

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ И РЕАБИЛИТАЦИЯ



Уфа 2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Уфимский государственный авиационный технический университет»

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИИ И РЕАБИЛИТАЦИЯ

*Допущено Редакционно-издательским советом УГАТУ в качестве учебного пособия
для студентов очной и заочной форм обучения, обучающихся по направлению
подготовки магистров 20.04.01 Техносферная безопасность*

Под редакцией Н. Г. Курамшиной

Учебное электронное издание сетевого доступа

ISBN 978-5-4221-1441-2

Уфа 2021

Авторы: Н. Г. Курамшина, А. Н. Елизарьев, Е. Н. Елизарьева, Э. В. Нафикова

Рецензенты:

*главный научный сотрудник Уфимского Института химии УФИЦ РАН
д-р хим. наук, профессор, академик АН РБ И. Б. Абдрахманов;
ведущий научный сотрудник Уфимского научно-исследовательского института медицины труда
и экологии человека д-р мед. наук, профессор, член-кор. АН РБ Л. М. Карамова*

Геоэкологическая оценка территории и реабилитация : учебное пособие / под ред. Н. Г. Курамшиной ; [Н. Г. Курамшина и др.] : [Электронный ресурс] / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа : УГАТУ, 2021. – URL: https://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-33.pdf

Содержит теоретические основы, методики и приемы выполнения оценки геоэкологического состояния природных и природно-антропогенных геосистем. Изложены основы геоэкологии с позиций современных представлений о взаимосвязанности природных и социально-экономических факторов, рассмотрены глобальные проблемы (демографическая, продовольственная, ресурсная и др.). Приведены практические задания для закрепления изученного материала.

Предназначено для студентов (магистров), изучающих техносферную безопасность.

При подготовке электронного издания использовались следующие программные средства:

- Adobe Acrobat – текстовый редактор;
- Microsoft Word – текстовый редактор.

Авторы: Курамшина Наталья Георгиевна, Елизарьев Алексей Николаевич, Елизарьева Елена Николаевна,
Нафикова Эльвира Валериковна

Редактирование и верстка: *Ф. Х. Гарипова*

Программирование и компьютерный дизайн: *А. П. Меркулова*

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»
450008, Уфа, ул. К. Маркса, 12.

Тел.: +7-908-35-05-007

e-mail: rik.ugatu@yandex.ru

Все права на размножение, распространение в любой форме остаются за разработчиком.
Нелегальное копирование, использование данного продукта запрещено.

В геологической истории биосферы перед человеком открывается огромное будущее, если он поймет это и не будет употреблять свой разум и свой труд на самоистребление.

В. И. Вернадский

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дисциплина «Геоэкологическая оценка территории и реабилитация» входит в цикл дисциплин подготовки магистров по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность. В процессе изучения дисциплины студент получает основные представления о единстве и взаимозависимости экологических систем и что нарушение этих систем может привести к глобальной экологической катастрофе.

Цель изучения учебной дисциплины «Геоэкологическая оценка территории и реабилитация»: дать знания о свойствах и закономерностях развития географической среды, теоретических основах, принципах, нормативах рационального природопользования и устойчивого развития общества.

Задачи дисциплины: показать значение среды для жизнедеятельности человека и общества; научить приемам и методам геоэкологических исследований; сформировать умения использовать знания по геоэкологии при разработке рекомендаций по сохранению целостности среды.

Геоэкология – одна из интегральных учебных дисциплин, отвечающих принципам комплексного университетского образования. В ходе изучения дисциплины 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 возможные пути их решения.

При разработке пособия ставилась задача подготовки студентов к самостоятельной научно-исследовательской работе путем формирования практических умений и навыков грамотного применения методов и приемов научных исследований. Задания для практических работ и управляемой самостоятельной работы включают: цель и форму проведения занятия; основные теоретические и методические положения темы; содержание задания и методические указания по его выполнению.

В результате изучения дисциплины «Геоэкологическая оценка территории и реабилитация» студент должен:

- иметь общее представление о «Геоэкологической оценке территории и реабилитации» как о науке, изучающей рациональное природопользование, технологические решения трудных химических и металлургических производств, снижение выхлопных газов транспорта и др.;

- владеть информацией и правильно ориентироваться в реальной экологической ситуации;

- решать задачи сохранения и рационального использования окружающей среды.

1. ВВЕДЕНИЕ В КУРС «ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ И РЕАБИЛИТАЦИЯ»

Геоэкологическая оценка территории – это определение степени пригодности природно-территориальных условий для жизни и деятельности человека. Основой геоэкологических исследований является дифференциация территории с оценкой состояния ландшафтов и их компонентов.

Геоэкологическая оценка показывает степень антропогенного воздействия на ландшафт и его устойчивость к этому воздействию. Дифференциация территории дает возможность определить экологически значимые свойства ландшафта. Территориальное планирование и хозяйственная деятельность осуществляются в определенных административно-хозяйственных границах, несовпадающих с природными, поэтому ключевое значение приобретают однородные единицы деления природных систем – ландшафтная фация, биоценоз и др. Естественные биокосные системы имеют различную способность противостоять внешнему воздействию, имеют различную способность восстановления после завершения внешнего воздействия. К естественным изменениям параметров окружающей среды относятся природные факторы они устойчивы и не требуют антропогенного вмешательства.

Деграцию природных систем вызывают многообразные процессы. Только в отношении деграции почв специалисты рассматривают около 60 экзогенных процессов. С позиции возможного влияния человека их подразделяют на 4 группы:

- разрушительные процессы, независимые от человека – тектонические движения, землетрясения, выветривание почв;
- разрушительные процессы, в какой-то степени определяемые антропогенным фактором – эрозия почв, осыпи, сели, заболачивание;
- разрушительные процессы, непосредственно вызванные антропогенным фактором – вторичное засоление почв, депрессионные воронки, антропогенный термокарст;
- непосредственно разрушительные антропогенные процессы – затопление и загрязнение почв, деграция почв при использовании удобрений и пестицидов, мелиоративные работы.

В соответствии с концепцией устойчивого развития важно проводить комплексную оценку особенностей территории как единой

«социоприродной» системы. Устойчивость ландшафта к антропогенному воздействию предлагается рассматривать с 2 позиций:

– определение степени устойчивости ландшафта относительно того или иного конкретного воздействия или типа воздействия – разрушение ландшафта происходит тогда, когда предел его устойчивости пройден и произошедшие изменения становятся необратимыми;

– когда антропогенное воздействие на относительную или потенциальную устойчивость ландшафта рассматривается в общем виде, а не конкретно.

Ландшафт с его природным потенциалом и является по существу природным потенциалом устойчивого развития любой территории, которую человек использует в своих целях. Показателем устойчивости ландшафта, его природного экологического потенциала является величина первичной биологической продуктивности.

К принципам геоэкологической оценки относятся:

– системный принцип, когда объект рассматривается как совокупность интегральных признаков и свойств;

– генетический признак связан с исходным состоянием явления;

– антропоэкологический признак учитывает условия проживания и состояние здоровья людей;

– информационный признак предполагает регистрацию устойчивых признаков, которые опираются на эмпирическую базу;

– конструктивный признак – выбор путей гармонизации между взаимоотношениями природы и общества.

При геоэкологической оценке территории должны проводиться исследования и природных и антропогенных факторов. Природные факторы включают природно-ландшафтную дифференциацию и потенциал устойчивости ландшафтов к воздействиям человека, а антропогенные факторы включают вид использования территории и степень ее антропогенной нагрузки.

Критерием нарушения компонентов ландшафта является функциональное значение территории. Загрязненный воздух оказывает негативное воздействие на все живое в процессе прямого контакта и в результате выпадения вредных веществ из атмосферы и вторичного загрязнения территории. Исследования по оценке загрязнения воздушного бассейна промышленного города позволяют

сделать вывод о том, что сочетание метеоусловий и особенностей городской застройки могут привести к опасному загрязнению воздуха, что необходимо учитывать при оценке его загрязнения.

Геоэкологическое неблагополучие водоемов оценивается по поступлению в них загрязняющих веществ разной степени опасности, а для оценки геоэкологического состояния используют уровни загрязнения особо опасными веществами – нефтью и нефтепродуктами, фенолами, тяжелыми металлами. Чтобы оценить антропогенную нагрузку на водные объекты изучаются показатели прямого и косвенного воздействия.

Показателями прямого воздействия являются объемы забора воды и сброса сточных вод, а косвенные показатели включают площадное и линейное воздействие на водосборном бассейне – это численность населения, его плотность, структура сельхозугодий, использование удобрений, применяемая агротехника и др.

Главным критерием оценки деградации почв является потеря плодородия. К другим критериям относятся величина ее загрязнения, изменение состава в результате эрозии, дефляции, иссушения, засоления, заболачивания.

Экологическая оценка состояния городских почв позволила получить данные, что ведущим фактором территориальной неоднородности является современная функционально-планировочная структура города, которая определяет главные направления изменения почв и требования к их экологической оценке.

Наука – «экология», изучающая отношения организмов между собой и с окружающей их неорганической природой; общие законы функционирования экосистем различного иерархического уровня, является одной из наиболее востребованных в настоящее время.

Устойчивое функционирование биосферы как целостной системы обеспечивает условия жизни человечества как одной из составных частей глобальной экосистемы. Непонимание законов функционирования экосистем разного уровня или недостаточный их учет стали причинами современного кризисного состояния биосферы. Проблема экологической безопасности в наши дни приобрела всеобщее, в том числе политическое значение, став на один уровень с проблемой ядерной безопасности. Однако сложившееся представление о том, что экологические проблемы сводятся лишь к

борьбе с загрязнением среды, ошибочно и тормозит создание глобальной системы экологической безопасности. Чтобы выйти из экологического кризиса, необходимо познать и практически использовать фундаментальные законы формирования, устойчивости и методов рациональной эксплуатации природных экологических систем.

Биосфера состоит *из семи взаимосвязанных веществ: живого, биогенного, косного, биокосного, радиоактивного, космического, рассеянных атомов.*

В пределах биосферы практически каждый химический элемент проходит через цепочку живых организмов, включается в систему биогеохимических превращений. Так, весь кислород планеты – продукт фотосинтеза – обновляется через каждые 2000 лет, а все углекислоты – через 300 лет. Биохимические процессы в организмах также представляют собой сложные, организованные в циклы цепи реакций. На воспроизведение их в неживой природе потребовались бы огромные энергетические затраты, в живых организмах они протекают при участии белковых катализаторов – ферментов, понижающих энергию активации молекул на несколько порядков величин.

Более 99 % энергии, поступающей на поверхность Земли, составляет излучение Солнца, это энергия растрачивается в громадном большинстве физических и химических процессов в гидросфере, атмосфере и литосфере: перемешивание воздушных и водных масс, испарение, перераспределение веществ, поглощение и выделение газов и т. д.

Для обеспечения всего многообразия форм биогенной миграции химических элементов необходимо было развитие определенного комплекса организмов. Отсюда возникает проблема эволюции биосферы как единого целого в процессе историко-геологического развития нашей планеты. В процессе этого развития в биосфере возникла сложная сеть взаимосвязанных процессов и явлений – благодаря взаимодействию абиотических и биотических факторов биосфера находится в постоянном движении и развитии. Она прошла значительную эволюцию со времени появления человека, т. е. на протяжении последних 2–3 млн лет.

