будет использовать и в своей дальнейшей работе для оценки выполнения национальной стратегии, а также других программ и стратегий. Была предпринята попытка определить цели для каждого отдельного министерства, но она не увенчалась успехом. В конечном счете, цели являются «национальными», но они могут служить в качестве важного инструмента для обеспечения подотчетности отдельных министерств.

Экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды. Внедрение экономического механизма в управление окружающей средой в Беларуси приходится на начало 1990-х гг. Он включает в себя планирование и финансирование природоохранных мероприятий; льготное кредитование природоохранной деятельности; взимание налогов и других платежей за использование природных ресурсов, выбросы (сбросы) загрязняющих веществ в окружающую среду; возмещение в установленном порядке вреда, причиненного окружающей среде.

Первоначально система экономического регулирования природопользования носила скорее фискальный, а не стимулирующий характер, поскольку экологические платежи не имели реального влияния на техническое и финансовое состояние предприятий-загрязнителей. Впоследствии она совершенствовалась и ее действенность повышалась, получили развитие принципы платности природопользования и возмещения вреда, причиненного окружающей среде, усилена роль экологического налога. В настоящее время она направлена на стимулирование субъектов хозяйствования к снижению воздействий на окружающую среду за счет сокращения потребления энергии и ресурсов, принятия профилактических мер по обеспечению экологической безопасности.

Важнейшая составляющая экономического механизма природопользования и охраны окружающей среды в Беларуси – *экологический налог*. Для усиления стимулирующей роли экологического налога его ставки периодически корректируются. Осуществляется упрощение налоговой

системы. В стране создана система льгот для категорий плательщиков экологического налога, осуществляющих природоохранные мероприятия. Налоговые льготы применяются также для предприятий, внедряющих международные экологические стандарты ИСО серии 14000. Взимаемый в Беларуси экологический налог не компенсирует в полной мере затрат на охрану окружающей среды. Причем со временем наблюдается снижение его доли в этих затратах.

Для финансирования мероприятий по рациональному использованию природных ресурсов и охране окружающей среды в стране создаются государственные целевые бюджетные фонды охраны природы. Источниками их формирования являются налоги, средства, полученные в счет возмещения вреда окружающей среде, штрафы за ее загрязнение и иные нарушения природоохранного законодательства и др. В последние годы средства фондов охраны природы расходуются на обеспечение снабжения населения качественной питьевой водой; внедрение современных технологий очистки сточных вод; снижение загрязнения атмосферного воздуха; решение проблемы захоронения токсичных отходов, вовлечение в хозяйственный оборот вторичных материальных ресурсов; увеличение использования возобновляемых источников энергии; благоустройство зон отдыха и т.д.

Дальнейшее развитие экономического механизма природопользования и охраны окружающей среды предполагает разработку системы экономического стимулирования внедрения природоохранных технологий и оборудования с использованием дифференцированного кредитования. Перспективным направлением является введение рейтинга банковского процента в зависимости от экологической надежности природопользователя. Необходимым элементом экономического механизма должен стать учет экологических требований при приватизации предприятий с использованием части полученных средств на улучшение экологических характеристик производства.

Для повышения эффективности налогового регулирования природопользования необходима ориентация налогообложения на решение следующих задач. Смещение налогового бремени в сторону тех секторов экономики, которые наносят наибольший ущерб окружающей среде. Налоговое стимулирование инвестиций в охрану окружающей среды в энергоемкие сектора экономики, транспорт и сельское хозяйство. Введение налогов на использование пестицидов, нитратов, веществ, разрушающих озоновый слой Земли и др. Развитие торговли правами на эмиссию углекислого газа, оксидов серы и использование воды. Включение затрат по ликвидации нанесенного окружающей природной среде вреда в цену товара или услуги, производство которого послужило причиной этого вреда.

Применяемый в стране экономический механизм природопользования и охраны окружающей среды содействует снижению удельных показателей воздействий на окружающую среду. На будущее его роль должна усиливаться с тем, чтобы обеспечить перевод экологической политики на *принцип профилактики экологических проблем вместо их устранения.*

Государственная экологическая экспертиза и другие процедуры экологической оценки. Принципы обязательной государственной экологической экспертизы (ГЭЭ) сформулированы в Законе «Об охране окружающей среды». С 2010 года вступил в силу новый Закон Республики Беларусь «О государственной экологической экспертизе». ГЭЭ выполняется для любого планируемого строительства. Особое внимание уделяется вопросам обеспечения экологической безопасности при проектировании и реализации проектных решений по градостроительным проектам, обоснованиям инвестирования в строительство и реконструкцию объектов топливно-энергетического комплекса, а также уникальных и крупных производств и объектов, отказы которых могут привести к тяжелым экономическим, социальным и экологическим последствиям.

Закон также требует включения в проект специального раздела, посвященного ОВОС, которая осуществляется заявителем. После завершения строительства, как только предприятие начинает работать, соответствие его деятельности контролируется инспекторами, и, при необходимости, например, при изменении формы собственности, предприятие проводит экологический аудит. Одной из особых черт нынешнего Закона является то, что экологическая экспертиза проводится для предприятия бесплатно.

Обязанности по проведению ГЭЭ зависят от ее цели. Постановление Минприроды о процедурах по проведению ГЭЭ разделяет обязанности по экологической экспертизе между самим министерством и областными и районными природоохранными органами. Минприроды ежегодно инспектирует около 400 сооружений. Если Минприроды считает, что оно не располагает соответствующими экспертами, то для участия в экспертизе приглашаются независимые эксперты и представители других министерств.

Граждане Беларуси имеют право представлять предложения в отношении ГЭЭ и участвовать в ней. НПО, которые активно участвуют в охране окружающей среды, имеют право организовывать и проводить общественную экологическую экспертизу в соответствии с установленными процедурами. Решение общественной экологической экспертизы носит рекомендательный характер и может направляться органам, которые занимаются ГЭЭ, местным исполнительным и административным органам, а также другим заинтересованным субъектам. Затраты на общественную экологическую экспертизу несут ее инициаторы - НПО и/или граждане.

Данные об использовании природных ресурсов, загрязняющих выбросах и сбросах, обращении с отходами и другом воздействии на окружающую среду регистрируются в экологических паспортах предприятий и государственных статистических реестрах. Минприроды осуществляет выдачу специальных разрешений (лицензий) на деятельность, связанную с использованием природных ресурсов и воздействием на окружающую среду.

Вопросы *экологической сертификации* регулируются законом «Об охране окружающей среды» и техническими нормативными правовыми актами, устанавливающими требования к порядку ее проведения. Государственное регулирование в области экологической сертификации осуществляется

Президентом, Советом Министров, Государственным комитетом по стандартизации и Минприроды Беларуси. Научно-методическое руководство по экологической сертификации в Беларуси осуществляется Минприроды. Экологическая сертификация систем управления окружающей средой проводится на соответствие международным стандартам ИСО серии 14000, услуг в области охраны окружающей среды - на соответствие требованиям СТБ 1803-2007. Опубликованы белорусские стандарты по экологической сертификации, основанные на серии ISO 14000. В настоящее время большинство предприятий Беларуси сертифицировало систему управления окружающей средой на соответствие требованиям стандарта ИСО 14001. Этот процесс инициирован законодательством, которое указывает, что для предприятий, прошедших сертификацию впервые, налог на загрязнение и плата за использование ресурсов снижаются на 10 % в течение трех лет.

Мониторинг окружающей среды в Беларуси проводится в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды (НСМОС), образованной в 1993 году. В настоящее время она включает 11 организационно-самостоятельных видов мониторинга, окружающей среды, проводимых на общих принципах. В рамках НСМОС действует Информационная система НСМОС, которая обеспечивает информационный обмен между видами мониторинга, анализ и обобщение информации о состоянии окружающей среды и прогнозе ее изменения под воздействием природных и антропогенных факторов, а также ее предоставление государственным органам, юридическим лицам и гражданам, а также международным организациям в соответствии с международными договорами Беларуси.

Государственный аналитический контроль (ГАК) в области охраны окружающей среды Беларуси проводится в целях оценки количественных и качественных характеристик выбросов в атмосферный воздух, сбросов в поверхностные и подземные воды загрязняющих веществ, определения загрязнения земель (включая почвы) и состава отходов. ГАК осуществляется ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды». Центр осуществляет: организацию и проведение мониторинга окружающей среды; организацию, ведение учета, методическое руководство и контроль аналитических лабораторий, выполняющих измерения в области охраны окружающей среды; обеспечение сбора, обработки, анализа, ведения баз данных мониторинга и аналитического контроля.

Экологическая безопасность и концепция устойчивого развития. В Беларуси разработана Концепция национальной безопасности Республики Беларусь важной составляющей, которой является государственная политика, в области экологической безопасности базирующаяся на принципе приемлемого риска. В стране сформирована определенная комплексная система экологической безопасности, включающая организационную и управленческую инфраструктуры, систему мониторинга окружающей среды, образования, научного обеспечения, информирования населения. Созданный механизм, обеспечивающий безопасность в экологической сфере, является достаточно

эффективным, но требует усовершенствования с учетом новых угроз и возможностей экономики страны.

Нейтрализация внутренних источников угроз национальной безопасности Беларуси в экологической сфере будет осуществляться на основе внедрения энерго- и ресурсосберегающих экологобезопасных технологий, современных систем защиты экологически опасных объектов, возобновляемых источников энергии. Продолжится комплексная реабилитация и возрождение пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС территорий Беларуси. Дальнейшее совершенствование государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Развитие национальной системы мониторинга окружающей среды. Формирование рынка экологических услуг, внедрение экологического аудита и страхования, эффективной нормативной правовой базы экологической безопасности, включая систему платежей за пользование природными ресурсами и адекватную компенсацию ущерба, причиненного природной среде.

Обеспечить защиту от внешних угроз национальной безопасности в экологической сфере позволит развитие международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и правового разрешения экологических проблем транснационального характера; повышение достоверности оценок и прогнозов состояния природной среды, изменений климата, опасных погодных и климатических явлений; адаптация секторов экономики к изменениям окружающей среды; сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов.

В 2018 году соотношение расходов на охрану окружающей среды к объему ВВП составляло 0,3 %. Принимая во внимание сложившуюся в стране экологическую ситуацию, внутренние затраты на охрану окружающей среды должны быть не менее 2 % ВВП. Для нейтрализации угроз экологической безопасности в первую очередь необходимо совершенствование экологической политики и экономического механизма природопользования.

В связи с этим первостепенное значение придается *Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 г. (НСУР-2030)* разработанной в соответствии с Законом Республики Беларусь «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь». Сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов для удовлетворения потребностей ныне живущих и будущих поколений является высшим приоритетом НСУР-2030.

В НСУР-2030 главное внимание уделено особенностям прогнозного периода, дальнейшей реализации «Повестки дня на XXI век», гармонизации социального, экономического и экологического развития как равноценных взаимодополняющих составляющих в едином сбалансированном комплексе «человек-окружающая среда-экономика». Она определяет принципиальные направления перехода к устойчивому развитию и содержит все элементы, характерные для стратегического документа такого типа и обеспечивающие движение в направлении к устойчивому развитию: модели, стратегические цели, задачи и этапы, главные направления, которым должна следовать страна,

наиболее важные средства и механизмы, а также создание системы мониторинга для измерения результатов.

Часть НСУР-2030 направленная на рациональное использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды для будущих поколений предусматривает совершенствование природоохранной политики и экономических инструментов природопользования; охрану и рациональное использование природных ресурсов; безопасное применение биотехнологий и обеспечение биологической безопасности; безопасное обращение с токсичными химическими веществами; безопасное использование и переработку промышленных и муниципальных отходов; защиту населения и страны от природных и техногенных катастроф; обеспечение экологической безопасности на оборонных сооружениях; развитие проблемных регионов, в частности преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС; гармонизацию национального природоохранного законодательства с международными правовыми актами.

Новые экологические угрозы, глобальные и региональные изменения состояния окружающей среды привели к необходимости разработки Минприродой *Стратегии в области охраны окружающей среды Беларуси на период до 2025 года*, которая определяет цель и приоритетные направления государственной экологической политики страны. Стратегической целью охраны окружающей среды на долгосрочный период до 2025 года является достижение более высокого ее качества, обеспечивающего экологически благоприятные условия жизни населения, содействие решению глобальных и региональных экологических проблем, устойчивому социальному и экономическому развитию Беларуси.

Достижение поставленной цели должно быть обеспечено путем снижения вредных воздействий на окружающую среду, восстановления природных комплексов, кардинального улучшения обращения с отходами, обеспечения устойчивого территориального развития, сохранения биологического и ландшафтного разнообразия, минимизации воздействия на климат и адаптации к его изменениям, планирования мероприятий по охране окружающей среды с использованием геоинформационных технологий и дистанционных методов.

Экологическая политика в области образования и науки. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды оказывает активное содействие проведению мероприятий по повышению экологического сознания населения Беларуси. Министерство организует пресс-конференции и встречи сотрудников с журналистами, выпускает журнал «Родная природа», пресс-релизы и различные информационные материалы, организует размещение экологической рекламы на улицах столицы и содействует созданию видеороликов на телевидении. Минприроды заключило договоры с Белорусским телеграфным агентством и частным информационным агентством ИНТЕРФАКС на подборку, распространение и размещение в сети Интернет экологических новостей, газетами «Белорусская нива» и «Народная газета» на публикацию регулярной экологической странички.

С 2003 года Минприроды ежегодно проводит республиканский экологический форум, в рамках которого проходят разнообразные выставки, фестиваль фильмов, конкурсы фотографий и рисунков, а также демонстрация лучших достижений в области охраны окружающей среды и экологической продукции. Региональные природоохранные органы, учреждения образования и НПО стали инициаторами ряда экологических акций с вовлечением детей и молодежи. Среди них создание сети общественных инспекций охраны природы и групп волонтеров. Экологическая тематика регулярно освещается средствами массовой информации.

Существуют специализированные периодические издания. Создан информационный экологический центр «Эко-Инфо» при Центральной научной библиотеке Национальной академии наук в целях обеспечения доступа общественности, в первую очередь научных работников, а также учителей, студентов и школьников к экологической информации. Раз в два месяца Центр выпускает электронный бюллетень «Зеленая Беларусь» и рассылает его в адрес 32 организаций и 120 частных пользователей. Каждое воскресенье Белорусское радио передает программу «Экологический мониторинг».

В Беларуси активно развивается непрерывное экологическое образование и воспитание, включая формальное и неформальное образование и обучение. В дошкольных учреждениях страны экологическое образование и воспитание осуществляется во всех возрастных группах на основе обновленного варианта Национальной программы воспитания и обучения «Пралеска», один из важнейших разделов которой посвящен экологическому воспитанию детей.

В начальной школе преподается учебный курс «Человек и мир», а в старших классах изучение определенных экологических аспектов осуществляется в рамках обязательных предметов естественно-научного цикла, а также факультативных курсов экологической направленности. В школах также создано 45 музеев природы, 37 микрозаповедников и 461 экологическая тропа. Особая роль в системе экологического образования и воспитания принадлежит учреждениям внешкольного воспитания и обучения. В Беларуси насчитывается 351 учреждение системы внешкольного воспитания и обучения. Это центры детского творчества; туристическо-краеведческие центры, включая самостоятельные туристические базы; экологические центры; объединения по организации внешкольной работы с детьми и подростками. В системе внешкольного воспитания насчитывается 25 эколого-биологических и 78 туристическо-краеведческих центров.

Экологическое образование, воспитание и просвещение являются обязательной составляющей системы профессионально-технического и среднего специального образования при подготовке специалистов всех категорий независимо от их будущей профессии. В этих учреждениях экологическое образование осуществляется как через общеобразовательные предметы, так и через специальные дисциплины. В специальных дисциплинах рассматриваются вопросы охраны окружающей среды; совершенствования технологий, методов очистки выбросов загрязняющих веществ, сточных вод, захоронения неуполученных токсичных производственных отходов и др.

Минприроды и его территориальные органы оказывают финансовую поддержку учреждениям образования и библиотекам, способствующим развитию экологического образования. Средства фондов охраны природы используются на закупку учебников, книг для школьных библиотек, компьютеров и другого оборудования, а также на организацию экологических соревнований, полевых исследований, фестивалей и других мероприятий. Минприроды также оказывает поддержку Республиканскому экологическому центру для детей и юношества, который активно развивает внешкольное экологическое образование.

В вузах страны обязательная экологическая подготовка осуществляется путем экологизации учебно-воспитательного процесса и посредством введения интегрированных курсов. Ряд специальных дисциплин экологического профиля введен в учебные планы вузов. Многие высшие учебные заведения создали кафедры охраны окружающей среды. Министерство образования выдало специальные разрешения на осуществление образовательной деятельности по повышению квалификации кадров по профилю «Экологические науки» семи вузам Беларуси. Минприроды создало республиканский учебный центр подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров в области охраны окружающей среды.

Наиболее актуальными задачами научно-технической деятельности в области охраны окружающей среды Беларуси являются. Разработка современных технологий добычи и переработки минерального сырья. Решение проблем по: ликвидации загрязнения объектов природной среды (водных объектов, почв, растительности), накоплению и использованию отходов, созданию особо охраняемых природных территорий и сохранению биологического разнообразия, обеспечению выполнения международных Конвенций и Соглашений по сохранению озонового слоя, климата, трансграничного загрязнения воздуха на большие расстояния и др. Получение новых данных о влиянии химических, физических, других факторов антропогенного происхождения на здоровье человека. Развитие нормативно-методической базы по совершенствованию управления природопользованием и системой охраны окружающей среды, в соответствии с современными требованиями и принятыми законами.

Участие общественных организаций и населения в экологической политике. По сведениям Министерства юстиции, в Беларуси насчитывается 65 экологических НПО (01.01.2019 г.). Их деятельность в основном осуществляется в Минске и других больших городах. Они занимаются экологическим просвещением или конкретными направлениями, например, сохранение среды обитания птиц. Большинство НПО имеют ограниченное внутреннее финансирование.

Поддержка ряда программ НПО осуществлялась иностранными донорами. В качестве примеров можно привести «Программу малых грантов» (для решения проблем на местном уровне, например, управление водными ресурсами), «Экологическое образование» (поддержка публикаций НПО и проводимых ими мероприятий экологического характера) и др.

Беларусь одобрила Конвенцию о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды (Орхусская конвенция). В декабре 2005 года, в рамках совместного проекта Минприроды и Офиса ОБСЕ в Минске на базе РУП «Бел НИЦ «Экология» был создан Орхусский центр Республики Беларусь. Основными целями и задачами Орхусского центра являются: обеспечение прав общественности на своевременное получение достоверной и полной информации о состоянии окружающей среды, о планируемой и осуществляемой деятельности, которая может оказать значительное воздействие на окружающую среду; установление взаимосвязи между общественностью и государственными органами; оказание практической помощи государственным служащим в выполнении своих обязательств по реализации положений Конвенции; экологическое просвещение и повышение уровня информированности общественности о проблемах окружающей среды; содействие участию общественности в процессе принятия решений и получению доступа к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды; изучение международного опыта и развитие международного сотрудничества в области реализации положений Орхусской конвенции.

Правительство Беларуси внесло значительное количество поправок в экологические нормативные правовые акты и приняло ряд решений, расширяющих спектр прав граждан на доступ к экологической информации и участие в процессе принятия решений по вопросам, касающимся окружающей среды. В 2001 году Минприроды создало Общественный координационный экологический совет, который на сегодняшний день включает представителей 17 НПО. Министерство регулярно созывает заседания Совета для обсуждения конкретных действий и программных вопросов. В 2003-2004 годах общественные координационные экологические советы были созданы при всех областных и Минском городском комитетах природных ресурсов и охраны окружающей среды. Министерство и его районные комитеты разработали планы или программы совместных действий с рядом экологических НПО.

Существуют общие юридические рамки, обеспечивающие участие общественности в принятии решений относительно планов и программ. Вместе с тем нет конкретных процедур, согласно которым указанные условия могут быть применены на практике. Общественность принимала участие в разработке Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития на период до 2030 года, однако она не представлена в Национальной комиссии по устойчивому развитию. Участие общественности в управлении экологическими фондами не предусмотрено.

Опыт участия общественности в оценке воздействия на окружающую среду весьма ограничен. НПО могут организовать общественную экспертизу планируемого мероприятия и передать ее результаты для рассмотрения при проведении ГЭЭ. НПО имеют право обращаться с жалобами, заявлениями и предложениями в органы государственного управления и к юридическим лицам, получать обоснованные ответы в сжатые сроки. В ответ на заявления граждан и НПО, оспаривающие действия или бездействие, нарушающие

природоохранное законодательство, территориальные органы Минприроды используют право наложения административных санкций или взыскания ущерба в отношении нарушителей.

В 2004 году в Минприроды была создана общественная приемная («горячая линия») на которую поступает информация от граждан, содержащих жалобы или запросы на получение информации по таким аспектам, как несанкционированное размещение отходов, загрязнение воздуха, плохое качество питьевой воды, вырубка деревьев, радиационное состояние и отрицательное воздействие транспорта.

Доступ населения к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды, ограничен ввиду относительно высокой стоимости судебных издержек. Случаи, когда граждане выступают в суде против определенных административных решений или прокуратуры, предъявляют иск лицам, наносящим вред окружающей среде, встречаются весьма редко. Не существует также и случаев, когда отдельные граждане или НПО пытаются в судебном порядке разрешить вопрос нарушения их экологических прав. Статистики по данной категории случаев нет.

Особенности регионального и локального проявления глобальных геоэкологических проблем в Беларуси. В целях осуществления экологической политики в последние годы успешно реализовывался целый ряд государственных и отраслевых программ. Существенное развитие получила законодательство в области охраны окружающей среды. Эффективность природоохранных мер значительно повысилась, что обеспечило сохранение положительных тенденций в состоянии окружающей среды по контролируемым параметрам загрязнения.

Загрязняющие вещества от стационарных источников в последние годы улавливаются на уровне 87 – 88 процентов от общего количества веществ, поступающих на очистку. Показатель удельного валового выброса загрязняющих веществ на единицу площади в Республике Беларусь, составляющий 7,7 т/км², ниже по сравнению со странами СНГ (8,3 – 16 т/км²) и сопоставим со странами ЕС (5,5 – 9 т/км²).

За последние десять лет объем забора подземных и поверхностных вод сократился на 16 процентов. Удельное водопотребление на хозяйственно-питьевые нужды снизилось до 165 литров в сутки на человека. Сложилась положительная динамика использования отходов производства. Деятельность по совершенствованию работы с отходами, которые образуются в населенных пунктах, садоводческих товариществах, гаражных и иных потребительских кооперативах, позволила создать в стране комплексную систему обращения с отходами потребления. На 1 января 2019 г. более половины территории Республики Беларусь (55,3%) составляют природные ландшафты: естественные луговые земли, лесные земли и земли под иной древесно-кустарниковой растительностью (насаждениями), земли под болотами и водными объектами.

Реализуемые в последние годы меры по целенаправленному выведению из сельскохозяйственного оборота малопродуктивных земель с их последующим залесением и залужением, обеспечивают поддержание благоприятного

соотношения природных и антропогенно измененных земель, что создает предпосылки для сохранения экологического равновесия. Наличие в составе природных угодий крупных лесных и болотных массивов имеет не только национальное, но и общеевропейское значение для сохранения биологического и ландшафтного разнообразия.

Проведение биотехнических мероприятий, наряду с охраной среды обитания и иными мерами по защите охотничьих диких животных, позволило сохранить устойчивые тенденции роста их численности. Данные наблюдений за дикими животными, виды которых включены в Красную книгу Республики Беларусь, свидетельствуют о том, что в последние годы в стране не выявлено критических ситуаций снижения их численности.

Получены значимые результаты по улучшению благоустройства населенных пунктов, наведению порядка на земле, развитию рекреационного потенциала особо охраняемых природных территорий, естественные природные комплексы стали активно использоваться в целях развития экологического туризма.

Выполнение обязательств, принятых по многосторонним и двусторонним международным договорам в области охраны окружающей среды, способствовало укреплению международного авторитета Республики Беларусь. Реализуемые государственные меры в целом позволили обеспечить стабильное состояние окружающей среды, устойчивое снижение поступления загрязняющих веществ, сохранение биологического и ландшафтного разнообразия.

Наряду с достигнутыми позитивными результатами в области охраны окружающей среды, существует ряд нерешенных экологических проблем. Проблема загрязнения атмосферного воздуха проявляется главным образом в городах. В подавляющем большинстве из них среднегодовое содержание загрязняющих веществ не превышает гигиенические нормативы, при неблагоприятных метеорологических условиях в 0,3-1,6 процента случаев регистрируются превышения нормативов по максимально разовым концентрациям контролируемых ингредиентов. Основными загрязняющими веществами выступают формальдегид, суммарные твердые частицы, оксид углерода, диоксид азота, сероводород и некоторые другие.

Среди стационарных источников выбросов в атмосферный воздух основной вклад вносят организации энергетики, химической и нефтехимической промышленности, литейное производство и промышленность строительных материалов. В выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух доля мобильных источников составляет 71 - 75 процентов валового объема выбросов. В общем объеме выпадений в окружающую среду отдельных веществ (сера, окисленный азот, свинец, кадмий, ртуть) доля трансграничного воздушного переноса сохраняется в пределах 70 - 90 процентов.

Проблема качества подземных вод, используемых для централизованного питьевого водоснабжения населения, связана с относительно высоким содержанием в них железа и марганца, а также недостаточной, с точки зрения физиологических потребностей человека, концентрацией в воде йода и фтора,

что обусловлено природными факторами. В общественных колодцах, эксплуатирующих первый от поверхности водоносный горизонт, примерно в половине случаев фиксируются превышения гигиенических нормативов по химическим показателям и в 16 процентах случаев по микробиологическим показателям, что вызвано антропогенным загрязнением.

Наибольшее количество сточных вод образуется в жилищно-коммунальном хозяйстве (более 60 процентов) и промышленности (20 процентов). Значительный вклад в поступление загрязняющих веществ в водные объекты вносят рассредоточенные источники сброса сточных вод с урбанизированных и сельскохозяйственных территорий.

В стране продолжается процесс интенсивного накопления отходов производства. Не решена проблема галитовых отходов, использование которых составляет менее 8 процентов. В районах размещения объектов захоронения галитовых отходов и фосфогипса согласно данным мониторинга окружающей среды фиксируется рост содержания загрязняющих веществ в почвах и подземных водах.

Актуальной остается проблема отдельного сбора и переработки коммунальных отходов. Доля извлечения вторичных материальных ресурсов из коммунальных отходов не превышает 16 процентов. Для городов, особенно крупных, где размещаются основные источники вредных воздействий – промышленные организации, опасные производственные объекты и постоянно растущий транспорт, характерны повышенные нагрузки на окружающую среду и здоровье населения, создающие дополнительные экологические риски.

Проблема химического загрязнения почв характерна главным образом для городов, придорожных полос, территорий, прилегающих к объектам захоронения отходов и промышленным организациям, отдельных участков сельскохозяйственных земель. Общая площадь загрязнения тяжелыми металлами (преимущественно кадмий, свинец и цинк) и нефтепродуктами, водорастворимыми соединениями (сульфаты, нитраты, хлориды и др.) и пестицидами, составляет около 210 тыс. га. Площадь эрозионно-опасных земель достигает 19 процентов территории страны.

Значительная часть территории страны (30,1 тыс. га. кв. или 14,5 процента), в первую очередь в Гомельской, Могилевской и Брестской областях, остается загрязненной радионуклидами вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС. Авария на атомной электростанции в Чернобыле (Украина) в 1986 году была единственным в своем роде событием, последствия которого до сих пор оказывают воздействие на население, окружающую среду и экономику Беларуси. Первоначальный взрыв и последующий пожар перенесли радионуклиды через границу в Беларусь, загрязнив при этом 47 600 км, или 23% территории страны, где проживало 20% населения. За прошедшие после аварии десять лет уровень радиации в окружающей среде снизился приблизительно на 1% от общего уровня загрязнения. Однако 20% страны (46 500 км²) остаются загрязненными долгоживущими изотопами цезия выше допустимого уровня.

Хотя загрязнение радионуклидами постепенно снижается, сейчас они, соединяясь с почвой, поступают в пищевую цепочку и накапливаются в семенах, пастбищных травах и продуктах леса и в конечном счете оказываются в молоке и мясе. Поскольку основной путь внутреннего облучения идет через молоко, в Беларуси прилагаются большие усилия в этой области. Кроме того, излучение радиоактивного йода вызвало значительный рост рака щитовидной железы в Беларуси, хотя главным образом это относится к тем, кто был в возрасте младше 15 лет на момент взрыва.

После аварии леса, болота и озера накапливали радионуклиды и непрерывно возвращали их обратно в окружающую среду. Пожары в лесах и на торфяниках, а также эрозия сельскохозяйственных и покинутых земель с ветром и водой переносят загрязнение на соседние чистые территории и через границу. Авария также вызвала тяжелые экономические последствия для Беларуси. Приблизительно 21% сельскохозяйственных земель, 23% лесов страны и 132 месторождения минеральных ресурсов оказались зараженными. Наиболее серьезно зараженные участки были выведены из экономического пользования. В течение ряда лет наблюдалось полное отсутствие экономической деятельности и развития инфраструктуры на зараженных территориях, и приблизительно 114 тыс. человек были переселены с загрязненных земель в период 1990-2004 годов. Помимо потери жизни и вредного воздействия аварии на здоровье населения общий экономический ущерб достиг к 2015 году 235 млрд. долл. США.

Экологические проблемы имеют специфику в различных регионах страны в зависимости от присущих им природных условий и особенностей хозяйственного освоения территорий. Регионы, расположенные в пределах Полесской низменности (Брестская, Гомельская, южная часть Минской области), характеризуются низкой защищенностью подземных вод, высокой долей осушительной мелиорации, дефляционной опасностью. Для регионов центральной части страны (Гродненская и Могилевская области), расположенных в пределах Белорусской возвышенности, характерен высокий уровень сельскохозяйственного освоения земель, наличие районов с низкой лесистостью и значительной эрозионной опасностью. Поозерье (Витебская область) отличается высокой степенью сохранения естественных экосистем с большим количеством озер, которые наиболее уязвимы к загрязнениям антропогенного характера.

Тема 8. Формы геоэкологической деятельности и международное сотрудничество в области геоэкологии

Формы геоэкологической деятельности и область применения геоэкологических знаний. Роль той или иной науки в современном мире, ее значение в жизни человеческого общества обусловлены выполняемыми ею функциями. В свою очередь, функции науки определяются ее спецификой, востребованностью общественной практикой на определенном историческом этапе. Геоэкология включает в сферу своей деятельности общество и природу,

активно взаимодействует практически со всеми группами наук: общественными, естественными, техническими и др., взаимно обогащаясь, способствуя при этом широкой геоэкологизации всей системы научного знания.

В начале XXI века усиливается фундаментальная, проблемная, прогностическая и идеографическая тенденции в развитии геоэкологии, которая все в большей степени становится фундаментальной наукой конструктивного и прогнозного направления.

Главные функции геоэкологии – *гносеологическая и конструктивная*. Геоэкология призвана осуществлять единство теоретически и практически неразделимых анализа и синтеза, умело сочетать аналитические и синтетические подходы в научных исследованиях, в пропаганде геоэкологических знаний, организации геоэкологического образования и т. д.

Это особенно важно в процессе философско-геоэкологического восприятия окружающей среды и научно-геоэкологической картины мира – неотъемлемой части человеческой культуры. Она является основой для познания закономерностей взаимодействия общества и природы, развития географической среды. В этом суть *гносеологической* функции геоэкологии.