Круговорот основных элементов в биосфере – это многократное участие веществ в процессах, происходящих в атмосфере,

гидросфере, в том числе в тех слоях, которые входят в биосферу планеты. Особое значение имеют круговороты кислорода, углекислого газа, азота, серы и фосфора. Биохимический цикл кислорода – планетарный процесс, связывающий атмосферу и гидросферу с земной корой. Узловыми звеньями круговорота являются: образование свободного кислорода при фотосинтезе в зеленых растениях, потребление кислорода для осуществления дыхания всеми живыми организмами, для реакции окисления органических остатков и неорганических веществ (например, сжигание топлива) и другие химические преобразования, которые ведут к образованию таких окисленных соединений, как углекислый газ, вода, и последующему вовлечению их в новый цикл фотосинтетических превращений.

В круговороте кислорода отчетливо проявляется активная геохимическая деятельность живого вещества, его ведущая роль в этом циклическом процессе. Исходя из массы синтезированного на протяжении года органического вещества (с учетом 15 % потраченного на процесс дыхания), можно заключить, что ежегодное продуцирование кислорода зеленой растительностью планеты составляет около 300×10^9 т.

Лишь немногим более 25 % этого количества выделяется растительностью суши, остальное – фотосинтезирующими организмами Мирового океана, свободный кислород присутствует не только в атмосфере, в растворенном состоянии он содержится и в природных водах. Суммарный объем вод Мирового океана равен 137×10^9 л, а в 1 л воды растворено от 2 до 8 см³ кислорода. Следовательно, в водах Мирового океана находится от 2,7 до $10,9 \times 10^{12}$ т растворенного кислорода. Часть органического вещества захороняется, вследствие чего из годового круговорота выводится связанный кислород.

Круговорот углерода в гидросфере является более сложным по сравнению с континентальным, поскольку возраст этого элемента в форме углекислого газа зависит от поступления кислорода в верхние слои воды как из атмосферы, так и из нижележащей толщи. Между сушей и Мировым океаном происходит постоянная миграция углерода. Преобладает вынос элемента в форме карбонатных и органических соединений с суши в океан. Поступление углерода из Мирового океана на суше совершается в несравненно меньших количествах, и то лишь в форме углекислого газа, диффундирующего в атмосферу и переносимого воздушными течениями.

В круговороте соединений азота чрезмерно большую роль играют микроорганизмы: нитрофикаторы, денитрофикаторы. Все остальные организмы влияют на цикл азота только после ассимиляции его в состав своих клеток. Азот фиксирует также пурпурные и зеленые фотосинтезирующие бактерии, различные почвенные бактерии.

В круговороте азота из огромного запаса этого элемента в атмосфере и осадочной оболочке литосферы принимает участие только фиксированный азот, усваиваемый живыми организмами суши и океана. В категорию азота обменного фонда входят: азот биомассы, азот биологической фиксации бактериями и живыми организмами, ювенильный (вулканогенный) азот, атмосферный (фиксированный при грозах) и техногенный.

Наибольшее количество азота и зольных элементов содержится в биосфере лесной растительности, почти во всех типах растительности масса зональных элементов в 2–3 раза превышает массу азота.

В биосфере хорошо развит процесс циклических превращений серы и ее соединений. В глобальных масштабах в регуляции кругооборота серы участвуют геохимические и метеорологические процессы (эрозия, осадкообразование, выщелачивание, дождь, адсорбция, десорбция и т. д.), биологические процессы (продукция биомассы и ее разложение), взаимосвязь воды и почвы.

Геохимический цикл фосфора в большой мере отличается от циклов углерода и азота. Содержание этого элемента в земной коре равно 0,093 %. Фосфор концентрируется живым веществом, где его содержится в 10 раз больше, чем в земной коре.

Антропогенное загрязнение воздуха вредными веществами вызывает парниковый эффект, образование различных видов смога, выпадение кислых дождей. Под действием хлорорганических соединений происходит разрушение озонового слоя, в результате чего проникновение ультрафиолетовых лучей становится легкодоступным, вызывая различные заболевания живых организмов, в первую очередь человека.

Вопросы экологической безопасности стали самыми тревожными проблемами XX–XXI в. Экологический кризис перестал носить локальный характер и охватывает целые регионы. К природным стихиям стали присоединяться антропогенные катастрофы, еще более опасные по своим последствиям.

В качестве *предмета исследования геоэкологии*, приемлемого для широкого спектра наук, рассматривают векторы устойчивых тенденций эволюционного или антропогенного изменения долговременно стабильных, наиболее экологически значимых экопараметров экосферы и сопряженных с ними изменений качества и комфортности экосистем, ландшафтов – среды обитания биоты и человека.

К *долговременно стабильным* нами отнесены *экопараметры*, сохраняющие относительную устойчивость (в пределах естественных флуктуаций, несопровождающихся коренными изменениями природных процессов, эволюционно сложившейся структуры зональных биомов, экосистем, ландшафтов) в течение нескольких тысячелетий. Например, есть основания полагать, что зональные параметры гидротермических коэффициентов в ландшафтной сфере не подвергались существенным изменениям в течение последних 10–12 тысяч лет. В пределах лесостепной и степной зон Русской равнины зональные параметры климата остаются практически неизменными в течение последних как минимум 2,5 тысяч лет.

Разнообразие, сложность первичных и вторичных геосфер и геотехнологических процессов, сформировавших геоэкосферу, позволяют рассматривать ее как суперполипараметрическую глобальную геокомплексную систему.

Экологический параметр экосферы – одно из пространственных, структурных, количественных, качественных, динамических и других свойств первичных и вторичных геосфер, сформировавших и формирующих экосферу геотехнологических процессов, зонально-региональных и локальных геокомплексов, создающих континуально-дискретную мозаику глобальной геокомплексной оболочки Земли.

К *геоэкологическим* относятся *проблемы*, в которых четко прослеживаются устойчивые тенденции эволюционного или антропогенного изменения наиболее жизненно важных (экологически значимых) экопараметров экосферы в целом или ее отдельных составляющих, с которыми сопряжены изменения качества и комфортности жизненной среды для биоты и человека.

Эволюционная геокомплексная оболочка Земли представляется как саморегулируемая, саморазвивающаяся, самогенерируемая и саморегенерируемая глобальная геосистема, эволюционно

сформированная в результате тесного контакта и поэтапного (добιοогенного и биогенного) взаимодействия первичных (атмосфера, литосфера, гидросфера) и вторичных (фитосфера, зоосфера, педосфера) геосфер, образующих долговременно стабильную, континуально дискретную, иерархически соподчиненную мозаику геокомплексов на поверхности Земли. **Эволюционное формирование геоэкоосферы** осуществлялось в процессе последовательного включения и тесного взаимодействия 4 геотехнологических процессов: литоэндотермического (конвейер литосферных плит), гелиоакватермического, гелиофитохимического (процесс фотосинтеза) и эндотермобιοхимического (процесс «хемосинтеза»).

Современная экосфера – объект геоэкологии – природно-антропогенная геосистема, глобально преобразованная антропоэнерготехническим и геотехнологическим процессом. Экспоненциальный рост численности населения, нерациональное и неэкологичное использование биоресурсов, продуцируемых спонтанно обогреваемой, увлажняемой и самоочищаемой глобальной «фермоплантацией» – ландшафтной сферой Земли, привели к их истощению и поиску альтернативных вариантов биопроизводства. Внедренные варианты искусственных «фермоплантаций», с одной стороны, оказались далеко не всегда экологически оптимальными, а с другой, потребовали от человека выполнения многих функций, требующих огромных энергетических затрат, которые в естественной геоэкоосфере осуществлялись автоматически за счет естественных энергетических процессов.

Усиление антропоэнергетического процесса во времени сопровождалось значительным нарушением эволюционных экопараметров геотехнологических процессов и породило и порождает множество геоэкологических проблем, все более приобретающих глобальный характер.

В этой связи в курсе **«Геоэкологической оценки территории и реабилитация»** анализируются векторы устойчивых изменений параметров озоносферы, парниковых газов, химических параметров, активизирующих кислотные выпадения, тенденции параметров опустынивания, роста численности антропопопуляции и др.

В структуре **«Геоэкологической оценки территории и реабилитация»** рассматриваются три главных направления (раздела).

1. Естественная геоэкология – синтез знаний об эволюционных (эталонных) долговременно стабильных экопараметрах первичных и вторичных геосферах, зонально-региональных и локальных комплексах и геокомплексной оболочке (геоэкосферы) в целом, обеспечивающих ее долговременную стабильность, саморегуляцию, саморазвитие, качество и комфортность для биоты и человека.

2. Антропогенная геоэкология – синтез знаний о глубине, масштабах антропогенных изменений – наиболее экологически значимых эталонных экопараметров и сопряженных с ними негативных изменений комфортности и качества жизненной среды.

3. Прикладная геоэкология – синтез знаний (направлений исследования) о стратегии и тактике максимально возможного сохранения эволюционных экопараметров, путях предотвращения кризисных, критических и катастрофических нарушений экопараметров.

В задачи прикладной геоэкологии также входит разработка и внедрение различных моделей антропогенизированных сред с оптимальными экопараметрами.

Геоэкология призвана решать следующие задачи:

➤ Исследование источников антропогенного воздействия на природную среду и биосферу, их интенсивности и пространственно-временного распределения.

➤ Создание и оптимизация геоинформационных систем, обеспечивающих непрерывный контроль за состоянием природной среды (биосферы), в основе которых лежит ее мониторинг в различных организационных формах.

➤ Изучение уровня загрязнения и деструкции компонентов глобальной геосистемы (атмосферы, Мирового океана, внутренних вод, литосферы, криосферы, биосферы), постоянный и повсеместный контроль их динамики.

➤ Изучение экологической нагрузки на природные ландшафты и их функционирования как экосистем, нормирование и регулирование нагрузок на экосистемы разных иерархических уровней, исследование «отклика» биосферы на антропогенные процессы различного характера.

➤ Оценка, прогноз и моделирование последствий антропогенных воздействий, проявляющихся в изменении состояния компонентов глобальной и региональных геосистем, в изменении

интенсивности процессов тепло-массо-энергообмена между ними для разных временных масштабов.

➤ Географо-экологическое исследование устойчивости природной среды, подвергнутой антропогенному воздействию.

➤ Разработка рекомендаций по сохранению целостности природной среды и биосферы путем оптимизации хозяйственной деятельности человеческого общества и регламентации ресурсопотребления.

Геоэкология – новый уровень междисциплинарной интеграции.

Происхождение и различные толкования термина.

Закономерно то, что новая наука сначала развивается в недрах, ранее сложившихся, а потом обретает название. В период экологического алармизма, начавшегося с 1950-х гг., все проблемы взаимодействия технически вооруженного человечества с окружающей средой относят к области экологии. Термин «геоэкология» по этим причинам и отчасти благодаря усилиям ученого-энциклопедиста Н. Ф. Реймерса стал утверждаться особенно быстро. Н. Ф. Реймерс предложил классическую экологию называть биоэкологией, дабы отличать ее от социальной экологии и геоэкологии.