В настоящее время важное значение для геоэкологии приобрело выполнение ею таких функций, как участие в исследованиях и решениях природно-ресурсных проблем, проблем природопользования, охраны и мониторинга окружающей среды, участие в экологических экспертизах хозяйственных проектов и т.д. При этом большое научно-практическое значение для геоэкологии имеет ее активная роль в разработке основ управления природно-антропогенными геосистемами, территориальной организации всех видов деятельности человека, в прогнозировании природных и общественных процессов.

Чтобы соответствовать современному уровню развития общества в эпоху обострившихся экологических проблем, геоэкология должна разрабатывать экологизированные географические технологии, заниматься проектированием и оптимизацией территориальной организации общества. В этом заключается *конструктивная роль* геоэкологии в жизни человечества, развитие прикладных геоэкологических исследований, которые базируются на использовании новейших методов, компьютерных и дистанционно-космических геоинформационных технологий.

Кроме того, чрезвычайно важны *мировоззренческие, культурно-просветительские, воспитательные, образовательные и информационные функции* геоэкологии, которая играет существенную роль в формировании и постоянном обогащении культурного наследия человечества, основ знаний о мире и месте человека в этом мире. Функции и, следовательно, сферы деятельности геоэкологов весьма разнообразны и постоянно расширяются. И вместе с тем возрастают возможности воздействия геоэкологии на развитие человечества.

Основные достижения и перспективы развития геоэкологии в Беларуси. Наиболее актуальными задачами научной, научно-технической и инновационной деятельности в области геоэкологии в Беларуси являются:

повышение эффективности охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов страны; формирование рынка экотехнологий и экоинноваций; реализация научных исследований в реальных секторах экономики и решении социальных проблем; снижение антропогенной нагрузки на окружающую среду; достижение высоких экологических стандартов жизни населения; реализации государственных, международных научных проектов и программ.

В целях реализации приоритетных направлений научно-технической деятельности в области рационального и экономного использования природных ресурсов, решения экологических и природоохранных задач в настоящее время реализованы Государственная программа «Охрана окружающей среды и устойчивое использование природных ресурсов» (2016 – 2020 г.), Государственная программа научных исследований «Природопользование и экология» (2016 – 2020 г.); Государственная научно-техническая программа «Природопользование и экологические риски» (2016 – 2020 г.) и др.

Основными направлениями НИР программ являлись: рациональное и экономное использование природных ресурсов, разработка новых ресурсосберегающих и малоотходных технологий использования и переработки природных и вторичных материальных ресурсов, снижение антропогенного воздействия на окружающую среду с разработкой мер по ее охране и реабилитации. Их выполнение способствует рациональному природопользованию на основе охраны, освоения и воспроизводства природно-ресурсного потенциала, позволит оптимально решать природоохранные задачи многих отраслей народного хозяйства.

Научные работы выполнялись с участием научного потенциала организаций, подчиненных различным республиканским органам государственного управления. Особое место занимают организации подведомственные Министерству природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. ГУ «Республиканский центр по гидрометеорологии, контролю радиоактивного загрязнения и мониторингу окружающей среды», РУП «Научно-производственный центр по геологии», РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», РУП «БелНИЦ «Экология», ГУ «Республиканский центр аналитического контроля в области охраны окружающей среды», РУП «Центр международных экологических проектов, сертификации и аудита «Экологияинвест» и др.

ГНУ «Институт природопользования НАН Беларуси». Институт природопользования один из старейших институтов НАН Беларуси, выполняющий исследования в области наук о Земле (1932–1990 гг. – Институт торфа, 1990–2008 гг. – Институт проблем использования природных ресурсов и экологии, с 2008 г. – Институт природопользования).

Деятельность Института природопользования направлена на решение проблем рационального природопользования и охраны окружающей среды. Институт выполняет исследования по следующим направлениям. Разработка научных основ природопользования и охраны окружающей среды; оценка,

прогнозирование и оптимизация антропогенных воздействий на природные комплексы. Научное обоснование создания ресурсосберегающих технологий добычи, переработки и использования твердых горючих ископаемых. Изучение условий формирования и оценка состояния подземных пресных питьевых и минеральных вод. Изучение изменений климата и их влияний на различные отрасли экономики. Изучение геодинамики земной коры и современных геологических процессов на территории Беларуси. Геоэкологическое обоснование проектирования и размещения особо ответственных сооружений и экологоопасных объектов (АЭС, ГЭС, подземных хранилищ газа, мест захоронения высокотоксичных отходов).

Значительное внимание развитию геоэкологии в республике уделяется в ГУО «Белорусский государственный университет». На географическом факультете БГУ сосредоточено большое число профессиональных географов высшей квалификации, которые сочетают педагогическую деятельность по подготовке молодых специалистов с активной и плодотворной научно-исследовательской работой. Здесь на 6 кафедрах и 2 научно-исследовательских лабораториях, обеспечивается высокий уровень преподавания и приобщение студентов к развитию современных научных направлений и использованию новейших методов исследований.

Научная деятельность и ее развитие на географическом факультете осуществляется согласно профилю научно-исследовательских лабораторий и кафедр. Ежегодно на географическом факультете выполняется значительное количество НИР, которые соответствуют приоритетным направлениям научных исследований Республики Беларусь, которые утверждены Указом Президента и Постановлением Совета Министров Республики Беларусь.

Международное сотрудничество в области геоэкологии. *История развития международного сотрудничества по охране природы.*

Начало международного сотрудничества в области охраны окружающей среды на современном уровне было положено в XIX в. Председатель 26-го съезда немецких сельских и лесных хозяев в 1868 г. обратился в австро-венгерское министерство иностранных дел с просьбой начать переговоры с иностранными государствами о заключении конвенции об охране животных, полезных в сельском и лесном хозяйстве. В 1875 г. Австро-Венгрия и Италия подписали соглашение об охране полезных для сельского хозяйства птиц. В июне 1895 г. в Париже собралась международная комиссия из представителей 16 европейских государств и разработан проект международной конвенции и декларации об охране птиц, полезных в сельском хозяйстве. На Международной конференции в Париже в 1902 г. была принята конвенция по охране птиц, полезных в сельском хозяйстве. В этом же году Румыния и Россия заключили конвенцию о рыболовстве в водах Дуная и Прута. Япония, Англия, Америка и Россия начали переговоры об ограничении и нормах убоя морского зверя, послужившие позднее основой для заключения международного договора. VIII Международный конгресс зоологов, проходивший в 1910 г. в Австрии, предложил создать Консультативную комиссию по международной защите природы. Предложение было принято на конференции в Берне в 1913 г.

На ней были представлены 17 стран. После конференции были созданы национальные комитеты по охране природы.

Накопление и осмысление экологических знаний о природных взаимосвязях привело к заключению ряда двусторонних и многосторонних международных договоров по охране и использованию отдельных ресурсов. В мае 1882 г. была подписана международная конвенция о ловле рыбы в Северном море. В последующие годы по этому региону было подписано 150 двусторонних, 10 региональных и несколько специальных (по отдельным видам рыб) соглашений. США и Канада в 1916 г. заключили конвенцию по охране перелетных птиц, а в 1936 г. такое же соглашение было подписано между США и Мексикой, включавшее, кроме птиц, и промысловых млекопитающих. Позднее была подписана конвенция о мигрирующих птицах с Японией. РСФСР ратифицировала в 1922 г. соглашение с Финляндией о водопользовании и рыбной ловле в пограничных водах, в 1927 г. - с Турцией, а в конце 20-х годов - с Ираном о совместной эксплуатации рыбных ресурсов южной части Каспия.

Развитию сети заповедников и национальных парков Африки была посвящена первая конференция по охране флоры и фауны Африки, проходившая в 1933 г. в Лондоне. На конференции 1963 г. в Дар-эс-Саламе была принята Хартия по охране природы Африки.

В 1926 и 1935 гг. проходили конференции по предотвращению загрязнения моря нефтью. Восстановление объема и качества водных ресурсов многих европейских стран вызвало к жизни международное сотрудничество по их охране и в 1963 г. был создан Комитет по охране природы и ландшафта, преобразованный через три года в Европейский комитет охраны природы и природных ресурсов с информационным центром, и принята программа «Человек и среда в Европе».

Для проведения совместных исследований, обосновывающих решения актуальных проблем охраны природы в рамках Организации экономического сотрудничества и развития, в 1970 г. создан Комитет окружающей среды. Чтобы привлечь внимание всех слоев общества к проблемам охраны природы, в 1970 г. был проведен Европейский год охраны природы. Этому мероприятию была посвящена конференция в Страсбурге на тему «Устройство среды обитания в Европе будущего». Через четверть века был проведен Европейский год охраны природы - 1995. Около 40 стран Европы приняли участие в реализации целей, поставленных Советом Европы, в области охраны природы Европы.

Значительный вклад в развитие международного сотрудничества в области охраны природы и организации научных усилий в решении этих проблем внесла Международная биологическая программа (МБП), проводимая под эгидой ЮНЕСКО. По завершении этой программы ЮНЕСКО выдвинуло новую – «Человек и биосфера», а Национальный научный фонд (США) - идею проведения Международного десятилетия океанологии. Для реализации программы «Человек и биосфера» в 1972 г. были созданы 44 национальных комитета и группы экспертов по отдельным проблемам. Среди вопросов, разрабатываемых программой: влияние деятельности человека на ресурсы озер,

болот, рек, дельт, эстуариев и прибрежных вод; воздействие человека и методы использования земель под пастбища в саваннах и в тундре, влияние человека на горные экосистемы; оценка качества окружающей среды, влияние человека на энергетический баланс биосферы; последствия войн в биосфере.

Вопрос о надвигающемся кризисе в использовании природной среды и постоянно растущем населении земного шара был выдвинут на XXIII сессии Генеральной Ассамблеи ООН в 1968 г. На XXIV сессии Генеральной Ассамблеи ООН (1972 г.) была объявлена программа ООН в области окружающей среды. Для выработки предложений по этой программе и оценке общего положения с охраной природы в мире в июне этого же года в Стокгольме была созвана конференция ООН по окружающей среде человека. В работе конференции участвовали представители 113 стран и 40 международных организаций. На ней рассматривались вопросы регулирования использования природных ресурсов, идентификации и контроля важнейших загрязнений, международного сотрудничества по проблемам окружающей среды.

В июне 1973 г. на первой сессии Совета ООН были названы главнейшие проблемы по охране природы, большинство из которых касается живой природы: предотвращение загрязнения воздуха; охрана и рациональное использование вод; предотвращение загрязнения Мирового океана; переработка и утилизация различных отходов; охрана и рациональное использование земель и повышение их плодородия; разработка методов наблюдений над биосферой по оценке влияния на нее хозяйственной деятельности (мониторинг).

В Заключительном акте Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (Хельсинки, 1975 г.) определены цели и задачи природоохранительного сотрудничества европейских государств, его основные области, а также формы и методы осуществления. В нем выделены следующие группы целей сотрудничества. Изучать проблемы окружающей среды; повышать эффективность национальных и международных мер по защите окружающей среды путем сопоставления и гармонизации методов, используемых для сбора, анализа и обмена природоохранной информацией, расширения и согласования терминологии в данной сфере. Принимать необходимые меры для сближения политики в области охраны окружающей среды. Поощрять усилия, предпринимаемые на национальном и международном уровнях, в области разработки, производства и совершенствования оборудования, предназначенного для защиты и улучшения окружающей среды и наблюдения за ее состоянием.

На XXIX сессии Генеральной Ассамблеи ООН (1974 г.) Советским Союзом вносится предложение «О запрещении воздействия на природную среду и климат в военных и иных целях, не совместимых с интересами международной безопасности, благосостояния и здоровья людей». В повестку дня XXX сессии Генеральной Ассамблеи ООН (1975 г.) входило обсуждение проекта соглашения «О запрещении разработки и производства новых видов оружия массового уничтожения и новых систем такого оружия», а на сессии 1977 г. - резолюция «О предотвращении ядерной войны».

В ноябре 1988 г. Первый комитет Генеральной Ассамблеи ООН принял 67 резолюций по всем направлениям обуздания гонки вооружений на Земле и ее предотвращения в космосе, ликвидации ядерной угрозы, запрещения химического, бактериологического оружия, сокращения обычных вооружений и передал свои рекомендации на утверждение Генеральной Ассамблеи ООН.

Необходимость международного сотрудничества в области охраны окружающей среды отражена в ряде резолюций Генеральной Ассамблеи ООН, Декларации Конференции ООН по проблемам окружающей среды (Стокгольм, 1972 г.), заключительном акте Совещания по безопасности и сотрудничеству в Европе (Хельсинки, 1975 г.) и в некоторых других международно-правовых актах. Принцип 24 Декларации Конференции ООН по проблемам окружающей среды, в частности, гласит, что международные проблемы, связанные с охраной и улучшением окружающей среды, должны решаться в духе сотрудничества всех стран, больших и малых, на основе равноправия.

Право окружающей среды - нормативная база природоохранительного сотрудничества государств. Оно представляет собой интегрированную отрасль международного права, определяющую режим охраны и использования международных территорий Мирового океана, атмосферы Земли и космического пространства, а также международных природных ресурсов. Эту отрасль объединяют свыше 30 международных договоров, конвенций и соглашений, регулирующих отношения государств по охране окружающей среды и организацию рационального природопользования на региональном и глобальном уровнях. Значительную работу в области охраны природы проводит Совет Европы. В рамках Совета Европы были созданы специальный отдел и ряд Европейских Комиссий и Комитетов, которые координируют природоохранительную работу в Европе.

Международное сотрудничество Беларуси в экологической сфере. Беларусь проводит активную работу по развитию международного сотрудничества в области охраны окружающей среды. Одним из самых активных и эффективно действующих органов государственного управления, содействующих развитию международного сотрудничества в экологической сфере, является Минприроды. Оно осуществляет координацию международной технической помощи, взаимодействие с другими министерствами, неправительственными, профессиональными и научными, а также международными организациями.

Все процедуры, связанные с международными соглашениями, в том числе и в области охраны окружающей среды регулируются Законом «О международных договорах». Инициатива по присоединению к международным природоохранным конвенциям или подписанию двухсторонних, или многосторонних соглашений в области охраны окружающей среды исходит от Минприроды. Проекты документов должны пройти процедуру согласования в Министерстве иностранных дел, Министерстве экономики, Министерстве финансов и других заинтересованных министерствах, и государственных органах. Завершающим шагом является подписание указа Президента о ратификации или присоединении. Межправительственные соглашения

одобряются Советом Министров. Совет Министров также принимает постановление, назначая правительственный орган (обычно Минприроды) ответственный за реализацию конвенции или соглашения.

В соответствии с Законом «Об охране окружающей среды» международное сотрудничество в области охраны окружающей среды осуществляется на основе принципов и норм международного права и национального законодательства. Закон также гласит, что в случае несоответствия норм охраны окружающей среды, содержащийся в международных соглашениях, стороной которых является Беларусь, и положений национального законодательства преимущество имеют международные нормы.

Подобные положения содержатся в других законодательных актах в области охраны окружающей среды. Вместе с тем непосредственное применение норм международных соглашений практически не представляется возможным без принятия национальных законодательных актов, включая подзаконные акты и постановления, которые предназначены для эффективного внедрения указанных соглашений.

Главными направлениями международного сотрудничества Беларуси являются: выполнение международных договоров в области охраны окружающей среды и природопользования и, в первую очередь, совместно с государствами, граничащими с Республикой Беларусь; развитие договорных отношений на двусторонней и многосторонней основе; привлечение средств международных финансовых организаций и государств-доноров для реализации мероприятий в рамках выполнения обязательств по международным правовым актам (конвенциям, протоколам и соглашениям), для реализации планов и программ природоохранной направленности.

Беларусь на постоянной основе взаимодействует с основными международными организациями в сфере окружающей среды. Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Европейской экономической комиссией (ЕЭК ООН), Программой развития ООН (ПРООН), Всемирным банком, Глобальным экологическим фондом (ГЭФ), Всемирной метеорологической организацией (ВМО), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и др.

Республика является Стороной 13 глобальных и 9 региональных международных соглашений, а также 34 двусторонних и многосторонних договоров. Особенно большое внимание в международном сотрудничестве уделяется вопросам укрепления приграничного взаимодействия с сопредельными странами. Одним из приоритетных направлений сотрудничества с приграничными государствами – Литвой, Россией и Украиной – является охрана трансграничных водных объектов от загрязнения и осуществление совместного мониторинга их состояния.

В области международного технического сотрудничества активно проводится работа по реализации проектов международной технической помощи, в ходе которой в страну привлечены существенные финансовые средства ПРООН/ГЭФ, Всемирного банка и Европейской комиссии. Основными направлениями проектной деятельности являются: сохранение

биоразнообразия; формирование институциональной и законодательной базы для внедрения системы комплексных экологических разрешений; предотвращение изменения климата и реализации положений Киотского протокола; внедрение более чистых методов производства и предварительной очистки стоков на небольших предприятиях, направленных на уменьшение промышленного загрязнения бассейна реки Днепра; укрепление технического потенциала для управления водными ресурсами и мероприятия для устойчивых решений в области развития сельского хозяйства в регионе Балтийского моря; обращение со стойкими органическими загрязнителями; совершенствование сети метеорологических и радиолокационных станций в регионе Балтийского моря; устойчивое развитие на местном уровне и построение потенциала в области Стратегической экологической оценки.

Беларусь присоединилась к большому числу важнейших международных природоохранных конвенций. Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением. Венской конвенции об охране озонового слоя. Конвенции и Картахенскому протоколу по биобезопасности. Конвенции о биологическом разнообразии. Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния. Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды. Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте. Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер и др.

Международные организации и программы в области охраны окружающей среды.

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) (UNEP, United Nations Environment Programme). Международная межправительственная программа (принята в 1972 г.) по изучению острых экологических проблем, рационального использования природных ресурсов и охраны природы нашей планеты, проблемы современного экологического кризиса. Штаб-квартира ЮНЕП находится в Найроби (Кения). Программа координируется административным советом, в который входят представители свыше 60 стран мира. ЮНЕП морально и материально поддерживает все принципиальные международные акции в области рационального использования и охраны окружающей среды, созывает международные конференции (первая состоялась в Стокгольме в 1972 г.) и др.

Всемирная метеорологическая организация (ВМО) (WMO, World Meteorological Organization). Межправительственное специализированное учреждение ООН создано в 1873 г. Членами организации являются более 150 стран и территорий. Цель ВМО - обеспечение международного сотрудничества в создании сети станций и выработка единых норм для метеорологических и гидрологических наблюдений, систем быстрого обмена информацией, содействие применению метеорологии и гидрологии в различных отраслях хозяйственной деятельности.

Высший руководящий орган ВМО - Всемирный метеорологический конгресс, который собирается 1 раз в 4 года. Конгресс избирает Исполнительный комитет, который осуществляет контроль за выполнением решений Конгресса. Секретариат ВМО возглавляется Генеральным секретарем, назначаемым Конгрессом. Штаб-квартира ВМО находится в Женеве (Швейцария).

ВМО приняла активное участие в создании всемирного мониторинга химического состава атмосферы и изменения климата и возглавила кампанию по оценке причин и следствий антропогенных изменений климата, сыграла важную роль при проведении переговоров по Рамочной конвенции об изменении климата, которая была подписана в 1992 г. и стала элементом международного права в 1994 г. ВМО внесла важный вклад в Венскую конвенцию по охране озонового слоя и в Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой; привлекает внимание мирового сообщества к опасному состоянию озонового слоя, выпадению кислотных осадков, изменению климата, стихийным бедствиям, загрязнению атмосферы и гидросферы, используя для этой цели свою систему для глобальных наблюдений за озоном и глобальную службу наблюдений за состоянием атмосферы и гидросферы.

Организация объединенных наций по вопросам образования, науки и культуры (ЮНЕСКО) (UNESCO, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization). Межправительственная организация - специализированное учреждение ООН. Существует с 1946 г., когда вступил в силу ее Устав. Полноправными членами ЮНЕСКО является более 150 стран. В соответствии с Уставом в государствах созданы национальные комиссии по делам ЮНЕСКО. Свыше 250 международных неправительственных организаций имеют консультативный статус при ЮНЕСКО и свыше 400 организаций поддерживают с ней деловые контакты. Годовой бюджет ЮНЕСКО складывается из взносов, входящих в нее государств. Высший орган ЮНЕСКО - Генеральная конференция. Состоит из представителей стран-участниц. Собирается на сессии раз в два года. Исполнительный совет, избираемый Генеральной конференцией, включает 45 членов. Штаб-квартира находится в Париже.

Организация содействует укреплению мира и безопасности, способствуя сотрудничеству народов путем образования, науки и культуры, в интересах обеспечения всеобщего уважения к справедливости, законности, правам человека и основным свободам, согласно Устава ООН. Деятельность ЮНЕСКО охватывает вопросы: борьба с неграмотностью, содержание и планирование образования, создание в развивающихся странах центров по подготовке инженерно-технических кадров, мероприятия по развитию международного сотрудничества в сфере науки, исследования в области прав человека и по проблемам укрепления мира, использования космической связи в целях образования. ЮНЕСКО ежегодно проводит свыше 100 международных мероприятий (конференции, заседания, симпозиумы).

ЮНЕСКО издает ежегодно свыше 200 периодических и 100 неперiodических изданий на нескольких языках, справочники, словари терминов, юбилейные издания, международные обзоры, педагогические и технические пособия, каталоги, а также монографии по проблемам образования, науки и информации.

Продовольственная сельскохозяйственная организация объединенных наций (ФАО) (РАО, Food and Agriculture Organization). Специализированное учреждение ООН. Создано в 1945 г. на конференции в Квебеке. Членами ФАО являются около 150 государств - членов ООН. Задача ФАО - содействие улучшению питания и повышению уровня жизни; повышению продуктивности сельского хозяйства, рыбоводства; совершенствованию системы распределения продовольствия и продукции сельского хозяйства. Высший орган ФАО - Генеральная конференция (ГК), которая собирается раз в два года. В период между ее сессиями деятельностью организации руководит избираемый ГК Совет, который составляет обзоры мирового положения в сельском хозяйстве, координирует работу межправительственных организаций по вопросам, связанным с производством, потреблением и распределением продовольствия и сельскохозяйственных продуктов. Во главе ФАО стоит генеральный директор, который избирается конференцией. Штаб-квартира находится в Риме.

ФАО собирает, изучает и распространяет информацию по вопросам питания, продовольствия и сельского хозяйства (включая лесоводство и рыбоводство); содействует научным, техническим и другим изысканиям в области сельского хозяйства и питания. При ФАО имеются региональные отделения: для Африки, Европы, Азии и Дальнего Востока, Ближнего Востока, Латинской и Северной Америки.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) (WHO, World Health Organization). Специализированное учреждение ООН, деятельность которого направлена на борьбу с особо опасными болезнями, разработку санитарных правил и норм. Основано в 1946 г. В последние годы ВОЗ приняла активное участие в оценке последствий ядерной войны для здоровья населения и служб здравоохранения. Эти работы послужили основой для принятия Мировым сообществом важнейших соглашений по запрещению испытаний ядерного оружия в атмосфере, его сокращению и нераспространению. Место пребывания - Женева (Швейцария).

Международный совет научных союзов (МСНС) (ICSU, International Council of Scientific Unions). Международная неправительственная научная организация, объединяющая научные учреждения, международные научные союзы и комитеты в области точных и естественных наук. Существует с 1899 г. Свое нынешнее название получил в 1931 г. В настоящее время ICSU включает 23 Международных Научных Союза. Например, научный союз химических, географических, геологических, биологических и др. наук. ICSU включает 94 национальные научные комитеты, которые представляют ученых отдельных стран, как правило, через их академии и научные советы. Через отраслевые и национальные органы в работе ICSU принимает участие более 130 стран. МСНС имеет консультативный статус при ЮНЕСКО. Высший руководящий

орган МСНС - Генеральная ассамблея, созываемая один раз в два года. Каждая страна имеет в ГА один голос (независимо от числа представителей); научные союзы имеют по три голоса. Штаб-квартира Секретариата находится в Париже.

UCSU образовал многочисленные междисциплинарные органы для решения конкретных научных проблем. Таким образом ICSU является уникальным источником независимого и авторитетного анализа. Очень многие постоянные органы ICSU имеют прямое отношение к проблемам окружающей среды. ICSU имеет совещательный комитет по окружающей среде (Advisory Committee on the Environment (ACE)), который консультирует исполнительное правление союза по вопросам охраны окружающей среды. ICSU помогает в достижении научного прогресса следующим образом: через работу групп, симпозиумов, конференций и публикации; путем акцептации внимания научного содружества на общие проблемы. Это достигается посредством свободного обмена учеными и научной информацией, поддержания соответствующих стандартов, обмена данными и научными результатами: путем достижения международного консенсуса по направлениям исследований и приоритетам; путем разработки международных исследовательских программ, фокусирующих внимание на главных глобальных проблемах. Происходит объединение национальных программ, что позволяет эффективно использовать финансовые и людские ресурсы. ICSU располагает небольшими собственными финансовыми ресурсами. Число программ в области охраны окружающей среды возросло, усилилась связь с правительствами, промышленностью и торговлей, которые располагают необходимыми ресурсами.

Чтобы сконцентрировать ресурсы для программы глобальных исследований создана Международная группа финансирующих агентств для этой программы (IGFA) - International Group of Funding Agencies for Global Research. В рамках ICSU работает научный комитет по проблемам окружающей среды (SCOPE - Scientific Committee on Problems of the Environment), задачей которого является получение знаний по вопросу влияния человека на окружающую среду и окружающей среды на человека, его здоровье и благосостояние. Особое внимание при этом уделяется и эффектам, которые носят глобальный или межрегиональный характер. Комитет является неправительственным, междисциплинарным и международным советом ученых, консультативным органом правительственных, межправительственных и неправительственных органов по вопросу проблем окружающей среды.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) (IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources). Международная неправительственная организация, созданная в 1948 г. с консультативным статусом при ЮНЕСКО, по охране и рациональному использованию природных ресурсов. Включает 502 учреждения (государственные, научные, национальные и др.) из 130 государств, а также 24 международные организации (1984 г.). Союз содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями, а также между отдельными лицами по вопросам защиты природы и охраны

природных ресурсов. Основные направления деятельности МСОП: подготовка и созыв научно-технических совещаний, специальных конференций; разработка международных программ, подготовка международных конвенций и рекомендаций.

Важнейшие международные природоохранные акции МСОП: выпуск Красной книги (1-й том вышел в 1968 г.), принятие XIV сессией Генеральной Ассамблеи МСОП в 1978 г. (СССР, Ашхабад) официального программного документа Союза - Всемирной стратегии охраны природы и Хартии охраны природы. МСОП активно сотрудничает с другими международными организациями: ООН («Программа ООН по окружающей среде»), ЮНЕСКО (программа «Человек и биосфера»), Всемирным фондом дикой природы, Римским клубом, Международным институтом системных исследований и др. МСОП публикует ежемесячные бюллетени, труды научно-технических совещаний, Красную книгу, несколько серийных выпусков, например, «Список национальных парков и эквивалентных резерватов» и др.

Межправительственная морская консультативная организация (ИМКО) (IMCO, Intergovernmental Maritime Consultative Organization). Специализированное учреждение ООН. Конвенция о создании организации была выработана в 1948 г. на Морской конференции ООН в Женеве и вступила в силу в 1958 г. после того, как ее ратифицировало 21 государство. ИМКО ставит своей целью содействовать расширению и укреплению сотрудничества государств в области судоходства и в обеспечении максимально возможной безопасности мореплавания. Согласно Конвенции, она должна содействовать устранению любой дискриминации в практике судоходства, свободному использованию наличного тоннажа для удовлетворения мировых потребностей, контролировать выполнение международных морских конвенций об охране человеческой жизни на море, о гражданской ответственности за ущерб от загрязнения нефтью, по безопасности рыболовных судов и т. д.

Одна из важнейших обязанностей ИМКО - созыв международных конференций для обсуждения технических и других проблем загрязнения моря. В Организацию входят более 110 полноправных и ассоциированных членов. Высший орган ИМКО - Ассамблея. Состоит из представителей всех членов ИМКО, созывается раз в два года. В период между сессиями работой руководит Совет, который состоит из представителей 24 государств, избираемых на два года. Административно-техническую работу ведет Секретариат. Штаб-квартира находится в Лондоне.

Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) (OECD, Organization for Economic Cooperation and Development). Создана в 1961 г. по инициативе США. В настоящее время в ОЭСР входят 24 государства: Австралия, Австрия, Бельгия, Великобритания, Греция, Дания, Ирландия, Исландия, Испания, Италия, Канада, Люксембург, Нидерланды, Новая Зеландия, Норвегия, Португалия, США, Турция, ФРГ, Финляндия, Франция, Швейцария, Швеция, Япония. Официальные цели ОЭСР - координация экономической политики капиталистических держав, в том числе и по вопросам помощи развивающимся странам, включая вопросы охраны

окружающей среды. В работе ОЭСР участвуют Комиссия европейских сообществ, генеральный секретарь Европейской ассоциации свободной торговли, Европейское объединение угля и стали и Евратом. ОЭСР поддерживает официальные связи с ЮНЕСКО, ЮНКТАД, ФАО и другими организациями.

В 1974 г. в рамках ОЭСР создано Международное энергетическое агентство, которое объединяет 19 капиталистических стран - основных потребителей нефти. Руководящий орган ОЭСР - Совет, в который входят представители всех стран-членов. Совет собирается регулярно на официальном уровне под руководством генерального секретаря. В ведении Совета находятся все вопросы генеральной политики ОЭСР. Имеется также Исполнительный комитет (ИК), состоящий из представителей 14 стран-членов ОЭСР, назначаемых ежегодно Советом. На заседаниях ИК, проходящих еженедельно, готовятся различные материалы, в том числе проекты решений по проблемам, которые выносятся на обсуждение Совета. Текущую работу осуществляют многочисленные отраслевые комитеты. Штаб-квартира ОЭСР находится в Париже.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) (IAEA, International Atomic Energy Agency). Создано в 1957 г. для развития международного сотрудничества в области мирного использования атомной энергии. Объединяет более 110 государств. С 1958 г. МАГАТЭ осуществляет программу «Ядерная безопасность и защита окружающей среды», целью которой является обеспечение безопасного использования ядерной энергии, защита человека и окружающей среды от воздействия ядерной радиации, радиоактивных и нерадиоактивных выбросов с ядерных установок. Штаб-квартира расположена в Вене (Австрия).

Программа развития ООН (ПРООН) (UNDP, United Nations Development Programme). Вспомогательный орган Генеральной ассамблеи ООН (ГА ООН), координирующий планирование осуществляемых ООН программ технического сотрудничества. Действует с ноября 1965 г., когда ГА ООН приняла резолюцию под названием «Объединение в целях прогресса». В соответствии с этой резолюцией в ПРООН были объединены Расширенная программа технической помощи (учреждена в 1950 г.) и Специальный фонд ООН (учрежден в 1959 г.). Финансовые средства ПРООН складываются из добровольных взносов стран-членов ООН и участвующих в ПРООН агентств. Под эгидой ПРООН ныне работают более 6700 технических специалистов и советников, свыше 650 исследовательских центров и учебных институтов.

В тесной связи с ООН и ее агентствами ПРООН разрабатывает и осуществляет проекты в области сельского хозяйства, промышленности, образования и охраны окружающей среды. Поддерживает более 5000 проектов, общие бюджетные ассигнования на которые составляют 1,3 млрд долл. США. Руководящие органы ПРООН - Совет управляющих (СУ), избираемый Экономическим и Социальным советом ООН в составе представителей 48 стран, и Межорганизационный консультативный совет. Сессии СУ обычно проходят в январе в Нью-Йорке и в июне в Женеве. Секретариат включает

представителей, примерно, 90 стран. Штаб-квартира ПРООН находится в Нью-Йорке.