Наряду с традиционными проблемами к преимущественно биоэкологическим следует отнести и такие, как охрана редких и вымирающих видов, формирование и расширение фонда охраняемых территорий, защита от разрушения экосистем влажнотропических лесов, мангровых побережий, коралловых рифов и т. п.

К биоэкологическим проблемам принадлежат также биологическое тестирование и мониторинг природных сред по биотестам, а также проблемы интродукции видов и устойчивости экосистем, в частности, измененных или созданных человеком.

Геоэкологические проблемы также очень разнообразны. Например, огромное поле для исследований представляет собой геоэкологическое картографирование на ландшафтной основе.

Термин «геоэкология» с 1980-х гг. появился в названиях некоторых кафедр и даже факультетов российских вузов, на обложках книг, журналов, а также в названиях лекционных курсов. Однако смысл слова «геоэкология» все еще трактуется по-разному.

Термин «геоэкология» получил широкое распространение, однако далеко не всегда применяется в изначальном смысле. Нередко он истолковывается с заметно различающихся позиций, подчас противоречиво. Основные из них следующие.

1. Географический подход, представляющийся наиболее разработанным и обоснованным. Согласно ему, *геоэкология – особое направление (дисциплина) в географической науке, изучающее географическую среду, ее геосистемы с экологической точки зрения и в целях решения проблем, связанных с жизнедеятельностью человека как элемента живой природы и получением необходимых ресурсов для процветания человечества – природных, экономических и др.* Такого рода или близких взглядов придерживаются многие современные ученые. *Примечание 1. Существует также предложение называть геоэкологию «экологической географией» (сокр. «экогеографией») для более точного, как считается, отражения ее сути и устранения терминологической путаницы, возникшей из-за неодинакового толкования термина «ГЕОЭКОЛОГИЯ».*

2. Иногда, имея в виду, что геоэкология находится еще в стадии становления, ее не называют «сложившейся наукой», а говорят лишь о «геоэкологическом подходе», рожденном в недрах географии.

Для **геоэкологии** характерны следующие особенности:

Экогеоцентризм: *геоэкология изучает природные, природно-антропогенные или антропогенные геосистемы всех рангов, их пространственные сочетания не только как среду обитания организмов и формирования экосистем вообще, но также как среду обитания и производственно ориентированной деятельности человека.* При этом геосистемы, из которых крупнейшей является географическая оболочка, рассматриваются в естественных границах либо в пределах территорий политико-административных единиц вплоть до государственного и межгосударственного уровней.

Социоцентризм (лат. *societas* – общество): *геоэкология рассматривает человека (человечество) не только и не столько как часть жизни на Земле, сколько в качестве субъекта общественно-исторической деятельности и культуры, прежде всего способного сохранять, видоизменять и преобразовывать естественные и уже измененные им геосистемы, географическую среду.* Человек как биосоциальный элемент природы в данном случае занимает в биотическом звене системы «географическая среда – биота» особое место, выдвигается на передний план.

Энвайронментоцентризм (англ. environment – окружающая среда): **геоэкология** нацелена на изучение и решение проблем оптимизации геосистем как среды обитания всего живого на Земле и благоприятного социально-экономического развития человечества, на разработку принципов и методов экологически приемлемого использования их ресурсов во благо человека. Такое использование предполагает сохранение биологического разнообразия и структурно-функциональной целостности эко- и геосистем, их рекреационных, культурно-исторических, эстетических и других ценностей и благ.

Междисциплинарные связи: изучение с позиций **геоэкологии** различных последствий взаимодействия между геосистемами и человеком, разработка и решение геоэкологических проблем требуют не только опоры на эколого-географическую научную основу, но также использования достижений и данных из целого ряда областей знаний и практической деятельности. Например, сохранение оз. Байкал или ликвидация экологического бедствия в Приаралье невозможны без учета, без разработки соответствующей нормативно-правовой базы, вопросов геоинформационного обеспечения, экологической политики и межгосударственных отношений. Для решения этих проблем необходимо также активное участие разноуровневых властных структур и заинтересованной общественности.

2. Биологический подход. Геоэкология – раздел экологии, исследующий экосистемы высоких иерархических уровней, до биосферы включительно.

3. Геологический подход:

1. **Геоэкология** – наука, изучающая закономерные изменения геологической среды и ее компонентов под влиянием внешних сред, в том числе техносферы. Ее объект – геологическая среда (литосфера), т. е. неживое вещество.

2. **Геоэкология**, с одной стороны, является междисциплинарной геологической наукой, нацеленной на решение экологических проблем разного уровня и масштаба, проявляющихся в литосфере или процессах, обусловленных взаимодействием литосферы с глубинными сферами Земли, а с другой – изучает законы взаимодействия литосферы и биосферы с учетом специфики человека и его деятельности.

4. Географо-геологический подход. *Геоэкология* – наука об экологических проблемах геосфер, изучающая изменения окружающей среды, точнее литосферы, ландшафтов, почв, поверхностных вод и нижних горизонтов атмосферы под влиянием техносферы.

5. Расширенные междисциплинарные подходы:

1. *Геоэкология* – наука, изучающая состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно измененных экосистем высоких уровней организации под влиянием как эволюционного развития, так и техногенеза. Она интегрирует все знания об экологических проблемах Земли и представляет собой триумвират из биологических, геологических и почвенно-географических наук, ставящих основной целью сохранение жизнеобеспечивающей среды и жизни на Земле.

2. *Геоэкология* – система наук об интеграции геосфер и общества, или междисциплинарное научное направление, изучающее экосферу как взаимосвязанную систему геосфер в процессе интеграции с обществом.

3. Справедливее рассматривать *геоэкологию* как междисциплинарное направление, синтезирующее законы экологии с закономерностями всех наук о Земле – географии (физической и экономической), геологии, геохимии, геофизики.

4. *Геоэкология* – наука о комфортности географической среды, отвечающая на вопрос, насколько благоприятны, а если нет, то почему, условия обитания и производственной деятельности человека на определенной территории.

5. *Геоэкология* – наука об организованности биосферы, вмещающей ее супергеосферы и околоземной Космос, об их антропогенном изменении, способах управления для целей выживания и устойчивого развития цивилизации, а также об окружающей среде, при необходимости использующая ретроспективы и прогнозирование. Она интегрирует данные многих, в особенности геолого-географических, дисциплин с целью более глубокого понимания законов функционирования природных и природно-антропогенных систем.

Итак, можно заключить, что **геоэкология**:

1) интегрирует данные многих дисциплин, но в особенности геолого-географических, с целью более глубокого понимания законов функционирования природных и природно-антропогенных систем;

2) определяет новый уровень взаимопроникновения оформившихся ранее интегральных наук, исследующих геосистемы различных, но в особенности высоких рангов;

3) будет касаться и проблем, связанных с серьезно затронутой человеческой деятельностью частью Космоса;

4) наука о механизме и архитектуре окружающей среды, при необходимости использующая ретроспективы и прогнозирование.

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 главных наук в следующем столетии.

Главной задачей экологической политики РФ на ближайшую перспективу является преодоление негативных явлений геоэкологического характера.

Критерии оценки геоэкологической напряженности окружающей среды

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

Несмотря на ряд мер, принимаемых для снижения негативного воздействия производства на окружающую среду, а также на проводимые природоохранные мероприятия, геоэкологическая обстановка в наиболее населенных и экономически развитых регионах остается неблагоприятной, а загрязнение окружающей среды – высоким.

Регионы с очень острыми геоэкологическими ситуациями, при которых состояние окружающей среды начинает прямо угрожать условиям жизни населения, а отдельные геоэкологические проблемы или их совокупность достигают кризиса, различаются механизмом возникновения и возможными мерами нейтрализации негативных последствий сложившейся на той или иной территории неблагоприятной обстановки.

Поэтому выделение зон чрезвычайной геоэкологической ситуации или зон геоэкологического бедствия должно способствовать решению геоэкологических проблем, например, путем приоритетного выделения финансовых и материальных ресурсов для внедрения соответствующих технологий производства, сооружений для очистки воздуха и воды, дополнительного строительства лечебно-оздоровительных объектов и др.

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

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

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

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

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

В научно-методическом отношении более грамотно исходить из понятий *«полная геоэкологическая емкость территории» (ПГЕТ)*. Полная геоэкологическая емкость территории как природно-антропогенной геосистемы определяется, во-первых, объемами

основных природных резервуаров: воздушного бассейна, водоемов и водотоков, земельных площадей и запасов почв, биомассы флоры и фауны; во-вторых, мощностью потоков биогеохимического круговорота, обновляющих содержимое этих резервуаров, скоростью местного атмосферного газообмена, пополнения объемов чистой воды, процессов почвообразования и продуктивностью биоты; в третьих, максимальной техногенной нагрузкой, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени (годы) совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

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

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

Многие страны мира значительно перенаселены, то есть численность населения превышает имеющиеся ресурсы. Иными словами, антропогенное давление превышает естественную несущую способность территории, и соответственно увеличиваются их геоэкологические проблемы. Несмотря на невозможность получения однозначного ответа при оценке естественной ПГЕТ по сравнению с антропогенным давлением, концепция несущей способности является полезным инструментом для оценки геоэкологического состояния территорий и разработки национальных стратегий развития.

Более сложен вопрос оценки соотношения антропогенного давления и несущей способности для мира в целом. Во многом ответ зависит от желаемого уровня благосостояния людей как в среднем для мира, так и по отдельным регионам или странам. Ресурсов Земли уже сейчас недостаточно для того, чтобы материальный уровень

жизни всех людей соответствовал современному стандарту развитых стран, и с этой точки зрения антропогенное давление уже превысило потенциальную емкость географической среды. Для обеспечения минимально низкого уровня жизни несущая способность Земли еще не достигнута. Существует, разумеется, много промежуточных вариантов между этими двумя крайними ситуациями.

При рассмотрении неблагоприятных в геоэкологическом отношении районов принципиально важно определить тактические и стратегические направления оздоровления обстановки, снижения степени воздействия на окружающую среду, для чего разрабатывают специальные программы. При оценке окружающей среды и выборе 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, включающей территории без заметного снижения продуктивности и устойчивости геосистем, ее относительной стабильности; удовлетворительного здоровья населения. Значения прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых (деградация земель менее 5 % площади);

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

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

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

Характеристика зон и определение классов геоэкологического состояния территории дается по наиболее репрезентативным показателям, но обязательно с использованием и взаимным учетом тематических, пространственных и динамических критериев оценки. Важно подчеркнуть, что единого интегрального показателя состояния (или оценки) геосистем пока не разработано, однако число наиболее репрезентативных показателей может быть сведено к оптимальному минимуму.

Следовательно, оценка геоэкологического состояния территории может состоять из интегральной морфологической оценки состояния геосистемы с расшифровкой ее через характеристику состояния отдельных компонентов окружающей среды. Только так можно оценить современное состояние геосистемы, а также и причины этого состояния с учетом влияния техногенеза. Глубокие необратимые изменения необходимо рассматривать за относительно короткий исторический срок, но не менее продолжительности жизни одного поколения людей. Особое внимание необходимо обращать на выбор и обоснование критериев, по которым оценивают геоэкологическое состояние отдельных территорий.