ПРООН ставит своей целью техническую помощь развивающимся странам в деле более полного использования имеющихся природных и людских ресурсов и в модернизации различных отраслей экономики. Помощь носит в основном преинвестиционный характер и оказывается в проведении изысканий и исследований природных богатств, развитии и внедрении новых технических методов в промышленности и в сельском хозяйстве, создании учебных заведений и исследовательских центров. Эту работу ПРООН проводит в сотрудничестве более чем со 170 правительствами и двумя с лишним десятками международных агентств.

2. ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1. Задания практических работ

Практическая работа № 1 по теме 3.5.1: Природно-антропогенные геосистемы и их классификация. (2 ч.)

Цель занятия: Сформировать умения определения типа природно-антропогенных геосистем.

Теория и методика: Развитие человеческого общества привело к тому, что природные геосистемы постепенно преобразуются в природно-антропогенные. Устойчивое функционирование природно-антропогенных геосистем возможно только при выполнении принципа сбалансированности: совокупная антропогенная нагрузка не должна превышать потенциал самовосстановления природной среды. Реальные природно-хозяйственные комплексы могут существенно отличаться от идеальных природно-антропогенных геосистем (ПАГ). Но их сопоставление позволяет наиболее обосновано подходить к регламентации хозяйственной деятельности.

Масштабы и формы производства, их сочетание с природными условиями весьма разнообразны. Это приводит к необходимости классификации ПАГ, основанной на комплексной количественной характеристике. Вариабельность природно-производственных комплексов в значительной мере определяется плотностью населения, техногенной насыщенностью территории и ее природными особенностями. Для сравнения природных и производственных потенциалов территории можно использовать энергетический подход посредством расчета эргодемографического индекса (ЭДИ):

$$\text{ЭДИ} = 1 + \frac{0,01 \cdot \rho \cdot \varepsilon}{\rho_0 \cdot R_c S},$$

где ρ – плотность населения территории, чел/км²; ρ_0 – средняя плотность населения страны, чел/км²; R_c – суммарная солнечная радиация на данной территории, ккал/см²год; S – площадь территории, км²; ε – общий расход топлива, горючего и топливных эквивалентов электроэнергии в территории, тут/год (тут – тонна условного топлива, соответствующая примерно количеству тепла, выделяемого при сгорании одной тонны высококачественного каменного угля, 1 тут = $29,3 \cdot 10^9$ Дж).

В зависимости от конкретных условий ЭДИ может варьировать в пределах нескольких порядков, что позволяет довольно отчетливо классифицировать различные ПАГ. Разумеется, это обобщенная характеристика. Для более детальной оценки ПАГ должны учитываться более подробная информация о ее социально-экономических и природных условиях.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, компьютер, калькулятор, карандаши, ручка.

Задание и методические указания по его выполнению:

Рассчитайте эргодемографический индекс и определите тип трех ПАГ.

Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Дополнительные указания.

Принять среднюю плотность населения страны равной 8,5 чел./км².

Значение ε – общий расход топлива, горючего и топливных эквивалентов электроэнергии в территории принять равным годовому потреблению энергии.

Форма контроля: Расчетно-графическая работа.

Литература по теме:

Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 01 «География», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А.Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с.

Практическая работа № 2 по теме 3.5.2: Антропогенное загрязнение окружающей среды. (2 ч.)

Цель занятия: Выработать навыки расчета показателей антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды.

Теория и методика: *Антропогенное воздействие на воздушный бассейн* включает выбросы вредных веществ в атмосферу и изъятие кислорода. Оценка воздействия осуществляется с помощью индекса загрязнения воздуха (ИЗ_{воз}):

$$\text{ИЗ}_{\text{воз}} = 0,001 \left(\frac{P_0}{B_0} + \frac{A}{T} \right),$$

где P_0 – энергетическое потребление кислорода в территории, тыс. т/год; B_0 – биопродукция кислорода в территории, тыс. т/год; A – годовая сумма вредных выбросов в атмосферу от стационарных источников, т/год; T – площадь территории, км².

Воздействие на водные объекты оценивается с помощью индекса антропогенной нагрузки на водные ресурсы (ИАН_{вод}):

$$\text{ИАН}_{\text{вод}} = 0,059 \cdot K \cdot M,$$

где K – доля изъятия при водозаборе годового дебита природных вод территории (речного стока и протока), отн. ед.; M – годовой объем загрязненных стоков, млн. м³.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, компьютер, калькулятор, карандаши, ручка.

Задание и методические указания по его выполнению

Рассчитайте индексы загрязнения воздуха (ИЗ_{воз}) и антропогенной нагрузки на водные ресурсы (ИАН_{вод}) для трех вариантов, представленных в приложении.

Создайте таблицы исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Форма контроля: Расчетно-графическая работа.

Литература по теме:

Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 01 «География», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А.Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с.

Практическая работа № 3 по теме 3.5.3: Пофакторная оценка геоэкологического состояния окружающей среды. (4 ч.)

Цель занятия: Выработать навыки расчета показателей геоэкологического состояния компонентов окружающей среды.

Теория и методика: Рассматриваемый подход в проведении геоэкологических исследований и оценки состояния территории, как правило, основывается на замерах элементарных поллютометрических показателей (ЭПП), привязанных к определенным координатам и моменту времени. Репрезентативность результатов исследования во многом определяется правильностью выбора точки и момента времени проведения замеров, так как результаты замеров в одной точке распространяются на определенные площади и временные интервалы. ЭПП характеризуют состояние одного компонента среды, в одной точке, по одному из параметров, в единичный момент времени. Их примерами могут быть: данные замеров концентрации поллютантов и уровней физических полей, определение мощности илистых образований, оценка состояния единичных биологических объектов и др. За исключением экстремальных значений отдельные ЭПП являются малоинформативными при комплексной оценке геоэкологического состояния окружающей среды. Для повышения ее информативности осуществляется интеграция ЭПП.

Временная интеграция представляет собой операцию осреднения показателей, получения характеристик их динамики и изменчивости. Она может проводиться как для отдельных точек и линий, так и для территориальных единиц. ЭПП, относящиеся к депонирующим компонентам среды, характеризуют геоэкологическую обстановку за некоторый интервал времени: весь период антропогенного воздействия (почвы, донные отложения); ряд лет (кора, древесные ткани), т.е. являются первично интегрированными во временном отношении.

Территориальная интеграция, т.е. переход к средним величинам, характеристикам изменчивости и распределения осуществляется с соблюдением общепринятых процедур по обеспечению репрезентативности: обработка статистически значимых выборок, упорядоченного размещения точек. Данный вид интеграции осуществляется в пределах территориальных единиц, избранных для картографирования в определенных масштабах и, следовательно, выполняется после районирования. Следует отметить, что характеристики, полученные с помощью дистанционных методов исследования, могут относиться непосредственно к контурам и, следовательно, быть первично интегрированными в пространственном отношении.

Результатами временной и территориальной интеграции являются

элементарно обобщенные поллютометрические показатели (ЭОПП), характеризующие состояние окружающей среды по одному из параметров за определенный период времени, в точке или в пределах избранной территориальной единицы. Принципиальной разницы между элементарно обобщенными показателями и первично интегрированными показателями, непосредственно относящимися к единицам площади и интервалам времени, нет.

Межингредиентная интеграция осуществляется с целью получения более полной локальной характеристики состояния одного из компонентов окружающей среды. ЭПП или ЭОПП интегрируются в обобщающие показатели через получение относительных (нормированных на гигиенические или геоэкологические нормативы – ПДК, ПДУ, фоновые характеристики) величин и математические действия с ними. Примерами межингредиентно интегрированных поллютометрических показателей (МИИПП) являются:

Комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА):

$$\text{КИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{Gi}}{\text{ПДК}_{c.c.i}} \right)^C,$$

где i – примесь; q_{Gi} – среднегодовая концентрация примеси; $\text{ПДК}_{c.c.i}$ – соответствующая среднесуточная предельно допустимая концентрация; C – константа (Таблица 1); n – число примесей.

Таблица 1 – Классы опасности загрязняющих веществ и значения C

Класс опасности веществ	Значения C
I	1,7
II	1,3
III	1,0
IV	0,9

В соответствии с существующими методами оценки *уровень загрязнения* считается: *низким* при КИЗА ниже 5, *повышенным* – от 5 до 6, *высоким* – от 7 до 13, *очень высоким* при КИЗА, равном или больше 14 (Таблица 2).

Таблица 2 – Критерии градации категорий медико-экологической ситуации в регионе (любом населенном пункте) по уровню КИЗА

Категории медико-экологической ситуации	Показатели загрязнения объектов окружающей среды по уровню КИЗА
Удовлетворительная	< 5
Относительно напряженная	6–15
Существенно напряженная	16–50
Критическая	51–100
Условно катастрофическая	> 100

Индекс загрязнения воды (ИЗВ):

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{\text{ПДК}_i} \right),$$

где n – число веществ, по которым имеют место превышения ПДК; Q_i – концентрация i -го вещества за соответствующий период осреднения; ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вещества в воде водоемов.

В зависимости от величины ИЗВ участки водных объектов подразделяют на классы (Таблица 3).

Таблица 3 – Классы качества вод в зависимости от значения ИЗВ

Воды	Значения ИЗВ	Классы качества вод
Очень чистые	до 0,2	1
Чистые	0,2–1,0	2
Умеренно загрязненные	1,0–2,0	3
Загрязненные	2,0–4,0	4
Грязные	4,0–6,0	5
Очень грязные	6,0–10,0	6
Чрезвычайно грязные	>10,0	7

Суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c) (Таблица 4, 5):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_i - (n - 1),$$

где $K_i = C_i / C_\phi$ (C_i и C_ϕ – фактическая в данной точке и фоновая для типа почв концентрация i -го элемента соответственно); n – число учтенных в данной точке элементов.

Таблица 4 – Уровни загрязнения почвенного покрова по суммарному загрязнению тяжелыми металлами (Z_c)

Уровень загрязнения	Z_c	Воздействие на здоровье человека
Низкий	$16 <$	Наиболее низкие показатели заболеваемости детей, частота встречаемости функциональных отклонений минимальна
Средний	16–32	Повышение уровня общей заболеваемости населения
Высокий	33–128	Высокий уровень общей заболеваемости, рост числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Очень высокий	>128	Высокий уровень заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

Таблица 5 – Классы опасности (токсичности) элементов

Класс опасности	Элементы
I	Мышьяк (As), кадмий (Cd), ртуть (Hg), свинец (Pb), цинк (Zn), фтор (F)
II	Бор (B), кобальт (Co), никель (Ni), молибден (Mo), медь (Cu), сурьма (Sb), хром (Cr)
III	Барий (Ba), ванадий (V), вольфрам (W), марганец (Mn), стронций (Sr)

Интегральные коэффициенты сохранности (ИКС) биоразнообразия:

$$\text{ИКС} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{ij}}{A_{\phi i}} \right),$$

где A_{ij} и $A_{\phi i}$ – фактические и контрольные значения i -го показателя; n – число учтенных показателей.

Межкомпонентная интеграция, так же, как и межингредиентная, может осуществляться безотносительно к территориальным рамкам. Разнообразие размерностей показателей состояния отдельных компонентов окружающей среды приводит к тому, что их интеграция осуществляется на основе квалиметрических оценок с использованием стоимостного, экспертного, вероятностного и смешанного методов. Объектом оценки при этом является относительная значимость отдельных компонентов окружающей среды, субъектом оценки – человек, иной биологический вид или экосистема. Весь комплекс воздействий на окружающую среду находит отражение в первично-интегрированных показателях состояния биоиндикаторов. К показателям такого рода относятся характеристики биопродуктивности, распространения индикаторных видов и видового разнообразия.

Разные виды антропогенных воздействий обычно рассматриваются отдельно, в рамках разных практических задач и в связи с этим на комплексных геоэкологических картах показываются изолированно. Виды трансформации компонентов окружающей среды, не поддающиеся непосредственной медико-экологической оценке (нарушение почвенного и растительного покрова; геодинамические процессы и другие факторы риска), в принципе могут быть интегрированы, например, на стоимостной основе.

Суммарный показатель антропогенной нагрузки (СПАН). Суммарный показатель антропогенной нагрузки, определяемой с антропоцентрических позиций, может быть реализован на основе оценки воздействия на здоровье человека состояния отдельных компонентов окружающей среды, которое может быть охарактеризовано через показатели, отнесенные к гигиеническим нормативам, с учетом значимости влияния отдельных факторов, определяемого методом экспертных оценок. СПАН можно представить в виде формулы:

$$\begin{aligned} \text{СПАН} = & 0,30\text{КИЗА}_{\text{ср.г}} + 0,20\text{ИЗВ}_{\text{хим}} + \\ & + 0,20 \frac{\text{П}_{\text{ш}}}{\text{П}_{\text{шПДУ}}} + 0,15\text{КИЗА}_{\text{макс}} + 0,15\text{ИЗВ}_{\text{бак}}, \end{aligned}$$

где $\text{КИЗА}_{\text{ср.г}}$, $\text{КИЗА}_{\text{макс}}$ – комплексные индексы загрязнения атмосферы, среднегодовой и максимальный соответственно; $\text{ИЗВ}_{\text{хим}}$, $\text{ИЗВ}_{\text{бак}}$ – индексы загрязнения воды, химического и бактериологического соответственно; $\text{П}_{\text{ш}}$, $\text{П}_{\text{шПДУ}}$ – средний и предельно допустимый уровни шума соответственно.

При расчете шумовой нагрузки необходимо учитывать процент населения, проживающего в зоне акустического дискомфорта n и превышение предельно допустимых уровней в ночное и дневное время. Тогда шумовую нагрузку можно оценить, как:

$$\frac{\text{П}_{\text{ш}}}{\text{П}_{\text{шПДУ}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{L_{\text{дн}}}{\text{ПВУ}_{\text{ш,дн}}} + \frac{L_{\text{н}}}{\text{ПВУ}_{\text{ш,н}}} \right) \cdot \frac{n}{100},$$

где $L_{\text{дн}}$ и $L_{\text{н}}$ – средние значения уровней шума в дневное и ночное время; $\text{ПВУ}_{\text{ш,дн}}$ и $\text{ПВУ}_{\text{ш,н}}$ – их предельно допустимые уровни; n – процент населения, проживающего в зоне акустического дискомфорта.

Для качественной оценки воздействия на человека факторов окружающей среды следует использовать более широкий спектр ее характеристик. Другие факторы воздействия окружающей среды на человека могут быть учтены при определении СПАН после их гигиенической оценки в форме введения новых взвешенных коэффициентов.

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, компьютер, калькулятор, карандаши, ручка.

Задание и методические указания по его выполнению

По данным Таблицы 6 определите комплексный индекс загрязнения атмосферы городов (КИЗА).

По данным Таблицы 7 определите индекс загрязнения воды рек (ИЗВ).

По данным Таблицы 8 определите суммарный показатель загрязнения почвы (Z_c)

Определите суммарный показатель антропогенной нагрузки городов N , M , K (СПАН) при следующих исходных данных:

- среднегодовой уровень загрязнения атмосферного воздуха ($\text{КИЗА}_{\text{ср.г}}$) определить по данным Таблицы 6;
- города обеспечиваются водой централизованно (ИЗВ принять равным 0);
- на территориях шумового дискомфорта проживает:
 - в г. N – 36% населения, средние уровни шума в жилых помещениях составляют днем 64 дБА; ночью – 38 дБА;
 - в г. M – 48% населения, средние уровни шума в жилых помещениях составляют днем 72 дБА; ночью – 46 дБА;

– в г. К – 28% населения, средние уровни шума в жилых помещениях составляют днем 30 дБА; ночью – 20 дБА.

Создайте таблицы исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Дополнительные указания.

Предельно допустимые уровни шума в жилых помещениях в дневное время составляют 40 дБА, в ночное – 30 дБА.

Сведения о превышениях максимально разовых концентраций загрязнения воздуха ($KИЗА_{\text{макс}}$) не учитывать.

Таблица 6 – Средний уровень загрязнения атмосферного воздуха (q_g , мг/м³)

Примеси	q_g , мг/м ³			ПДК _{с.с.}	Класс опасности
	г. N	г. M	г. K		
Взвешенные вещества	0,1	0,2	0,3	0,15	3
Диоксид серы	0,001	0,01	0,006	0,05	3
Оксид углерода	3,0	4,0	2,0	3,0	4
Диоксид азота	0,08	0,1	0,06	0,04	3
Оксид азота	0,06	0,08	0,04	0,06	3
Сероводород	0,001	0,05	0,03	0,05	2
Фенол	0,007	0,06	0,02	0,003	2
Сажа	0,01	0,08	0,05	0,05	3
Углеводороды	7,0	9,0	5,0	1,5	4
Аммиак	0,11	0,32	0,08	0,04	4
Формальдегид	0,003	0,06	0,009	0,003	2
Бензол	0,23	0,42	0,34	0,1	2
Ксилол	0,11	0,23	0,18	0,2	3
Толуол	0,3	0,8	0,6	0,6	3

Таблица 7 – Характеристика загрязненности поверхностных вод

Показатели качества	ПДК, мг/л	Средняя концентрация, мг/л		
		р. Ипуть	р. Гайна	р. Сож
Растворенный кислород	5,0	10,1	10,1	9,09
БПК ₅	2,0	3,15	4,28	5,47
Взвешенные вещества	0,75	59,4	46,5	77,0
Фенолы	0,001	0,002	0,004	0,005
Нефтепродукты	0,05	0,22	0,27	0,52
Азот аммонийный	0,39	0,9	0,6	1,4
Азот нитритный	0,02	0,02	0,037	0,077
Азот нитратный	9,0	0,42	0,45	0,82
Фосфаты	0,2	0,06	0,057	0,079
Медь	0,001	0,008	0,012	0,016
Формальдегид	0,05	0,02	0,085	0,1
Железо общее	0,1	0,04	0,46	0,6
Хлориды	300,0	187,0	120,0	169,0
Минерализация	1000,0	287,6	308,5	596,4

Таблица 8 – Результаты рентгенофлюоресцентного анализа проб почвенного покрова городов, мг/кг

Хим. элемент		Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	Cr	V	As	Sr
Сi	г. N	152,3	461,1	30,0	32,3	3,7	583,1	88,6	35,0	35,5	209,5
	г. M	26,3	82,7	32,3	23,5	0,9	491,4	51,6	35,0	12,7	193,1
	г. K	133,7	219,6	26,8	22,1	2,7	484,4	46,6	23,4	31,9	155,1
Сф		14,7	85,8	17,5	22,7	0,3	419,0	50,2	6,4	14,2	128,0

Форма контроля: Расчетно-графическая работа.

Литература по теме:

Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 01 «География», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А.Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с.

2.2. Задания управляемой самостоятельной работы, в том числе размещенные на Образовательном портале БГУ LMS Moodle

Управляемая самостоятельная работа № 1 по теме 3.5.4: Комплексные показатели антропогенного воздействия на окружающую среду. (4 ч.)

Цель занятия: Сформировать умение определения комплексных показателей геоэкологического состояния окружающей среды.

Теория и методика: Для сравнительного анализа геоэкологического состояния окружающей среды и силы антропогенного воздействия на нее часто пользуются комплексными показателями, характеризующими ее отдельные параметры: население, производственный потенциал, состояние природы, антропогенное воздействие.

Эти показатели могут иметь самостоятельное значение и вместе с тем связаны между собой. Уровень антропогенного воздействия влияет на здоровье населения и состояние природы, а объем затрат на геоэкологическую безопасность непосредственно связан с численностью населения и производственным потенциалом территории и т.д. Таким образом, указанные показатели находятся в одном информационном поле и допускают перекрестный контроль геоэкологического состояния территории. Применение этих показателей оценки позволяет определить основные направления экологической политики.

Количественная оценка плотности и состояния здоровья населения на определенной территории осуществляется путем расчета *индекса демографической напряженности* (ИДН) включающего нескольких показателей с учетом их относительной значимости. Численные значения (коэффициенты) определены эмпирически на основании сопоставления демографических характеристик и заболеваемости населения в нескольких контрастных по этим параметрам территориях.

Фактическая величина ИДН для конкретной территории рассчитывается по формуле:

$$\text{ИДН} = Y \cdot \lg \rho (0,1Z - 2P + C) \cdot C_d^2 \cdot \mu,$$

где Y – степень урбанизации территории: доля площади территории (от 0 до 1), занятая застройкой городского типа, промышленными объектами и коммуникациями, отн. ед.; ρ – плотность населения, чел./км²; Z – общая годовая заболеваемость населения (на 1000 чел.); P – рождаемость, на 1000 чел.; C – общая смертность, на 1000 чел.; C_d – детская смертность, на 1000 чел.; $\mu = 10^{-4}$, масштабный множитель, при котором ИДН = 1.

Если сравниваемые территории характеризуются близкими значениями плотности населения, общей заболеваемости и степени урбанизации можно пользоваться для расчета ИДН упрощенной формулой:

$$\text{ИДН} = (16 - 2P + C)/5000 \cdot C_d^2.$$

Производственный потенциал территории можно оценить путем расчета *индекса промышленной нагрузки* (ИПН):

$$\text{ИПН} = (\Pi + \Phi)/T_y,$$

где Π – годовой объем производства, млрд руб.; Φ – среднегодовые основные производственные фонды промышленности, млрд руб.; T_y – площадь урбанизированной территории.

Устойчивость экосистем сопряжена с климатическими факторами и водным режимом территории. Энергетическое выражение *индекса устойчивости экосистем* (ИУЭ) рассчитывается по формуле:

$$\text{ИУЭ} = \text{ПБМ}_3 \cdot \text{УБП}_3 / R_n,$$

где ПБМ_3 – энергетическое выражение плотности размещения биомассы; УБП_3 – энергетическое выражение плотности биопродуктивности; R_n – энергия поглощенной радиации.

Перевод значений сухого вещества фитомассы и ее продукции в энергетические единицы осуществляется путем умножения на коэффициент 15 275 МДж/т (1 т сухого вещества фитомассы соответствует в среднем 15 275 МДж).

Материалы и оборудование: рабочая тетрадь, компьютер, калькулятор, карандаши, ручка.

Задание и методические указания по его выполнению:

Рассчитайте индексы демографической напряженности (ИДН) и устойчивости экосистем (ИУЭ) для трех вариантов, представленных в приложении.

По данным Таблиц 9-11 рассчитайте индекс промышленной нагрузки (ИПН) в разрезе Республики Беларусь и ее административных областей.

Создайте таблицы расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Таблица 9 – Площадь урбанизированной территории

Регион	Годы					
	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Республика Беларусь	1978,5	1953,0	1963,3	2024,5	2074,5	2165,7
Области:						
Брестская	285,2	285,7	286,4	296,2	298,8	304,6
Витебская	411,5	430,9	434,9	466,8	498,1	502,3
Гомельская	411,6	377,2	377,2	391,4	394,2	403,2
Гродненская	229,9	229,0	234,7	236,0	236,8	243,5
Минская	392,3	379,5	379,9	383,1	396,4	399,6
Могилевская	248,0	250,7	250,2	250,8	250,2	312,5

Таблица 10 – Годовой объем промышленного производства, млрд руб.

Регион	Годы					
	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Республика Беларусь	64 502,2	166 953,1	347 655,5	615 861,9	605 634,5	673 850,1
Области:						
Брестская	5689	15 897,9	28 919,8	55 420,7	60 120,1	69 651,7
Витебская	11 681,1	29 244,3	60 781,1	111 765,1	95 787,3	105 330,6
Гомельская	14 655,7	35 272,7	75 794,6	126 691,4	125 647,9	140 319,3
Гродненская	5382,0	16 164,3	30 295,4	56 603,4	62 464,6	69 655,9
Минская	21 940,3	54 563,8	121 575,3	207 313,5	200 880,7	227 934,5
Могилевская	5154,1	15 810,1	30 289,3	58 067,8	60 733,8	60 958,2

Таблица 11 – Среднегодовые основные производственные фонды (млрд руб.)

Регион	Годы					
	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Республика Беларусь	207 513	431 561	865 672	1 198 019	1 469 141	1 648 586
Области:						
Брестская	23 478	53 664	109 254	151 834	186 375	209 519
Витебская	27 287	54 550	104 024	140 583	170 902	191 669
Гомельская	37 361	77 175	158 061	213 522	258 972	288 322
Гродненская	20 982	45 261	88 937	127 265	158 527	175 576
Минская	76 555	156 806	318 893	443 351	542 768	612 220
Могилевская	21 849	44 106	86 504	121 464	151 598	171 281

Форма контроля: Расчетно-графическая работа.

Литература по теме:

Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 01 «География», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А.Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с.

Управляемая самостоятельная работа № 2 по теме 3.5.5: Оценка геоэкологической емкости территории. (4 ч.)

Цель занятия: Сформировать умение определения полной и антропогенной геоэкологической емкости территории.

Теория и методика: Понятие емкости территории используется при проектировании хозяйственного освоения и заселения территорий, для регламентации хозяйственной деятельности с целью обеспечения совместимости ее с окружающей средой (геоэкологического равновесия). Геоэкологическое равновесие наблюдается в том случае, если соблюдаются предельно допустимые антропогенные нагрузки на окружающую природную среду, с учетом геоэкологической емкости территории.

Полная геоэкологическая емкость территории – это ресурсы ПАГ позволяющие удовлетворять потребности населения без нарушения геоэкологического равновесия. Она определяется, во-первых, объемами основных природных резервуаров – воздуха атмосферы, совокупностью водоемов и водотоков, земельных площадей и запасов почв, биомассы флоры и фауны, во-вторых, мощностью потоков биогеохимического круговорота, обновляющих содержимое этих резервуаров, скоростью местного атмосферного газообмена, пополнением объемов чистой воды, процессов почвообразования и продуктивности биоты. В полную геоэкологическую емкость территории входят демографическая емкость, репродуктивный потенциал биоты, антропогенная емкость территории.

Демографическая емкость территории (D) – максимальное количество жителей, которые могут проживать на определенной территории при условии обеспечения потребностей населения и сохранения геоэкологического равновесия. Демографическая емкость оценивается по наличию земель, пригодных для промышленного и гражданского строительства, водных и рекреационных ресурсов, по условиям организации пригородной агропромышленной базы.

Демографическая емкость определяется исходя из наименьшего значения частных демографических емкостей:

- по наличию территории (D_1):

$$D_1 = \sum_{i=1}^n \frac{S \cdot 1000}{H},$$

где D_1 – частная демографическая емкость по территории, чел; S – территория, занимаемая существующими населенными пунктами, га; H – потребность в территории 1000 жителей в зависимости от характера производственной базы (для сельскохозяйственных зон с высокой потребностью в частных наделах она составляет 30–40 га, для промышленных районов H – 20–30 га);

- по обеспеченности водными ресурсами (D_w):

$$D_w = D_2 + D_3,$$

где D_2 – частная демографическая емкость по запасам поверхностных вод, чел.; D_3 – то же по запасам подземных:

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i K \cdot 1000}{B_{\text{пов.}}},$$

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \frac{E_i S_i \cdot 1000}{B_{\text{подз.}}},$$

где Q – сумма расходов воды в водотоках на входе в территорию, м³/сут.,

K – коэффициент разбавления сточных вод водой (для северных районов – 0,1, для южных – 0,25); $B_{\text{пов.}}$ – нормативная обеспеченность водой поверхностных источников 1 тыс. жителей в сутки на бытовые, производственные и рекреационные цели, принимается в пределах 1000-2000 м³/сут. (в сельскохозяйственных районах с большим числом индивидуальных хозяйств $B = 2000$ м³/сут.); E – эксплуатационный модуль подземного стока, м³/(сут.·га); S – площадь территории, га; $B_{\text{подз.}}$ – нормативная водообеспеченность подземными водами 1 тыс. жителей в экстремальных ситуациях (40 м³/сут. или 0,04 м³/(сут.·чел.);

- по рекреационным ресурсам (D_{4-5}). Определяется из статистически установленных показателей, при которых максимальная численность отдыхающих (40 % отдыхающих) в зависимости от климатических условий распределяется следующим образом: в районах с умеренным климатом: в лесу – 75 %; у воды – 25 %, в районах с жарким климатом: в лесу – 25 %; у воды – 75 %.

Демографическая емкость по организации отдыха в лесу (D_4):

$$D_4 = \frac{SF \cdot K_{з.з.} \cdot 1000}{HM},$$

где S – территория района, га; F – лесистость района в долях от общей площади; $K_{з.з.}$ – коэффициент, учитывающий зеленые зоны городов (может варьироваться от 0,1 до 0,8); H – ориентировочный норматив потребности 1 тыс. жителей в рекреации (при средней допустимой нагрузке 5 чел./га принимается равным 2 км²); M – коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды (в умеренном климате $M = 0,3$, в жарком $M = 0,1$).

Демографическая емкость по организации отдыха у воды:

$$D_5 = \frac{2LC \cdot 1000}{K_{\Pi} M},$$

где L – протяженность водотоков, пригодных для купания, км; C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне –

0,5, в степной – 0,3); $K_{п}$ – средний норматив потребностей 1000 жителей в пляжах, км; M – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (умеренный климат 0,1–0,15; жаркий, сухой – 0,3–0,4);

- по условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы:

$$D_6 = \frac{S_s E \cdot 1000}{P},$$

где S_s – площадь территорий, благоприятных или ограниченно благоприятных для ведения сельского хозяйства, га; E – коэффициент, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных угодий под пригородную базу (0,1–1,0); P – показатель ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородной сельскохозяйственной базы, га (500–2000 га).

Сравнив соотношение частных демографических емкостей территории (D_1 – D_6), определяют наименьшую из них, являющуюся лимитирующей, значение которой определяет геоэкологическое оптимальное число жителей для данной территории.

Репродукционный потенциал территории определяется ее способностью воспроизводить свои основные компоненты – газовый состав атмосферы, водные ресурсы, почвенно-растительный покров и т.д.

Репродуктивная способность территории по кислороду ($PC_{к}$) определяется через биологическое производство органического вещества растительных сообществ:

$$PC_{к} = \sum_{i=1}^n C_i S_p K_1,$$

где C_i – ежегодное производство органического вещества i -м растительным сообществом (принимается равным: для смешанного леса – 1,0–1,5, пашни – 0,5–0,6, пастбища – 0,4–0,5, зеленых зон населенных мест – 0,08–0,1 тыс.т/км²); K_j – коэффициент перехода от биологической продуктивности к свободному кислороду (принимается равным 1,45).

Репродуктивная способность по водным ресурсам ($PC_{в}$) определяется по формуле:

$$PC_{в} = \sum_{i=1}^n \lambda_i S_i K_2,$$

где S_i – площадь территории, занимаемая участками с известными модулями стока, км; λ_i – модуль поверхностного стока данного участка, тыс. м³/км²; K_2 – коэффициент неравномерности стока (в зависимости от конкретных условий от 0,1 до 1,0).

Для определения репродуктивной способности подземных вод вместо K_2 подставляют коэффициент фильтрации и учитывают возможный водозабор.

Репродуктивную способность почвенного покрова определяют косвенно через показатели эродированности и распаханности почв, залесенности, а также

биохимической активности.

Геоэкологическая антропогенная емкость территории (ГАЕТ) – это обобщенная характеристика территории, количественно соответствующая максимальной антропогенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

Расчет превышения *ГАЕТ* сводится к определению фактической интегральной антропогенной нагрузки на определенную территорию или совокупность реципиентов и сопоставлению ее с предельно допустимой антропогенной нагрузкой на эту территорию. Расчет *ГАЕТ* основан на эмпирически подтвержденном допущении, согласно которому *ГАЕТ* составляет долю общей геоэкологической емкости территории, определяемую коэффициентом вариации отклонений характеризуемого состояния окружающей среды от естественного уровня и его колебаний. Превышение этого уровня изменчивости приписывается антропогенным воздействиям, достигшим предела устойчивости природной среды территории.