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

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

Медико-демографические показатели геоэкологически неблагоприятных геосистем сравнивают с аналогичными показателями контрольных (фоновых) территорий в тех же природных зонах. В качестве контрольных (фоновых) принимают населенные пункты (либо отдельные их части), где зарегистрированы более благоприятные 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 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 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, изменению 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 разногодичной изменчивости зоологических показателей (не менее 25 %) некоторые из применяемых критериев берут за 5–10-летний период.

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

Пространственные критерии наряду с учетом степени 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 (в %), выведенных из землепользования в пределах исследуемой

геосистемы. Даже в норме относительная площадь нарушенных земель может достигать 5 %, а в зонах геоэкологического бедствия превышает 50 %. При одной и той же стадии нарушения, выявленной по тематическим критериям, увеличение относительной площади нарушения соответствует более высокому уровню опасности. Это может быть выражено в виде матрицы для административного района площадью 100–200 тыс. га.

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

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

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

Динамические критерии наиболее достоверны для выявления зон геоэкологического нарушения по скорости нарастания неблагоприятных изменений окружающей среды. Статические критерии выявления зон геоэкологических нарушений при всей их очевидности 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 являются не только антропогенными, но и динамичными.

Так, известные биогеохимические провинции по статическим биогеохимическим показателям могут быть отнесены к зонам экологического кризиса. Вместе с тем по динамическим 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 незакрепленные пески, устойчивые природные эрозионные комплексы и т. п.

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

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

Содержание и назначение геоэкологических карт

В настоящее время в соответствии с приказом Минстроя России ведется работа по пересмотру свода правил СП 47.13330.2012, в котором в разделе 8 регламентируются инженерно-экологические изыскания, в том числе детально расписаны требования к содержанию технических отчетов, текстовых и графических приложений. В списке графических приложений имеются новшества. Например, предлагается включить в них геоэкологическую карту, однако ее содержание до конца не определено. Не разработанность легенд геоэкологических карт связана с многоликостью понимания и определений содержания геоэкологии у представителей различных естественных наук.

Термином «геоэкология» в равной степени пользуются географы, геологи, биологи и исследователи других специальностей, но чаще всего он встречается в географических и геологических публикациях. Впервые он был использован К. Т. Троллем в географической работе 1939 г. взамен им же применявшегося ранее термина «экология ландшафта» для придания ландшафтоведению экологической направленности. Из этого следует, что термин «геоэкология» был введен как специальный в географической науке,

поэтому ряд географов в целом правомерно настаивают на использовании его только при эколого-географических исследованиях.

Многие стали включать в геоэкологию географическую и биологическую составляющие и считать ее так называемой экологизированной географией – наукой о приспособлении хозяйства к ландшафту, учитывающей законы классической экологии. Геоэкологию рассматривают как науку о современных ландшафтах (естественных, преобразованных и созданных человеком), а также геологической среде, способах и возможностях использования природных ресурсов и экологических ограничениях при социально-экономическом развитии. Среди геологов тоже существует несколько подходов:

– геобиосферный, включающий в состав геоэкологии литосферную и биосферную составляющие;

– литосферный;

– геосферный, включающий в рассмотрение все абиотические сферы Земли и биосферу.

Приведем в хронологическом порядке ряд определений геоэкологии, предложенных представителями геосферного направления.

Геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая состав, структуру и закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно преобразованных экосистем высоких уровней организации.

Геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая неживое (абиотическое) вещество геосферных оболочек Земли как компонент окружающей среды и минеральную основу биосферы. Объектом изучения являются все абиотические геосферные оболочки Земли, причем в центре внимания находятся верхняя часть литосферы и процессы, происходящие под влиянием природных и техногенных факторов.

Геоэкология – междисциплинарная наука, исследующая закономерности формирования экологических функций геосферных оболочек Земли под влиянием природных и природно-техногенных процессов в связи с жизнедеятельностью человека и биоты, ориентированная на обоснование социально-экономических и нормативно-правовых механизмов рационального природопользования.

Геоэкология – междисциплинарная наука, изучающая экологические функции абиотических сфер Земли, закономерности их формирования и пространственно-временного изменения под влиянием природных и техногенных причин в связи с жизнью и деятельностью биоты, прежде всего человека.

Другими словами, предметное поле геоэкологии лежит в области пересечения предметных полей наук о Земле и наук о жизни и все попадающие в него объекты могут быть отображены на геоэкологических картах.

Содержание и назначение геоэкологических карт

Геоэкологическая карта – графоматематическая модель геоэкологической обстановки, дающая обобщенное изображение на топографической основе состояния абиотического и биотического компонентов экосистем. По сути, речь идет о графическом отображении систем «абиотические сферы Земли – биота» или «абиотические сферы Земли – источники техногенного воздействия – биота».

Назначение геоэкологических карт – увязать состояние абиотической и биотической частей экосистем и предоставить информацию о состоянии живого мира при различной обеспеченности территорий пространственными ресурсами, ресурсами биофильных элементов и соединений, разных экстенсивности и интенсивности современных процессов, плотности геофизических и геохимических полей в атмосфере, гидросфере и литосфере.

Видов геоэкологических карт много. Они различаются по содержанию, характеру передаваемой практической информации, практическому назначению, масштабам, характеру обновления передаваемого материала, как это показано в работе, посвященной теоретическим основам составления таких карт. По содержанию они подразделяются на карты:

- *геоэкологических условий (обстановок);*
- *геоэкологического районирования;*
- *геоэкологические прогнозные;*
- *геоэкологические рекомендательные.*

Карты геоэкологических условий отражают комплекс параметров или отдельные характеристики атмосферы, поверхностной части гидросферы, педосферы, литосферы, которые характеризуют возможность воздействия абиотических сфер Земли

на биоту (человека, фауну, флору, экосистему в целом). Это может быть, например, загрязненность атмосферы, гидросферы, педосферы, литосферы токсикантами, их пораженность геологическими и гидрометеорологическими процессами, неоднородность геофизических полей, недостаток различных видов ресурсов для живых организмов. Эта количественная или качественная информация дополняется сведениями об эндемичных заболеваниях, параметрах деградации экосистем и их биотических компонентов.

На этих картах все необходимые данные отображаются способом раздельного картографирования. Суммарная их оценка по степени благоприятности, комфортности или экологического состояния живого мира не дается. Легенды указанных карт состоят из нескольких разделов, два из которых – информация о свойствах абиотических сфер и их компонентах и биотических составляющих экосистем.

Карты геоэкологического районирования – оценочные карты, на которых в тех или иных категориях дается оценка современных геоэкологических условий абиотических сфер Земли и связанных с ними зон состояния экосистем.

Пространственное обособление территорий с определенным классом геоэкологических условий является сущностью этих карт. В их легенды должны входить четыре обязательных блока:

- *критерии оценки классов геоэкологических условий и зон нарушенности экосистем (с выделением четырех классов);*
- *территориальные единицы районирования, выделенные с учетом тектонических, геоморфологических, литологических и почвенных признаков или на ландшафтной основе;*
- *функциональная организация территорий;*
- *прочие обозначения.*

Принципиальное различие легенд этих двух типов карт (районирования и условий) заключается в том, что легенда карты геоэкологических условий включает фактологические характеристики, а легенда карты геоэкологического районирования – экологическую оценку этих характеристик с выделением классов геоэкологических условий абиотических сфер Земли и связанных с ними зон экологического состояния экосистем. Пространственное обособление территорий с определенным классом геоэкологического состояния – сущность карт районирования.

Геоэкологические прогнозные карты отображают пространственно-временные прогнозы изменений геоэкологических условий в ходе естественной динамики природной среды и, главное, в процессе хозяйственного освоения территорий и функционирования природно-технических систем. Легенды карт этого типа по своей структуре близки к легендам карт геоэкологического районирования, но их принципиальное отличие заключается в прогнозном характере оценок.

Геоэкологические рекомендательные карты дают в графической форме рекомендательную информацию по широкому кругу вопросов – от рационального использования территорий до регламентации хозяйственной деятельности и защиты объектов био- и социосферы.

Концептуальные основы составления оценочных геоэкологических карт

Концептуальными основами создания оценочных геоэкологических карт являются:

– *подразделение геоэкологических условий на четыре разряда с выделением классов;*

– *использование не только абиотических (гидрологических, метеорологических, геологических, почвенных), но и биотических критериев оценки;*

– *раздельная оценка состояния человека, растений и животных;*

– *сопряженный учет состояния абиотических сфер Земли (атмосферы, гидросферы, литосферы) и биоты.*

Использование биотических критериев является обязательным при инженерно-экологических изысканиях и требует дополнительных пояснений. Эти критерии предназначены для оценки экологических последствий для живого мира проявлений современных полей и процессов в абиотических сферах Земли.

Биотические критерии подразделяются на антропоцентрические, оценивающие состояние человека, и биоцентрические, оценивающие состояние фито- и зооценозов.

Среди антропоцентрических критериев выделяют медико-статистические (число заболевших или погибших при катастрофе), биосубстратные и санитарно-гигиенические. Медико-статистические критерии определяют здоровье населения, которое, по данным

Всемирной организации здравоохранения, на 20 % зависит от загрязнения абиотических сфер Земли, на 50 % определяется образом жизни, на 10–20 % – уровнем медицинского обслуживания и наследственностью.

Среди биоцентрических критериев выделяют ботанические, зоологические, биохимические и микробиологические. При их использовании необходим набор тест-организмов разных уровней чувствительности. Например, грибы-кератинофилы наиболее чувствительны к урбанизации почв в местах длительного проживания человека; шампиньоны – к загрязнению почв тяжелыми металлами (ТМ); хвойные и лишайники – к загрязнению атмосферного воздуха; дафнии – к попаданию в воду антигололедных смесей.

Ботанические критерии используются для оценки экологических последствий геосферных изменений для растительности. Они особенно чувствительны к нарушениям окружающей среды и наилучшим образом отражают эти изменения в пространстве, но являются достаточно специфичными (разные растительные ассоциации в различных географических условиях имеют неодинаковую устойчивость к техногенным воздействиям) и учитывают негативные перемены на разных уровнях (организменном, популяционном и экосистемном).

Зоологические критерии применяются при оценке экологических последствий геосферных изменений для животных. Они отражают видовое разнообразие, структуру популяции (численность, поведение, биомассу, продуктивность, стадию нарушенности экосистемы), но их применение требует статистических данных за 5–10-летний период.

Биохимические критерии основаны на изменениях в растениях концентраций химических веществ, проникающих в клеточные структуры с почвенными растворами или атмосферными осадками. Они разработаны отдельно для травянистых и древесных (отдельно для листьев и хвои) растений.

Дополнительно при построении геоэкологических карт используются социально-экономические критерии, которые подразделяются на экономические, социальные, демографические и социально-страховочные.

Экономические критерии отражают причиненный материальный ущерб, который может быть прямым и косвенным. Первый оценивают через «цену» жизни, а второй – через недополученную продукцию.

Примеры опубликованных геоэкологических карт

Опубликованных геоэкологических по названиям карт очень много, но далеко не все они отвечают предложенным концептуальным основам составления.

Их главный недостаток зачастую заключается в том, что они не предоставляют информации о состоянии биологических объектов и не используют биотические критерии оценки. Но в публикациях имеются описания и собственно геоэкологических карт. Рассмотрим некоторые из них.