Если трем компонентам окружающей среды – воздуху, воде и земле (включая биоту экосистем и совокупность реципиентов) приписывать индексы соответственно 1, 2 и 3, то *ГАЕТ* может быть приближенно вычислена по формуле:

$$H_a = \sum_{i=1}^3 \mathcal{E}_i X_i A_i,$$

где H_a – оценка *ГАЕТ*, выраженная в единицах массовой антропогенной нагрузки (усл. т/год); \mathcal{E}_i – оценка геоэкологической емкости i -й среды (т/год);

X_i – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде; A_i – коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей), усл. т/т.

Геоэкологическая емкость каждого компонента окружающей среды рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E} = V \cdot C \cdot F,$$

где V – экстенсивный параметр, определяемый размером территории, площадью (км^2) или объемом (км^3):

- для воздуха $V_1 = S \cdot H$,

где: S – площадь территории, км^2 ;

H – приведенная высота слоя воздуха (км), подвергающегося техногенному загрязнению (в зависимости от типа природной геосистемы от 0,01 до 0,05 км);

- для воды V_2 – полный среднегодовой объем всех поверхностных водоемов и водотоков на территории, км^3 ;

- для земли $V_3 = S$;

- C – содержание (концентрация, плотность) главных геоэкологически

значимых субстанций в i -й среде (т/кв² или т/км³):

- для воздуха (содержание кислорода и углекислого газа) $C_1 = 3 \cdot 10^5$, т/км³;
- для воды $C_2 = 10^9$ т/км³;
- для земли C_3 – плотность поверхностного распределения сухого вещества биомассы на территории, т/км²;

■ F – скорость кратного обновления объема или массы среды, (год)⁻¹:

- для воздуха $F_1 = 55\,896 \cdot v/\sqrt{S}$,
где v – годовая средняя скорость ветра, м/с;
- для воды $F_2 = (0,0315 \cdot f + 3 \cdot 10^{-6}W \cdot S)/V_2$,
где f – сумма расходов воды в водотоках при входе в территорию, м³/с; W – среднее годовое количество осадков, мм;
- для биоценозов территории $F_3 = P_b/V$,
где P_b – средняя годовая продукция сухого вещества биомассы, т/год;
 $V = C_3 \cdot V_3$ – среднегодовая биомасса сухого вещества, т.

Значения коэффициента X :

- для воздуха (естественные колебания содержания кислорода и углекислого газа в атмосферном воздухе):

$$X_1 = 3 \cdot 10^{-6}; \quad (30)$$

- для воды равнинных рек и озер:

$$X_2 = (4 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}; \quad (31)$$

- для биоты на основании данных о дисперсиях продукции биоценозов; в зависимости от типа биоценозов изменяется от 0,03 до 1.

$$X_3 = 0,43 \cdot F_3, \quad (32)$$

Суммарная предельно допустимая антропогенная нагрузка (ПДАН) определяется из условия сохранения целостности геосистем и качества окружающей среды путем преобразования солнечной энергии для процессов самоочищения и регенерации.

Энергетический эквивалент суммарной ПДАН рассчитывается по формуле:

$$\text{ПДТН}_Э = k_{\text{ан}}(72R + 123W + 0,6P)S - k_e N,$$

где $k_{\text{ан}}$ – коэффициент, учитывающий антропогенную насыщенность территории ($k_{\text{ан}} = 1 + \lg \text{ЭДИ}$); R – радиационный баланс территории, ккал/(см²·год); W – средний модуль поверхностного стока, м³/(га·сут.) (при отсутствии прямых указаний для большинства районов $W \sim 0,01w$, где w годовое количество осадков, мм); P – удельная продукция сухого вещества биомассы, т/(км²·год) ($P = P_b/S$); k_e – нормативный минимум бытового расхода энергии на одного человека, туг/(чел.·год) (для Беларуси $k_e = 1$ туг/(чел.·год)); N – общая численность населения территории, чел.

Задание и методические указания по его выполнению

Задача 1. Определите демографическую емкость территории для трех вариантов, представленных в приложении.

Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Расчеты выполнять для частных демографических емкостей D_1 , D_2 , D_4 , D_6 . Принять величину:

- H – потребности в территории 1000 жителей в зависимости от характера производственной базы равной 35 га;
- K – коэффициента разбавления сточных вод водой равной 0,17;
- $B_{нов.}$ – нормативной обеспеченности водой поверхностных источников 1 тыс. жителей в сутки на бытовые, производственные и рекреационные цели равной 1500 м³/сут;
- $K_{з.з}$ – коэффициента, учитывающий зеленые зоны городов равной 0,5;
- M – коэффициента распределения отдыхающих в лесу равной 0,3;
- E – коэффициента, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных угодий под пригородную базу равной 0,5;
- P – показателя ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородной сельскохозяйственной базы равной 1250 га.
- При расчете частной демографической емкости по наличию территорий $D_{Т1}$ для показатель S_i как территория, имеющая наиболее благоприятные условия для проживания брать значения по селитебным, транспортным и промзонам.
- При расчете частной демографической емкости по обеспеченности водными ресурсами D_w показатель Q как сумма расходов воды в водотоках на входе в территорию вычисляется как отношение значения речного стока и протока к числу дней в году (365).

Задача 2. Определите репродуктивную способность территории по кислороду для трех вариантов, представленных в приложении.

Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Принять величину: C_i – ежегодное производство органического вещества i -м растительным сообществом для:

- Леса и насаждений равной – 1,2 тыс. т/км²;
- Сельскохозяйственных земель – 0,5 тыс. т/км².

Задача 3. Рассчитайте геоэкологическую антропогенную емкость территории для трех вариантов, используя данные приложения. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Принять величину:

- H – приведенную высоту слоя воздуха, подвергающегося техногенному загрязнению равной 0,02 км;
- X – коэффициента вариации для естественных колебаний содержания

основной субстанции в среде для воды равнинных рек и озер равной $4 \cdot 10^{-5}$;

- A_i – коэффициента перевода массы в условные тонны для воздуха и земли равной 0,5, для воды равной 0,4 усл. т/т.

Задача 4. Определите суммарную предельно допустимую антропогенную нагрузку территории для трех вариантов, представленных в приложении.

Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Принять величину:

- W – среднего модуля поверхностного стока принять равной $\sim 0,01w$, где w годовое количество осадков, мм;
- k_e – нормативного минимума бытового расхода энергии на одного человека равной 1 тут/(чел.·год).

Форма контроля: Расчетно-графическая работа.

Литература по теме:

Геоэкология: практикум для студентов геогр. фак. спец. 1-33 01 02 «Геоэкология», 1-31 02 01 «География», 1-31 02 03 «Космоаэрокартография» / А.Н. Витченко. – Минск: БГУ, 2016. – 36 с.

2.3. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов использованы современные информационные технологии: размещены в сетевом доступе учебные и учебно-методические материалы (учебная программа, тематика и методические указания по выполнению практических работ, управляемой самостоятельной работы; примерный перечень вопросов к зачету и экзамену, вопросы для самоконтроля, список рекомендуемой литературы, позволяющие определить соответствие учебной деятельности обучающихся требованиям образовательных стандартов высшего образования и учебно-программной документации.

Самостоятельная работа (практические работы) студентов по изучению дисциплины «Геоэкология» выполняется в аудиторной форме, а также с использованием дистанционного обучения. Студентам предлагается самостоятельное рассмотрение ряда вопросов, что предполагает углубленное изучение основной и дополнительной литературы.

При организации образовательного процесса по изучению дисциплины рекомендуется использовать практико-ориентированный подход, методы развития критического мышления, метод проектного обучения, метод группового обучения.

Методы развития критического мышления студентов представляет собой систему, формирующую навыки работы с информацией по темам изучаемой дисциплины. Студенту в процессе изучения информации необходимо идентифицировать позицию, оценивать доводы и доказательства утверждений,

проверять основания и допущения, исследовать альтернативы. Рекомендуется применять для практических работ и управляемой самостоятельной работы по темам учебной дисциплины, связанным с определением типа природно-антропогенных геосистем, анализом антропогенного загрязнения окружающей среды и пофакторной оценке ее геоэкологического состояния.

Метод проектного обучения применяется как способ развития актуальных для профессиональной деятельности навыков планирования, самоорганизации, сотрудничества и предполагает создание собственного продукта. Рекомендуется применять для практических работ и управляемой самостоятельной работы по темам учебной дисциплины, связанным с оценкой геоэкологической емкости территории.

Метод группового обучения рекомендуется реализовать в рамках работы малой группы студентов при выполнении практических работ по темам учебной дисциплины, связанным с определением комплексных показателей антропогенного воздействия на окружающую среду. Групповая работа проводится с применением метода организации исследовательской группы студентов, что инициирует их взаимную ответственность и сотрудничество. Проектное задание – это частично регламентированное задание, позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

3. РАЗДЕЛ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

3.1. Примерный перечень вопросов к экзамену и зачету

1. Объект и предмет изучения геоэкологии. Цель и задачи геоэкологии.
2. Основные этапы истории взаимодействия человека и природы.
3. Современные научные представления о геоэкологии.
4. Базовые теоретические и методологические положения геоэкологии.
5. Содержание и соотношение основных геоэкологических понятий и терминов.
6. Особенности восприятия человеком геоэкологических проблем окружающей среды.
7. Фундаментальные и прикладные геоэкологические исследования.
8. Геосистемная концепция и ее значение в геоэкологии.
9. Геоэкологические закономерности функционирования, динамики и эволюции геосистем.
10. Геоэкологические особенности энергетического баланса геосистем.
11. Геоэкологические особенности водного баланса геосистем.
12. Геоэкологические особенности биогеохимического баланса геосистем.
13. Классификация, содержание и особенности применения методов научных исследований в геоэкологии.
14. Географические информационные системы в геоэкологии.
15. Роль моделирования в геоэкологических исследованиях.
16. Мониторинг окружающей среды.
17. Геоэкологическое прогнозирование.
18. Природные ресурсы как основа жизнедеятельности человека и общества.
19. Классификация природных ресурсов.
20. Критерии оптимальности и принцип комплексности использования природных ресурсов.
21. Проблемы экономической и внеэкономической оценки природных ресурсов.
22. Геоэкологические последствия неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений.
23. Геоэкологическая классификация антропогенных воздействий на географическую среду.
24. Критерии оценки современного геоэкологического состояния геосистем.
25. Геоэкологическая экономика и природопользование.
26. Геоэкологических принципы, правила и законы природопользования и охраны окружающей среды.
27. Экономические механизмы и организационно-правовые основы управления природопользованием.
28. Экономическое стимулирование природопользования и природоохранной деятельности.
29. Пути совершенствования хозяйственного механизма природопользования.
30. Геоэкологическая экспертиза проектов хозяйственной деятельности.

31. Геоэкологические функции литосферы. Влияние деятельности человека на литосферу.
32. Влияние современных тектонических и геоморфологических процессов на состояние окружающей среды.
33. Геоэкологические особенности атмосферы. Влияние атмосферы на человека и его хозяйственную деятельность.
34. Влияние деятельности человека на атмосферу, климат и погоду.
35. Геоэкологическая оценка последствий воздействия экстремальных климатических явлений и возможных изменений климата на хозяйственную деятельность и здоровье человека.
36. Геоэкологические особенности гидросферы. Антропогенное воздействие на гидросферу.
37. Геоэкологические аспекты водного хозяйства.
38. Геоэкологические аспекты использования природных ресурсов Мирового океана.
39. Геоэкологические особенности биосферы. Влияние деятельности человека на биосферу.
40. Роль растительности и животных как элементов биосферы и их значение для хозяйственной деятельности человека.
41. Опустынивание и обезлесение как комплексные природно-антропогенные процессы.
42. Природное разнообразие Земли и проблема его сохранения.
43. Геоэкологическая роль научно-технического прогресса.
44. Антропогенное загрязнение окружающей среды.
45. Обезвреживание и утилизация отходов производства и потребления.
46. Геоэкологические проблемы урбанизации.
47. Геоэкологические проблемы энергетики.
48. Геоэкологические проблемы промышленности.
49. Геоэкологические проблемы транспорта.
50. Геоэкологические проблемы сельского хозяйства.
51. Глобальный характер современной кризисной геоэкологической ситуации, его причины и возможные последствия.
52. Проблема деградации систем жизнеобеспечения географической среды.
53. Глобальная демографическая проблема.
54. Глобальная продовольственная проблема.
55. Глобальная энергетическая проблема.
56. Глобальная минерально-ресурсная проблема.
57. Возможные пути выхода из геоэкологического кризиса. Концепция устойчивого развития.
58. Основные направления государственной политики в области охраны окружающей среды и природопользования в Беларуси.
59. Особенности регионального и локального проявления глобальных геоэкологических проблем в Беларуси.
60. Формы геоэкологической деятельности и область применения геоэкологических знаний.

3.2. Примерный перечень заданий в тестовой форме

1. *Объектом изучения геоэкологии является:*

- а) географическая оболочка
- б) техносфера
- в) географическая среда
- г) биосфера

2. *Основным предметом изучения геоэкологии являются:*

- а) экосистемы
- б) геосистемы
- в) биогеоценозы
- г) ландшафты

3. *Как называется процесс гармоничного развития человечества и окружающей среды?*

- а) эволюция
- б) коэволюция
- в) консорция
- г) консенсус

4. *Геоэкология является теоретической и методологической основой:*

- а) физической географии
- б) геологии
- в) рационального природопользования
- г) экологии человека

5. *Какие предгеографические аксиомы являются общенаучными:*

- а) системная
- б) иерархическая
- в) планетарная
- г) землеведческая

6. *Какие из перечисленных понятий характеризуют внутреннее строение геосистем?*

- а) элемент
- б) регулирование
- в) равновесие
- г) связь

7. *Какие из перечисленных понятий характеризуют функционирование геосистем?*

- а) устойчивость
- б) целостность
- в) управление
- г) отношение

8. *Как называется изменения геосистемы, не сопровождающиеся сменой ее инварианта?*

- а) унаследованность
- б) эволюция
- в) динамика
- г) функционирование

9. *Как называется способность геосистемы сохранять инвариантные свойства и характер функционирования при внешних воздействиях?*

- а) вариантность
- б) устойчивость
- в) динамика
- г) урбанизация

10. Как называется сосуществование в геосистеме элементов различного возраста?

- а) эмерджентность
- б) эволюция
- в) саморегулирование
- г) гетерохронность

11. Как называется способность геосистемы поддерживать на определенном уровне типичные состояния, режимы и связи между компонентами?

- а) закономерность
- б) устойчивость
- в) саморегулирование
- г) коэволюция

12. Как называется способность отдельных элементов геосистемы изменяться с различной скоростью?

- а) лабильность
- б) динамика
- в) инерционность
- г) азональность

13. Как называется способность элементов геосистемы при различных гидротермических условиях переходить из зонального состояния в провинциальное?

- а) изменчивость
- б) эмергентность
- в) транзитивность
- г) регулирование

14. Какой процент поступающей к поверхности Земли солнечной радиации используется в процессе фотосинтеза?

- а) менее 1
- б) 7-9
- в) 16-18
- г) более 25

15. Какие методы геоэкологического прогнозирования относятся к логическим?

- а) прогнозной экстраполяции
- б) дедукции
- в) статистический
- г) аналогий

16. Какие из перечисленных антропогенных воздействий относятся к ландшафтно-деструктивным?

- а) вырубка лесов
- б) тепловое загрязнение
- в) шумовое загрязнение
- г) урбанизация

17. Какие из перечисленных антропогенных воздействий относятся к фоновому-параметрическим?