«Карта ресурсно-экологического состояния Харвутинского газоконденсатного месторождения (Тазовский п-ов, Западная Сибирь) масштаба 1:25 000» посвящена оценке состояния пастбищ и поголовья домашних северных оленей ненецкой породы при техногенных воздействиях, связанных с созданием кустовых и насыпных площадок под скважины, шламовых амбаров при разработке месторождения, обустройством дорог и трубопроводов, развитием техногенных геологических процессов (подтоплением, дефляцией). Эта карта составлена на ландшафтной основе с ранжированием по четырем разрядам. В ее легенде выделены следующие блоки:

– *пастбищные характеристики (с подразделением на подблоки: продуктивность пастбищ, стрессовое воздействие техногенных объектов, механическая нарушенность пастбищ, интегральные оценки экологического состояния пастбищ);*

– *зоологические районы;*

– *очаги опасной санитарно-эпидемиологической обстановки;*

– *места и результаты геохимического опробования;*

– *прочие обозначения.*

Отличительной особенностью указанной карты, позволяющей считать ее собственно геоэкологической, является использование при интегральной оценке стрессового воздействия и механической нарушенности пастбищ не только информации о состоянии среды обитания оленей (данных по геохимическому опробованию донных осадков, почв, атмосферного воздуха), но и биотических критериев – оленеемкости, продуктивности пастбищ в бесснежные и снежные периоды, сведений о расположении районов, неблагоприятных в отношении сибирской язвы.

Следует отметить, что эта карта носит рекомендательный характер, так как предоставляет информацию об ограничении использования пастбищ при обязательном пастбищеобороте и даже о запрете использования на длительный срок пастбищ с сильной механической нарушенностью.

В геологической литературе имеются описания эколого-геологических карт, на которых в качестве среды обитания биоты рассматривается только одна абиотическая оболочка Земли – литосфера. К ним, например, относятся:

– «Карта эколого-геохимического районирования Тырныаузского района масштаба 1:100000»;

– «Карта эколого-геокриологического районирования Печерской низменности масштаба 1:500000»;

– «Карта эколого-геодинамического районирования юго-западной части Восточно-Европейской платформы масштаба 1:1500000»;

– «Карта эколого-геологического районирования территории г. Воронежа»;

– «Карта эколого-геодинамического районирования центральной части Молдавской плиты масштаба 1:200000»;

– «Карта эколого-геодинамического районирования Тырныаузского района масштаба 1:200000»;

– «Карта эколого-геодинамического районирования междуречья рек Бодрак и Кача масштаба 1:25000»;

– «Карта эколого-геологических условий Тверского полигона масштаба 1:200000»;

– «Карта карстового индивидуального риска Республики Татарстан масштаба 1:200000»;

– «Карта эколого-геологического состояния территории г. Гомеля»;

– «Карта неблагоприятных условий эколого-геологических систем Старооскольского района масштаба 1:250000»;

– «Карта эколого-геодинамического районирования участка размещения хранилища радиоактивных отходов (Московская область) масштаба 1:350000».

Все эти карты отражают влияние компонентов литосферы на биоту. Их объединяет использование как традиционных геологических, так и биотических критериев оценки современных

процессов и геохимических полей. И это позволяет рассматривать их как составные части геоэкологических карт.

Таким образом, требуется четко определить содержание геоэкологических карт, «узаконить» отображаемые на них объекты (которыми, по мнению авторов, являются экосистемы), ввести в качестве обязательного при их составлении требования использования не только традиционных гидрометеорологических и геологических, но и биотических и социально-экономических критериев.

Карты антропогенных воздействий на природную среду и ее изменений

Обзор тематических групп карт показывает, что почти половина карт (47 %) отражает воздействия человека на природную среду. По-видимому, это обусловлено современным уровнем развития экологического картографирования, а также общей технической обеспеченностью исследований в области экологии (прил. 1).

Факторы воздействия – наиболее доступные («зримые») объекты для картографирования. По многим из них накапливаются статистические данные, ведутся систематические наблюдения и именно с анализа и оценки воздействий часто начинается изучение экологических ситуаций.

Снятие в 80–90-е гг. XX в. режима секретности с большей части информации о загрязнениях и состоянии природной среды привело к немедленному «всплеску» картографического переложения разнообразных статистических материалов.

Нанесение на карту очагов и объемов загрязнений позволяет характеризовать лишь «входы» загрязнений в сложные природные системы, а в настоящее время актуальна задача картографирования «выходов» – экологических последствий антропогенных воздействий, для решения которой пока недостает надежных данных.

Антропогенные воздействия – разнообразные формы влияния и давления, оказываемые человеком на природу в процессе его жизни и хозяйственной деятельности, приводящие к тем или иным изменениям в окружающей среде. Они могут охватывать отдельные компоненты природы и природные комплексы (территориальные, аквальные) в целом, вызывая их существенную трансформацию. Внешний, видимый признак антропогенного воздействия – вид

использования земель, отражающий характер техногенной нагрузки на ландшафт. Общей мерой антропогенного воздействия служит суммарная нагрузка, сочетающая вид использования земель и фоновую плотность населения. Результаты антропогенного воздействия могут быть позитивными (рекультивация земель и т. п.) или негативными (возникновение экологических или природоохранных проблем, требующих применения соответствующих мер по охране природы).

Подходы к картографированию антропогенного воздействия весьма разнообразны. Широко распространены карты, на которых показаны виды использования земель. Для отображения современного состояния они могут строиться на основе схемы экологического ранжирования отдельных видов использования территорий и акваторий по их усиливающемуся воздействию на природную среду.

Количественной и качественной мерой антропогенного воздействия служит антропогенная нагрузка. На карте могут отображаться отдельные количественные показатели антропогенного воздействия, как правило, отнесенные к единице площади. К числу распространенных индикаторов антропогенной нагрузки относятся объем выбросов и сбросов на единицу площади, доля распаханых земель, количество вносимых в почву удобрений и пестицидов на единицу площади пашни и др.

Применяются и интегральные индексы антропогенной нагрузки, обобщающие несколько показателей, например, коэффициенты абсолютной и относительной напряженности эколого-хозяйственного состояния территории, отражающие соотношение земель с разным уровнем антропогенной нагрузки. Наиболее распространенный способ картографического изображения антропогенной нагрузки – картограммы.

Картографирование источников антропогенного воздействия – другой подход к созданию карт данной тематики.

Все источники антропогенного воздействия на природную среду с точки зрения выбора способов их картографирования можно разделить на три группы: площадные (фоновые), точечные (очаговые) и линейные. Фоновые воздействия главным образом связаны с характером использования земель. На практике фоновыми воздействиями приходится считать те, которые выражаются в масштабе карты контурами. Нередко при этом удается изобразить не только тип, но и интенсивность использования земель. Возможности

обогащения характеристики возрастают по мере увеличения масштаба и уменьшения размеров картографируемой территории.

Примерами фоновых воздействий могут служить пастбищное, лесопромышленное, пахотное. Наиболее часто используются следующие способы картографического изображения: качественный фон, ареалы, локализованные значки.

Очаговыми воздействиями можно считать такие, источники которых выражаются на карте в виде точки. Они связаны в основном с урбанизацией и промышленным производством. Изображаются населенные пункты, промзоны и отдельные предприятия, в зависимости от масштаба, ареалами или значками. Удобны и наглядны локализованные значки (структурные круговые диаграммы), позволяющие детализировать характеристику очагов техногенного воздействия (структура промышленности, количество выбросов и сбросов, степень очистки, ингредиенты).

На картах обычно показывают расположение объектов с высоким радиационным риском (АЭС, ядерные полигоны, места захоронения радиоактивных отходов), а также полигоны и свалки твердых бытовых отходов (ТБО), отстойники, очистные сооружения, хранилища горюче-смазочных материалов, АЗС, места сброса загрязненных вод, объекты энергетики (ТЭЦ, ГРЭС), горнопромышленные предприятия (шахты, карьеры, горно-обогатительные фабрики, отвалы породы). К источникам сельскохозяйственного очагового воздействия относятся крупные животноводческие комплексы, сельскохозяйственные поля орошения, хранилища минеральных удобрений и пестицидов.

Линейные источники представляют собой, как правило, транспортные коридоры – авто- и железные дороги, трубопроводы, каналы, ЛЭП – и изображаются с помощью линейных знаков, отличающихся по рисунку, цвету и ширине.

Среди карт антропогенных воздействий на природную среду выделяются карты воздействий на разные природные среды – атмосферу, гидросферу, литосферу, биосферу. Часто такие карты обобщают информацию и о воздействиях, и о вызываемых ими ответных реакциях. Так, на карте воздействия на поверхностные водные объекты могут быть одновременно показаны объем и состав стоков, степень их очистки, а также класс качества воды и степень ее загрязнения различными веществами.

Распространение получили и карты воздействий отдельных отраслей человеческой деятельности – промышленности, транспорта, сельского хозяйства, рекреации. В качестве примера их комплексного влияния можно привести карты хронических загрязнений вокруг городов, составленные на основе анализа загрязнения снежного покрова.

Антропогенные воздействия вызывают ответную реакцию природной среды, выражающуюся в ее изменении – загрязнении, нарушении и деградации. Принято выделять химическое, физическое и биологическое загрязнение. В практике картографического отображения загрязнения следует выделять два аспекта – компонентный (характеристика природной среды в целом или отдельного ее компонента) и ингредиентный (картографирование распределения отдельного загрязняющего вещества или комплекса поллютантов).

Наиболее широко распространены карты химического загрязнения. Применяются различные показатели, например абсолютное содержание загрязняющего вещества (инвентаризационные карты). Если использовать какие-либо нормативы, карта приобретает оценочный характер. Такой же характер имеет картографирование на основе комплексных показателей, учитывающих загрязнение несколькими ингредиентами: комплексный индекс загрязнения атмосферы (КИЗА), индекс загрязнения воды (ИЗВ), суммарный показатель загрязнения почв (СПЗ). При картографировании площадных объектов используются изолинии (изоконцентраты), качественный фон. Линейные объекты (водотоки) изображаются с помощью линейных знаков, отражающих, например, категорию загрязнения по величине ИЗВ. Для детализации применяются локализованные значки (структурные диаграммы), расположенные в пунктах опробования и отражающие перечень загрязняющих веществ, степень превышения предельно допустимых концентраций (ПДК).

Загрязнения природной среды тяжелыми металлами и другими токсичными веществами делают необходимым составление карт газовой-пылевой загрязненности, представляющей собой шлейфы. Для выявления наиболее опасных участков со значительной вторичной концентрацией загрязнителей в некоторых случаях составляются карты ландшафтов, влияющих на распространение токсичных

веществ, а для усиления мер экологической безопасности разрабатываются медико-статистические карты, показывающие воздействие прилегающей загрязненной территории на здоровье населения.

При разработке нефтяных месторождений необходимо составлять карты загрязнения нефтью и нефтепродуктами. В то же время для оценки масштабов нанесенного экологического ущерба и обеспечения мероприятий по ликвидации, локализации и предотвращению загрязнения следует составлять комплексные карты нарушений природной среды, что особенно актуально для районов крупных нефтяных месторождений. Целесообразно также составлять детальные карты вторичных скоплений нефти и нефтепродуктов, которые рассматриваются как техногенные «мини-месторождения».

Картографирование физического загрязнения осложняется вследствие высокой пространственной и временной изменчивости физических факторов, которые становятся предметами картографирования там, где существуют устойчивые источники соответствующих воздействий: в районах радиоактивного загрязнения; в зонах воздействия автомагистралей, аэропортов и других источников шума; вблизи излучателей радиоволн и ЛЭП.

Вследствие высокой изменчивости картографируемые параметры относят к некоторым условным моментам (конкретные даты для уровней радиации, часы пик для характеристики шумовой нагрузки) и элементам местности (трассы ЛЭП для электрических полей, линии в 7,5 м от оси ближайшей полосы движения при характеристике автотранспортного шума).

При изучении радиационной обстановки измеряются уровни гаммафона, а также (на основе отбора и анализа проб) содержание отдельных радионуклидов в почвах, донных отложениях, растительности. Радиационная обстановка характеризуется с использованием способа изолиний. Наибольшее распространение получили карты радиационного загрязнения, отражающие общее содержание радионуклидов, обычно в Ки/км², причем значения изолиний соответствуют показателям остроты экологической ситуации. В качестве упрощенного варианта изображаются ареалы радиационного загрязнения, в том числе без количественной характеристики.

Кроме карт загрязнения природной среды радиоактивными веществами рекомендуется составлять и прогнозные карты

аварийных ситуаций. Основой прогнозных карт радиоактивного загрязнения могут служить модели ситуаций, создаваемые по результатам происшедших аварий с учетом степени тяжести по классификации МАГАТЭ. Предпочтительны электронные варианты таких карт, так как они позволяют оперативно моделировать ситуацию.

Картографирование шумового и электромагнитного загрязнения может проводиться на основе расчетных данных либо по результатам натурных измерений. При этом расчетные методы анализа загрязнения окружающей среды, картографическое представление используемых показателей и сопряженный анализ электромагнитных полей приобретают все большее значение. Показателями нарушения и деградации почв служат водная и ветровая эрозия, вторичное засоление, заболачивание, дегумификация. Наиболее часто картографируются такие проявления деградации растительного покрова, как сведение растительности, деградация лесов, пастбищная дигрессия, сокращение видового разнообразия.

Существуют и более сложные синтетические карты, например, нарушения природных экосистем, построенная с учетом трех основных показателей, характеризующих устойчивость растительных экосистем к антропогенным воздействиям.

2. ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ «ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ТЕРРИТОРИЙ И РЕАБИЛИТАЦИЯ»

Введение

Особенности взаимодействия природы и общества на современном этапе и актуальность проблемы охраны окружающей среды. Системный характер проблем геоэкологии. Становление, развитие и современное состояние геоэкологии. Объект, предмет и задачи геоэкологии. Структура геоэкологии.

Теоретические и методологические основы геоэкологии

География и экология как теоретические основы геоэкологии. Сущность геоэкологического подхода в исследовании объектов и его отличие от географического и экологического подходов. Основные принципы геоэкологических исследований. Методы геоэкологических исследований.

Экосфера земли как сложная природная система

Экосфера и ее вещественно-энергетические особенности. Роль биоты в функционировании экосферы. Географическая среда. Социально-экономические факторы преобразования экосферы.

Антропогенные изменения природных систем

Антропогенное воздействие на природные системы. Классификация антропогенных воздействий. Антропогенные изменения природных процессов в природных системах. Изменение природных систем в различные исторические эпохи.

Природные ресурсы и геоэкологические последствия их использования

Природные ресурсы и их классификация. Геоэкологические требования к использованию и охране природных ресурсов. Эколого-ресурсная дифференциация территории СНГ. Геоэкологические последствия использования природных ресурсов. Основные направления рационального использования и охраны природных ресурсов.

Геоэкологические аспекты исследования литосферы

Антропогенное воздействие на литосферу. Геологическая среда. Добыча полезных ископаемых. Основные направления рационального использования минерально-сырьевых ресурсов и охраны недр. Экогеоморфология. Основные виды антропогенной трансформации рельефа. Экзогенные природно-антропогенные процессы. Антропогенные землетрясения.

Геоэкологические проблемы атмосферы земли

Общие сведения об атмосфере. Загрязнение воздуха: основные источники и загрязнители, последствия. Зависимость загрязнения атмосферы от климатических факторов и рельефа местности. Локальное и планетарное загрязнение атмосферы. Самоочищение атмосферы. Потенциал загрязнения атмосферы. Индекс загрязнения атмосферы. Кислотные осадки: источники, распределение и последствия. Изменение озонового слоя земли. Антропогенные изменения климата. Охрана атмосферы. Основные мероприятия по охране атмосферы.

Геоэкологические проблемы гидросферы земли

Вода в гидросфере, ее значение для жизни и хозяйственной деятельности. Водные ресурсы. Географические различия в обеспеченности водными ресурсами. Антропогенные изменения элементов гидрологического цикла. Влияние географических факторов на уровень загрязнения поверхностных водных объектов. Водопользование. Лимитирующие факторы водопользования. Водоотведение. Методы очистки сточных вод. Самоочищение водной среды. Подземные воды и их классификация. Значение подземных вод для населения и хозяйственной деятельности. Инфильтрация атмосферных осадков и пополнение подземных вод. Техногенные процессы при эксплуатации подземных вод. Истощение запасов подземных вод. Загрязнение подземных вод. Мероприятия по охране подземных вод. Основные пути решения проблемы водопользования.

Геоэкологические проблемы мирового океана

Мировой океан как единая экосистема. Контакт океана с другими сопредельными природными системами. Загрязнение Мирового океана. Геоэкологические последствия загрязнения мирового океана. Защита Мирового океана от загрязнения.

Геоэкологические проблемы использования педосферы земли

Общие сведения о почве, ее составе и свойствах. Земельные ресурсы. Земельный фонд планеты, его структура и основные направления его изменения. Географические факторы, оказывающие влияние на интенсивность и особенности использования земельных ресурсов. Виды антропогенного воздействия на почву. Неблагоприятные экологические последствия использования земельных ресурсов. Устойчивость почв к различного рода антропогенным воздействиям. Основные пути охраны и рационального использования земельных ресурсов.

Геоэкологические проблемы использования биологических ресурсов земли

Понятие биосферы. Биологические ресурсы. Антропогенное воздействие на растительный мир. Лесные ресурсы и геоэкологические последствия их использования. Антропогенное воздействие на животный мир. Понятие о генофонде. Проблема исчезновения видов. Особенности охраны и рационального использования биологических ресурсов.

Геоэкологические проблемы исследования ландшафтов

Ландшафт как воспроизводящая геоэкосистема. Антропогенный ландшафт. Классификация антропогенных ландшафтов. Общие закономерности функционирования антропогенных ландшафтов. Природно-ресурсный потенциал ландшафтов и его рациональное использование. Особо охраняемые природные территории. Восстановление и улучшение нарушенных ландшафтов. Культурный ландшафт: сущность, характерные черты, принципы формирования, основные типы.

Региональные геоэкологические проблемы

Острые экологические ситуации и региональные геоэкологические проблемы. Геоэкологические проблемы в индустриально развитых районах. Геоэкологические проблемы в городских агломерациях. Геоэкологические проблемы в районах нового освоения. Геоэкологические проблемы России.

Геоэкологические аспекты управления природопользованием

Геоэкологическое проектирование. Геоэкологический мониторинг. Геоэкологическая экспертиза. Геоэкологическое районирование. Геоэкологическое прогнозирование.

Глобальные изменения окружающей природной среды и стратегия выживания человечества

Особенности современного периода развития экономики. Несущая способность (потенциальная емкость) территории. Стратегия выживания человечества. Понятие устойчивого развития.

3. ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ТЕМА 1. Природно-антропогенные геоэкосистемы и их классификация

Цель занятия: сформировать умения определения типа природно-антропогенных геоэкосистем.

Форма проведения: практическая работа.

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):

$$\text{ЭДИ} = 1 + \frac{0,01 \cdot \rho \cdot E}{\rho_0 | R_c \cdot S}, \quad (1)$$

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; E – общий расход топлива, горючего и топливных эквивалентов электроэнергии в территории, т.у.т./год (т.у.т. – тонна условного топлива, соответствующая примерно количеству тепла, выделяемого при сгорании одной тонны высококачественного каменного угля, 1 т.у.т. = 29,3 · 10⁹ Дж).

В зависимости от конкретных условий ЭДИ может варьировать в пределах нескольких порядков, что позволяет довольно отчетливо классифицировать различные ПАГ (табл. 1).

Разумеется, это обобщенная характеристика. Для более детальной оценки ПАГ должна учитываться более подробная информация о ее социально-экономических и природных условиях.

Таблица 1

Типы и эргодемографические индексы ПАГ
с различной степенью хозяйственного освоения

Тип ПАГ	Краткое описание ПАГ	ЭДИ
1	Заповедники, государственные природные заказники, национальные парки; малонаселенные хозяйственно неосвоенные территории	0–5
2	Районы без крупных населенных пунктов, лесное и сельское хозяйство, имеются значительные площади неперезабитых ландшафтов	6–10
3	Небольшие города и поселки с перерабатывающей промышленностью местного значения и преобладанием в окрестностях сельскохозяйственных угодий	11–50
4	Преимущественно аграрные или лесохозяйственные территории с наличием единичных крупных объектов энергетики, добывающей или перерабатывающей промышленности; вахтовые поселки	51–100
5	Средний город с крупными промышленными предприятиями небольшого числа отраслей и отчетливым функциональным зонированием территории; в окружении аграрных или аграрно-лесных ландшафтов	101–300
6	Крупный город с многоотраслевым промышленным узлом, интенсивными транспортными магистралями в окружении лесных или аграрно-лесных ландшафтов	301–500
7	Очень крупный промышленный центр с большой концентрацией различных отраслей индустрии и транспорта, без отчетливого зонирования территории и антропогенно преобразованными окружающими ландшафтами	Более 501

Задание и методические указания по его выполнению

Рассчитайте эргодемографический индекс и определите тип трех ПАГ (прил. 2). 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 £ – общий расход топлива, горючего и топливных эквивалентов электроэнергии на территории принять равным годовому потреблению энергии.

Классификация ПАГ относится к территориям с площадью от 500 до 2000 км².

ТЕМА 2. Антропогенное загрязнение окружающей среды

Цель занятия: выработать навыки расчета показателей антропогенного воздействия на компоненты окружающей среды.

Форма проведения: практическая работа.

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}):

$$\text{ИЗ}_{\text{воз}} = 0,001 \left(\frac{P_0}{B_0} + \frac{A}{T} \right), \quad (2)$$

где P_0 – энергетическое потребление кислорода на 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}):

$$\text{ИАН}_{\text{вод}} = 0,059 \cdot K \cdot M, \quad (3)$$

где K – доля изъятия при водозаборе годового дебита природных вод территории (речного стока и протока), отн. ед.; M – годовой объем загрязненных стоков, млн м³.

Задание и методические указания по его выполнению:

Рассчитайте индексы загрязнения воздуха ($IЗ_{\text{воз}}$) и антропогенной нагрузки на водные ресурсы ($ИАН_{\text{вод}}$) для трех вариантов, представленных в прил. 2.