- а) тепловое загрязнение
- б) радиоактивное загрязнение
- в) шумовое загрязнение
- г) создание агроценозов

18. Какие природные ресурсы различаются по отношению к природным компонентам?

- а) промышленные
- б) минерально-сырьевые
- в) рекреационные
- г) водные

19. Какие из перечисленных показателей оценки геоэкологического состояния геосистем относятся к тематическим?

- а) период воздействия
- б) почвенные
- в) ботанические
- г) смертность

20. При отсутствии парникового эффекта средняя температура поверхности Земли была бы равна:

- а) плюс 15°C
- б) плюс 4°C
- в) минус 7°C
- г) минус 18°C

21. Какие загрязняющие вещества выделяются предприятиями теплоэнергетики?

- а) углеводороды
- б) оксид серы
- в) оксид азота
- г) тяжелые металлы

22. Антропогенный природный процесс повышения кислотной реакции компонентов окружающей среды называется:

- а) газификация
- б) гумификация
- в) асидификация
- г) урбанизация

23. По месту возникновения источники и каналы загрязнения океана подразделяются на:

- а) атмосферные
- б) постоянные
- в) сливные
- г) морские

24. Какие из перечисленных факторов воздействуют на водный объект посредством изменения поверхности речных водосборов и отдельных территорий?

- а) мемиорация
- б) каналы переброски стока
- в) урбанизация
- г) коллекторы сточных вод

25. Какой процент объём забираемой воды в мире потребляет городское население?

- а) не более 10
- б) 25-30
- в) 15-20
- г) более 30

26. Какие катастрофические и неблагоприятные природные геологические процессы и явления представляют непосредственную угрозу существованию биоты и в том числе человека?

- а) заболачивание
- б) землетрясения
- в) цунами
- г) лавины

27. В настоящее время на Земле территории в той или иной степени преобразованные человеком занимают:

- | | |
|---------------|---------------|
| а) менее 30 % | в) 30-40 % |
| б) 50-60 % | г) более 60 % |

28. Вследствие накопления в воде биогенных элементов происходит:

- | | |
|----------------|-----------------|
| а) солифлюкция | в) эвтрофикация |
| б) дефляция | г) хемосинтез |

29. Какой процент углекислого газа, поступающего в атмосферу, обусловлен обезлесением?

- | | |
|-------------|-------------|
| а) около 15 | в) около 35 |
| б) около 25 | г) около 45 |

30. Какой процент чистой первичной продукции может использовать человек не нарушая устойчивость биосферы?

- | | |
|---------------|-------------|
| а) не более 1 | в) 15-20 |
| б) 5-10 | г) около 30 |

3.3. Перечень вопросов для самоконтроля

1. Какое значение имеет геоэкология в познании объективного мира, решении задач оптимизации взаимодействия человека, общества и природы?
2. В чем заключаются особенности современного этапа взаимодействия общества и природы?
3. Назовите основной объект и предмет изучения геоэкологии.
4. Что общего и чем отличаются понятия географическая оболочка, географическая среда и окружающая среда?
5. Назовите четыре основные функции географической оболочки.
6. В чем сущность закона ноосферы В. И. Вернадского?
7. Назовите основные отличия фундаментальных и прикладных геоэкологических исследований?
8. Какое практическое значения имеет изучение геоэкологических закономерности функционирования, динамики и эволюции геосистем?
9. Назовите основные балансы, описывающие процессы функционирования геосистем,
10. Какое практическое значение имеет изучение биогеохимического круговорота химических элементов в геосистемах?
11. В чем заключается основное отличие понятия «факт» от понятия «научный факт»?
12. Приведите примеры эмпирических и экспериментальных методов исследований.
13. Для решения каких геоэкологические задачи может использоваться метод моделирования?
14. Какие основные подсистемы выделяют в комплексной ГИС?

15. На основании каких критериев выделяют классы и уровни мониторинга окружающей среды?
16. Назовите главные операционные единицы прогнозирования.
17. Какие природные ресурсы выделяют по отношению к тем или иным компонентам природы?
18. Как классифицируют природные ресурсы по признаку исчерпаемости?
19. Назовите основные отличительные признаки природных ресурсов
20. Каковы главные геоэкологические принципы рационального использования природных ресурсов?
21. Какие функции выполняет оценка природных ресурсов?
22. Назовите основные виды риска?
23. Какие две наиболее общие закономерности изменения риска связаны с деятельностью человека?
24. Дайте характеристику эмиссионного класса антропогенных воздействий на географическую среду.
25. Какие антропогенных воздействий на географическую среду относятся к ландшафтно-деструктивным?
26. Для чего необходимо проводить оценку современного геоэкологического состояния геосистем.
27. Какие критерии используют для оценки геоэкологического состояния окружающей среды.
28. Какова основная цель экологической экономики?
29. Какое значение для хозяйственного развития территории имеет ее природно-ресурсный потенциал?
30. Приведите примеры подтверждающие основные геоэкологических принципы, правила и законы природопользования и охраны окружающей среды.
31. Как оценивают экономическую эффективность мероприятий по управлению и охране окружающей среды?
32. Какие методы используют для управления качеством окружающей природной среды?
33. Дайте характеристику основных геоэкологических функции литосферы.
34. В чем заключаются геоэкологические особенности атмосферы?
35. Какое значение имеет гидросфера для человека и его хозяйственной деятельности?
36. Какова роль биоты во всех глобальных природных круговоротах?
37. Назовите основные геоэкологические проблемы природно-антропогенных геосистем.
38. Каковы основные причины и возможные последствия современной кризисной геоэкологической ситуации на Земле?
39. Дайте характеристику основных направлений государственной политики в области охраны окружающей среды и природопользования в Республике Беларусь.

40. Приведите примеры форм геоэкологической деятельности и областей применения геоэкологических знаний.

3.4. Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Формой текущей аттестации по дисциплине «Геоэкология» (специальность 1-33 01 02 Геоэкология) учебным планом предусмотрен экзамен.

Итоговая оценка формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление Министерства образования Республики Беларусь от 29.05.2012 г. N 53).

2. Положение о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в БГУ (Приказ ректора БГУ № 189-ОД от 31.03.2020 г.).

3. Критерии оценки знаний студентов по 10-бальной шкале (Письмо Министерства образования Республики Беларусь №21-04-01/105 от 22.12.2003 г.).

Оценка степени усвоения теоретического материала проверяется путем устного опроса на лекциях, проведения коллоквиумов, письменного тестирования. Для оценки степени выполнения практических работ и УСР студенты готовят письменный отчет, который проверяется преподавателем.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Примерные весовые коэффициенты, определяющие вклад форм (мероприятий) текущего контроля знаний в оценку текущей успеваемости:

- письменные тесты (среднеарифметическая величина отметок за все тесты) - 40 %;

- письменные отчеты по практическим работам и УСР (среднеарифметическая величина отметок за письменные отчеты по всем практическим работам и УСР) - 60 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и экзаменационной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, экзаменационная оценка - 60 %.

4. ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

4.1. Рекомендуемая литература

Основная

1. Комарова Н.Г. Геоэкология и природопользование / Н.Г. Комарова. – М.: Academia, 2018. – 352 с.
2. Константинов В.М. Экологические основы природопользования / В.М. Константинов. – М.: Academia, 2018. – 544 с.
3. Логинов В.Ф., Лысенко С.А. Современные изменения глобального и регионального климата. – Мн.: Беларус. навука, 2019. – 315 с.
4. Логинов В.Ф., Лысенко С.А., Мельник В.И. Изменение климата Беларуси: причины, последствия, возможности регулирования. Второе издание, дополненное. – Мн.: УП «Энциклопедикс» 2020. – 264 с.
5. Манько О.М. Экологические основы природопользования / О.М. Манько, А.В. Мешалкин, С.И. Кривов. – М.: Academia, 2019. – 640 с.
6. Стурман В.И. Геоэкология / В.И. Стурман. - СПб.: Лань, 2018. – 228 с.
7. Экологическое проектирование и экспертиза: учебник / В.М. Питулько – М.: Феникс, 2016. – 470 с.

Дополнительная

8. Актуальные проблемы геоэкологии и ландшафтоведения. – Минск: БГУ, 2016. – 197 с.
9. Богданов И.И. Геоэкология с основами биогеографии: учеб. пособие. 2-е изд. / И.И. Богданов. – М.: Флинта, 2011. – 210 с.
10. Вацалова Т.В. Устойчивое развитие: Учебное пособие для бакалавриата и магистратуры. / Т.В. Вацалова. – М.: Издательство Юрайт, 2017. - 173 с.
11. Витченко А. Н. Геоэкология. – Мн.: БГУ, 2002. – 101 с.
12. Гагина Н. В., Федорцова Т. А. Методы геоэкологических исследований. – Мн.: БГУ, 2002. – 97 с.
13. Голубев Г.Н. Основы геоэкологии М.: КНОРУС, 2013. – 352 с.
14. Горшков М.В. Экологический мониторинг: учебное пособие / М.В. Горшков. – Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2010. – 313 с.
15. Гричик В.В. Экология и рациональное природопользование / В.В. Гричик, Л.В. Камлюк, Г.А. Семенюк / Под ред. В.В. Гричика. – Мн.: БГУ, 2013. – 271 с.
16. Исаев А.А. Экологическая климатология. М.: Научный мир, 2003. – 470 с.
17. Исаченко А.Г. Теория и методология географической науки. М.: «Академия», 2004. – 400 с.
18. Кочуров Б. П. и др. Геоэкологическое картографирование – М., 2009. – 192 с.
19. Максаковский В.П. Географическая картина мира. М.: Дрофа, 2003, кн.1. – 496 с., 2004, кн.2 – 480 с.

20. Марцуль В.Н. Головач А.М. Экологический контроль и аудит в охране окружающей среды /В.Н.Марцуль, А.М.Головач. – Мн.: БГТУ, 2012.
21. Образование в интересах устойчивого развития в Беларуси: теория и практика/ под науч. Ред. А.И. Жука, Н.И. Кошель, С.Б. Савеловой. Мн.: БГПУ, 2015. – 640 с.
22. Общая и прикладная экология / Под ред. Саевича К.Ф. Мн.: Вышэйшая школа, 2014. – 654 с.
23. Петров К.М. Геоэкология. – С.-П.: Изд-во СПбГУ, 2004. – 273 с.
24. Поздеев В.Б. Становление и современное состояние геоэкологии. Смоленск. Маджента, 2004. – 342 с.
25. Природная среда Беларуси: монография / Под ред. В.Ф.Логинова; НАН Беларуси. ИПИПРЭ. Мн.: НОООО «БИП-С», 2002. – 424 с.
26. Природно-хозяйственные регионы Беларуси: монография / под науч. ред. А.Н.Витченко. – Мн.: БГПУ, 2005. – 278 с.
27. Пузаченко Ю.Г. Математические методы в экологических и географических исследованиях. М.: Академия, 2004. – 416 с.
28. Пуртова, Е.А. Устойчивое развитие. Человек и биосфера: учебное пособие / Е.А. Пуртова, Г.А. Ягодин. – М.: Бином, 2013. – 112 с.
29. Реймерс Н.Ф. Экология. – М.: Журнал «Россия Молодая», 1994. – 376 с.
30. Степановских А.С. Прикладная экология. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 751 с.
31. Стратегия устойчивого развития Беларуси: экологический аспект / Е.А. Антипова, В.М. Яцухно [и др.]; – Мн.: 2014. - 336 с.
32. Хомяков П.М. и др. Моделирование динамики геоэкосистем регионального уровня. М.: МГУ, 2000. – 382 с.
33. Челноков А.А. Общая и прикладная экология: учебник / А.А. Челноков, К.Ф. Саевич, Л.Ф. Ющенко. – Мн.: Вышэйшая школа, 2014.– 654 с.
34. Шимова О. С. Экономика природопользования: учебник / О. С. Шимова, Н. К. Соколовский, О. Н. Лопачук. – Мн.: Белорус. гос. экон. ун-т, 2019. – 446 с.
35. Экологические функции литосферы / Под ред. В. Т. Трофимова. М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.
36. Экологическая политика Республики Беларусь и экологические риски /под ред. А.Н. Витченко. Мн.: Изд. центр БГУ, 2011. – 110 с.

4.2. Электронные ресурсы

1. Всемирный Центр Данных по геоинформатике и устойчивому развитию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wdc.org.ua/> – Дата доступа: 17.02.2021.
2. Всемирный фонд дикой природы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wwf.ru/> – Дата доступа: 17.02.2021.
3. Орхусский центр Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.aarhusbel.com/center/> – Дата доступа: 18.02.2021.

4. Официальный сайт Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/ru/> – Дата доступа: 18.02.2021.

5. Официальный сайт ООН [Электронный ресурс] // ООН и устойчивое развитие. – Режим доступа: <http://www.un.org/ru/development/sustainable/> – Дата доступа: 18.02.2021.

6. Официальный сайт Европейской экономической комиссии ООН (UNECE) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.unecce.org/fileadmin//DAM/env/eia/eia_r.html – Дата доступа: 19.02.2021.

7. Фонд «Устойчивое развитие» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fund-sd.ru/> – Дата доступа: 19.02.2021.

8. Экологический информационный центр «Эко-Инфо» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ecoinfo.bas-net.by/> – Дата доступа: 19.02.2021.

4.3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОЭКОЛОГИЯ»
 Дневная форма получения образования с применением дистанционных образовательных технологий

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Количество часов УСП	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия		
1	2	3	4	5	6	7	8
	Всего по дисциплине	36	8			8 (ДО)	
1.	Теория и методология геоэкологии.	8					Устный опрос на лекции, коллоквиум.
1.1	Введение. Объект и предмет, цель и задачи геоэкологии.	2					Устный опрос на лекции.
1.2	Теоретические и методологические основы геоэкологии.	2					Устный опрос на лекции.
1.3	Геосистемная концепция и ее значение в геоэкологии.	2					Устный опрос на лекции.
1.4	Методы геоэкологических исследований.	2					Устный опрос на лекции.
2.	Геоэкология - методологическая основа природопользования и охраны окружающей среды.	8					Устный опрос, письменный тест.
2.1	Природные ресурсы как основа жизнедеятельности человека и общества.	2					Устный опрос на лекции.
2.2	Геоэкологические аспекты неблагоприятных и опасных природных и антропогенных процессов и явлений.	2					Устный опрос на лекции.
2.3	Геоэкологическая экономика и природопользование	2					Устный опрос на лекции.
2.4	Экономические механизмы и организационно-правовые основы управления природопользованием.	2					Устный опрос на лекции.

3.	Геоэкологические проблемы географической среды.	20	8			8 (ДО)	Устный опрос, письменный тест, письменные отчеты по практическим работам и УСР, коллоквиум.
3.1	Геоэкологические проблемы литосферы.	2					Устный опрос на лекции.
3.2	Геоэкологические проблемы атмосферы.	2					Устный опрос на лекции.
3.3	Геоэкологические проблемы гидросферы.	2					Устный опрос на лекции.
3.4	Геоэкологические проблемы биосферы.	2					Устный опрос на лекции.
3.5	Геоэкологические проблемы природно-антропогенных геосистем.	4	8			8 (ДО)	Устный опрос, письменные отчеты по практическим работам и УСР.
3.5.1	Природно-антропогенные геосистемы и их классификация.		2				Письменный отчет по практической работе.
3.5.2	Антропогенное загрязнение окружающей среды.		2				Письменный отчет по практической работе.
3.5.3	Пофакторная оценка геоэкологического состояния окружающей среды.		4				Письменный отчет по практической работе.
3.5.4	Комплексные показатели антропогенного воздействия на окружающую среду.					4 (ДО)	Письменный отчет по УСР.
3.5.5	Оценка геоэкологической емкости территории.					4 (ДО)	Письменный отчет по УСР.
3.6	Глобальные геоэкологические проблемы.	4					Устный опрос на лекции.
3.7	Геоэкологические проблемы Беларуси.	2					Устный опрос на лекции.
3.8	Формы геоэкологической деятельности и международное сотрудничество в области геоэкологии.	2					Устный опрос на лекции.