Создайте таблицы исходной информации и расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

ТЕМА 3. Факторная оценка геоэкологического состояния окружающей среды

Цель занятия: выработать навыки расчета показателей геоэкологического состояния компонентов окружающей среды.

Форма проведения: практическая работа.

Теория и методика: рассматриваемый подход в проведении геоэкологических исследований и оценки состояния территории, как правило, основывается на замерах элементарных поллютометрических показателей, 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. Элементарные поллютометрические показатели (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 воздей-

ствия (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):

$$\text{КИЗА} = \sum_{i=1}^n \left(\frac{q_{gi}}{\text{ПДК}_{c.c.i}} \right)^c, \quad (4)$$

где i – примесь; q_{gi} – среднегодовая концентрация примеси; $\text{ПДК}_{c.c.i}$ – соответствующая среднесуточная предельно допустимая

концентрация; C – константа, принимающая значения, указанные в табл. 2; n – число примесей.

Таблица 2

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 при КИЗА от 5 до 6,
- высоким при КИЗА от 7 до 13,
- очень высоким при КИЗА, равном или больше 14.

Таблица 3

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):

$$\text{ИЗВ} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{Q_i}{\text{ПДК}_i} \right), \quad (5)$$

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, табл. 4.

Таблица 4

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):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_j - (n - 1), \quad (6)$$

где $K_j = Q/C_{\phi}$; Q и C_{ϕ} в данной точке и фоновая для типа почв концентрации i -го элемента соответственно); n – число учтенных в данной точке элементов.

Таблица 5

Уровни загрязнения почвенного покрова по суммарному загрязнению тяжелыми металлами (Z_c)

Уровень загрязнения	Z_c	Воздействие на здоровье человека
Низкий	8–16	Наиболее низкие показатели заболеваемости детей, частота встречаемости функциональных отклонений минимальна
Средний	16–32	Повышение уровня общей заболеваемости населения
Высокий	32–128	Высокий уровень общей заболеваемости, рост числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечнососудистой системы
Очень высокий	>128	Высокий уровень заболеваемости детей, нарушение репродуктивной функции женщин (увеличение токсикоза беременности, преждевременных родов, мертворождаемости, гипотрофии новорожденных)

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:

$$\text{ИКС} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{A_{ij}}{A_{\phi i}} \right), \quad (7)$$

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), 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:

$$\text{СПАН} = 0,30 \cdot \text{КИЗА}_{\text{ср.г}} + 0,20 \cdot \text{ИЗВ}_{\text{хим}} + 0,20 \cdot \frac{\text{П}_{\text{ш}}}{\text{П}_{\text{шпду}}} + 0,15 \cdot \text{КИЗА}_{\text{макс}} + 0,15 \cdot \text{ИЗВ}_{\text{бак}}, \quad (8)$$

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 по следующей формуле:

$$\frac{\text{П}_{\text{ш}}}{\text{П}_{\text{шпду}}} = \frac{1}{2} \left(\frac{L_{\text{дн}}}{\text{ПДУ}_{\text{шдн}}} + \frac{L_{\text{н}}}{\text{ПДУ}_{\text{шн}}} \right) \cdot \frac{n}{100}, \quad (9)$$

где $L_{\text{дн}}$ и $L_{\text{н}}$ – средние значения уровней шума в дневное и ночное время; $\text{ПДУ}_{\text{шдн}}$ и $\text{ПДУ}_{\text{шн}}$ – 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.

Задание и методические указания по его выполнению

По данным табл. 7 определите комплексный индекс загрязнения атмосферы городов (КИЗА).

Таблица 7

Средний уровень загрязнения атмосферного воздуха

Примеси	$q_{г}$, мг/м ³	ПДК _{с.с.и}	ПДК _{мр}	Класс опасности
1. Взвешенные вещества	0,1	0,15	0,50	3–4
2. Диоксид серы	0,001	0,05	0,50	3
3. Оксид углерода	3,0	3,0	5,0	4
4. Диоксид азота	0,08	0,04	0,085	3
5. Оксид азота	0,06	0,06	0,40	3
6. Сероводород	0,001	–	0,008	2
7. Фенол	0,007	0,003	0,010	2
8. Сажа	0,01	0,05	0,15	3
9. Углеводороды	7,0	1,50	–	4
10. Аммиак	0,11	0,04	0,20	4
11. Формальдегид	0,003	0,003	0,035	2
12. Бензол	0,23	0,10	1,5	2
13. Водород цианистый	0,001	0,001	–	1
14. Ксилол	0,11	0,20	0,2	3
15. Толуол	0,3	0,60	0,6	3
16. Бенз(а)пирен, 10 ⁻⁶	0,9	1,00	–	1
17. Тяжелые металлы, 10 ⁻³				
17.1. железо	0,87			
17.2. кадмий	0,00	1,00		1
17.3. кобальт	0,00	0,30		2
17.4. марганец	0,03	0,63		2
17.5. медь	0,03	2,00		2
17.6. никель	0,02	1,00		1
17.7. ртуть		0,30		1
17.8. свинец	0,01	0,30		1
17.9. хром	0,04	0,78		
17.10. цинк	0,05	50,0		

По данным табл. 8 определите индекс загрязнения воды рек (ИЗВ).

По данным табл. 9 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 (КИЗА_{срГ}) определить по данным табл. 7;

– 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. K – 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 (КИЗА_{макс}) не учитывать.

Таблица 8

Характеристика загрязненности поверхностных вод

Показатели качества	ПДК, мг/л	Средняя концентрация, мг/л		
		река 1	река 2	река 3
Растворенный кислород	5,0	10,1	10,1	9,09
БПК5	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

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа проб
почвенного покрова городов, мг/кг

Хим. элемент		<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Cu</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>Mn</i>	<i>Cr</i>	<i>V</i>	<i>As</i>	<i>Sr</i>
<i>C_i</i>	г. <i>N</i>	152,3	461,1	30,0	32,3	3,7	583,1	88,6	35,0	35,5	209,5
	г. <i>M</i>	26,3	82,7	32,3	23,5	0,9	491,4	51,6	35,0	12,7	193,1
	г. <i>K</i>	133,7	219,6	26,8	22,1	2,7	484,4	46,6	23,4	31,9	155,1
<i>C_ф</i>		14,7	85,8	17,5	22,7	0,3	419,0	50,2	6,4	14,2	128,0

ТЕМА 4. Комплексные показатели антропогенного воздействия на геоэкологическое состояние территории

Цель занятия: сформировать умение определения комплексных показателей геоэкологического состояния окружающей среды.

Форма проведения: управляемая самостоятельная работа.

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 несколько 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:

$$\text{ИДН} = Y \cdot I_{GR} \cdot (0,1 \cdot Z - 2 \cdot P + C) \cdot C_d^2 \cdot \mu, \quad (10)$$

где Y – степень урбанизации территории: доля площади территории (от 0 до 1), занятая застройкой городского типа, промышленными объектами и коммуникациями, отн. ед.; P – плотность населения, чел./км²; Z – общая годовая заболеваемость населения (на 1000 чел.); P – рождаемость, на 1 000 чел.; C – общая смертность, на 1000 чел.; C_d – детская смертность, на 1 000 чел.; $\mu = 10^{-4}$, масштабный множитель, при котором ИДН = 1.

Если сравниваемые территории характеризуются близкими значениями плотности населения, общей заболеваемости и степени урбанизации, то можно пользоваться для расчета ИДН упрощенной формулой

$$\text{ИДН} = (16 - 2P + C)/5000 C_d^2. \quad (11)$$

Производственный потенциал территории можно оценить путем расчета индекса промышленной нагрузки (ИПН):

$$\text{ИПН} = (\Pi + \Phi)/T_y, \quad (12)$$

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:

$$\text{ИУЭ} = \text{ПВМ}_3 - \text{УВП}_3/R_n, \quad (13)$$

где ПВМ_3 – энергетическое выражение плотности размещения биомассы; УВП_3 – энергетическое выражение удельной биопродуктивности; R_n – энергия поглощенной радиации.

Перевод значений сухого вещества фитомассы и ее продукции в энергетические единицы осуществляется путем умножения на коэффициент 15275 МДж/т (1 т сухого вещества фитомассы соответствует в среднем 15275 МДж).

Таблица 10

Классификация экосистем по степени устойчивости

Класс устойчивости экосистем	Индекс устойчивости экосистем
Неустойчивые	до 0,10
Слабоустойчивые	0,11–0,20
Умеренно устойчивые	0,21–0,30
Среднеустойчивые	0,31–0,40
Высокоустойчивые	более 0,40

Задание и методические указания по его выполнению

Рассчитайте индексы демографической напряженности (ИДН) и устойчивости экосистем (ИУЭ) для трех вариантов, представленных в прил. 2. По данным табл. 11–12 рассчитайте индекс промышленной нагрузки (ИПН) в разрезе Республики Башкортостан и ее административных областей.

Создайте таблицы расчетных данных, постройте диаграммы, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Таблица 11

Площадь урбанизированной территории

Регион	Годы					
	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Республика	1 978,5	1 953,0	1 963,3	2 024,5	2 074,5	2 165,7
Район						
1	285,2	285,7	286,4	296,2	298,8	304,6
2	411,5	430,9	434,9	466,8	498,1	502,3
3	411,6	377,2	377,2	391,4	394,2	403,2
4	229,9	229,0	234,7	236,0	236,8	243,5
5	392,3	379,5	379,9	383,1	396,4	399,6
6	248,0	250,7	250,2	250,8	250,2	312,5

Таблица 12

Годовой объем промышленного производства, млрд руб.

Регион	Годы					
	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Республика	64502,2	166953,1	347655,5	615861,9	605634,5	673850,1
Район						
1	5689	15897,9	28919,8	55420,7	60120,1	69651,7
2	11681,1	29244,3	60781,1	111765,1	95787,3	105330,6
3	14655,7	35272,7	75794,6	126691,4	125647,9	140319,3
4	5382,0	16164,3	30295,4	56603,4	62464,6	69655,9
5	21940,3	54563,8	121575,3	207313,5	200880,7	227934,5
6	5154,1	15810,1	30289,3	58067,8	60733,8	60958,2

ТЕМА 5. Оценка геоэкологической емкости территории

Цель занятия: сформировать умение определения полной и антропогенной геоэкологической емкости территории.

Форма проведения: управляемая самостоятельная работа.

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):

$$D_1 = \sum_{i=1}^n \frac{S \cdot 1000}{H}, \quad (14)$$

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):

$$D_w = D_2 + D_3, \quad (15)$$

где D_2 – частная демографическая емкость по запасам поверхностных вод, чел.; D_3 – то же по запасам подземных.

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i K \cdot 1000}{B_{\text{пов.}}}, \quad (16)$$

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \frac{E_i S_i \cdot 1000}{B_{\text{подз.}}}, \quad (17)$$

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):

$$D_4 = \frac{SF \cdot K_{3.3} \cdot 1000}{HM}, \quad (18)$$

где S – территория района, га; F – лесистость района в долях от общей площади; $K_{3.3}$ – 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:

$$D_5 = \frac{2LC \cdot 1000}{K_n M}, \quad (19)$$

где L – протяженность водотоков, пригодных для купания, км; C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне – 0,5, в степной – 0,3); K_n – 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

$$D_6 = \frac{S_s E \cdot 1000}{P}, \quad (20)$$

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 соотношения 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_K) определяется через биологическое производство органического вещества растительных сообществ:

$$PC_K = \sum_{i=1}^n C_i S_p K_1, \quad (21)$$

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_1 – коэффициент перехода от биологической продуктивности к свободному кислороду (принимается равным 1,45).

Репродуктивная способность по водным ресурсам (PC_v) определяется по формуле:

$$PC_v = \sum_{i=1}^n \lambda_i S_i K_2 \quad (22)$$

где S_i – площадь территории, занимаемая участками с известными модулями стока, км; A_i – модуль поверхностного стока у 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

$$H_a = \sum_{i=1}^3 \mathcal{E}_i X_i A_i, \quad (23)$$

где H_a – оценка ГАЕТ, выраженная в единицах массовой антропогенной нагрузки (усл. т/год); \mathcal{E} – оценка геоэкологической емкости i -й среды (т/год); X – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде; A – коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей), усл. т/т.

Геоэкологическая емкость каждого компонента окружающей среды рассчитывается по формуле

$$E = V \cdot C \cdot F, \quad (24)$$

где V – экстенсивный параметр, определяемый размером территории, площадью (км^2) или объемом (км^3):

– **для воздуха:**

$$V_1 = S \cdot H, \quad (25)$$

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:

$$V_3 = S; \quad (26)$$

C – содержание (концентрация, плотность) главных геоэкологически значимых субстанций в i -й среде (т/кв² или т/км³):

– для воздуха: (содержание кислорода и углекислого газа)

$$O_i = 310^5, \text{ т/км}^3;$$

– 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;

$$– \text{ для воздуха: } F = 55896 V/S, \quad (27)$$

где V – годовая средняя скорость ветра, м/с;

$$– \text{ для воды: } F_2 = (0,0315 - F + 3 - 10 \cdot WS)/V_2,$$

где F – сумма расходов воды в водотоках при входе в территорию, м³/с; W – среднегодовое количество осадков, мм;

– для биоценозов территории:

$$F_3 = P_E/B, \quad (28)$$

где P_B – средняя годовая продукция сухого вещества биомассы, т/год; $B = C_3 - V_3$ – среднегодовая биомасса сухого вещества, т. Значения коэффициента X :

– для воздуха: (естественные колебания содержания кислорода и углекислого газа в атмосферном воздухе)

$$X_1 = 3 - 10^{-6}; \quad (29)$$

– для воды равнинных рек и озер:

$$X_2 = (4 \pm 0,2) - 10^{-5}; \quad (30)$$

– для биоты: на основании данных о дисперсиях продукции биоценозов; в зависимости от типа биоценозов изменяется от 0,03 до 1:

$$X_3 = 0,43 - F_3. \quad (31)$$

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:

$$\text{ПДАН}_3 = K_{\text{ан}} (72 R + 123 W + 0,6 P) S - K_e N, \quad (32)$$

где $K_{\text{ан}}$ – коэффициент, учитывающий антропогенную насыщенность территории ($K_{\text{ан}} = 1 + I_{\text{д}}(\text{ЭДИ})$); R – радиационный баланс территории, ккал/(см²год); W – средний модуль поверхностного стока, м³/(га/сут.) (при отсутствии прямых указаний для большинства районов $W \sim 0,01 w$, где w годовое количество осадков, мм); P – удельная продукция сухого вещества биомассы, т/(км²год) ($P = P_{\text{в}}/S$); K_e – нормативный минимум бытового расхода энергии на одного человека, т.у.т./(чел. год) (в зависимости от климатических условий в пределах СНГ K_e изменяется от 0,5 до 1,5, в среднем можно принять $K_e = 1$ т.у.т./(чел. год)); N – общая численность населения территории, чел.

Оценка экологической емкости территории

Понятие емкости территории используется при проектировании хозяйственного освоения и заселения территорий, для регламентации хозяйственной деятельности с целью обеспечения совместимости ее с окружающей средой (экологического равновесия).

Экологическое равновесие наблюдается в том случае, если соблюдаются предельно допустимые антропогенные нагрузки на окружающую природную среду, которые устанавливаются через емкость территории.

Полная экологическая емкость территории – количественная способность ландшафта удовлетворять потребности населенных мест без нарушения экологического равновесия.

Она определяется, во-первых, объемами основных природных резервуаров – воздушного бассейна, 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 экологическую емкость территории входят:

- демографическая емкость;
- репродуктивный потенциал биоты;
- экологическая техноемкость территории.

Задание: оценить демографическую емкость территории (варианты в прил. 3).

Демографическая емкость территории (города Башкортостана)

Демографическая емкость территории – максимальное количество жителей, которые могут проживать на определенной территории при условии обеспечения потребностей населения и сохранения экологического 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. Сравнив соотношение частных демографических емкостей территории (D_1-D_6 , формулы соответственно), определяют наименьшую из них, являющуюся лимитирующей, значение которой определяет экологически оптимальное число жителей для данной территории.

Частные демографические емкости:

– по наличию территории:

$$D_{T1} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot 1000}{H}, \quad (33)$$

где D_{T1} – частная демографическая емкость; S_i – территория, имеющая наиболее благоприятные условия для проживания, га; H – потребность в территории 1000 жителей в зависимости от характера производственной базы (для сельскохозяйственных зон с высокой потребностью в частных наделах H составляет 30–40 га, для промышленных районов $H = 20–30$ га);

– по обеспеченности водными ресурсами D_w (складывается из запасов подземных и поверхностных вод):

$$D_w = D_2 + D_3, \quad (34)$$

где D_w – частная демографическая емкость по запасам поверхностных вод, чел.; D_2 – по запасам поверхностных; D_3 – то же по запасам подземных.

– *по рекреационным ресурсам* определяется из статистически установленных показателей, при которых максимальная численность отдыхающих (40 % отдыхающих) в зависимости от климатических условий распределяется следующим образом:

Климат	В лесу	У воды
В районах с умеренным климатом	75 %	25 %
В районах с жарким климатом	25 %	75 %

Демографическая емкость по организации отдыха в лесу:

$$D_4 = \frac{S \cdot F \cdot 0,5 \cdot 1000}{100 \cdot H \cdot M}, \quad (35)$$

где S – территория района, га; F – лесистость района в долях от общей площади; 0,5 – 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:

$$D_5 = \frac{2L \cdot C \cdot 1000}{0,5 \cdot M}, \quad (36)$$

где L – протяженность водотоков, пригодных для купания, км; C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне – 0,5, в степной – 0,3); 0,5 – средний норматив потребностей 1 тыс. 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:*

$$D_6 = \frac{S_s \cdot E}{P}, \quad (37)$$

где S_s – площадь территорий, благоприятных или ограниченно благоприятных для ведения сельского хозяйства, га; E –

коэффициент, учитывающий возможность использования с.-х. угодий под пригородную базу (0,1–1,0); P – показатель ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородного с.-х. базы, га (500–2000 га).

Пример расчета

Определение демографической емкости X района Башкортостана. Площадь существующих населенных пунктов составляет 5713 га. Норматив H примем равным 35 га.

Тогда:

$$D_1 = (5713 \cdot 1000) / 35 = 163\,228 \text{ чел.}$$

Суточный расход воды в водотоках при входе в район составляет в среднем 2,3 млн м³. Отсюда

$$D_2 = (2,3 \cdot 106\,0,1 \cdot 1000) / 2000 = 115\,000 \text{ чел.}$$

Площадь территории района 155 900 га; лесистость 47,8 %; коэффициент распределения отдыхающих в лесу и у воды $M = 0,3$.

Отсюда

$$D_3 = (155900 \cdot 0,478 \cdot 0,5 \cdot 1000) / (200 \cdot 0,3) = 372\,601 \text{ чел.}$$

Ответ (вывод): таким образом, демографическая емкость территории равна наименьшей частной емкости 115 тыс. чел.

Задания и методические указания по его выполнению (по прил. 2)

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;

– $V_{\text{пов.}}$ – нормативной обеспеченности водой поверхностных источников 1 тыс. жителей в сутки на бытовые, производственные и рекреационные цели равной 1500 м³/сут;

- $K_{зз}$ – коэффициента, учитывающего зеленые зоны городов, равной 0,5;
- M – коэффициента распределения отдыхающих в лесу равной 0,3;
- E – коэффициента, учитывающего 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 $D_{Г1}$ показатель S 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 равным $4 \cdot 10^{-5}$; A_i – коэффициента перевода массы в условные тонны для воздуха и земли 0,5, для воды 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 – средний модуль поверхностного стока принять равным $\sim 0,01w$, где w годовое количество осадков, мм;

k_e – нормативного минимума бытового расхода энергии на одного человека равной 1 т.у.т./чел. год).

ТЕМА 6. Геоэкологические функции гидросферы

Вопросы для семинара:

1. Физические свойства воды.
2. Экологические функции гидросферы:
 - ресурсные функции;
 - геологические функции;
 - функции гидросферы как области рождения погоды и экстремальных явлений;
 - функции обеспечения условий существования и эволюции гидробионтов;
 - антропосферные функции.
3. Особенности Мирового океана (физические показатели, биопродуктивность, минеральные ресурсы).
4. Экологические функции Мирового океана.
5. Экологическое состояние Мирового океана.
6. Экологическое состояние гидросферы суши:
 - а) реки;
 - б) озера;
 - в) болота;

- г) ледники;
- д) снежный покров;
- е) подземные воды.

Задания

1. Дайте определение понятиям:

- 1) гидросфера...
- 2) Мировой океан...
- 3) гидросфера суши...

2. Ответьте на вопросы:

- с чем связана водопроницаемость горных пород?
- как формируются подземные воды?
- какие полезные ископаемые формируются вместе с речными отложениями?
- чем отличаются озера от болот?
- какие осадки накапливаются в болотах?
- какова экологическая роль поверхностных вод?
- в чем заключается проблема чистых подземных вод?

3. Заполните табл. 13.

Таблица 13

Геозкологические функции гидросферы

Экологические функции	Краткая характеристика
<i>1</i>	<i>2</i>
<p><i>1. Обеспечение условий существования и эволюции гидробионтов (жизненное пространство)</i></p> <ul style="list-style-type: none"> а) накопитель биогенных элементов; б) аккумулятор теплоты; в) аккумулятор вещества; г) среда биохимических процессов; д) среда газового режима; е) резервуар воды 	
<p><i>2. Ресурсные функции:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> а) минеральные ресурсы; б) биологические ресурсы; в) энергетические ресурсы, г) плотностная; д) гидродинамика 	

1	2
<p>3. Область рождения погоды и экстремальных явлений</p> <p>а) взаимопередачи энергии и вещества с атмосферной и литосферой;</p> <p>б) формирование погодных условий;</p> <p>в) формирование циклонов;</p> <p>г) источник экстремальных явлений (волнения, штормы, цунами)</p>	
<p>4. Геологические функции:</p> <p>а) транспорт веществ;</p> <p>б) область аккумуляции (механическая, биогенная, химическая)</p>	
<p>5. Антропоферные функции:</p> <p>а) условия существования человечества;</p> <p>б) биоминеральная;</p> <p>в) рекреационная;</p> <p>г) транспортная;</p> <p>д) фактор эстетического и эмоционального воздействия</p>	

4. Вопросы для обсуждения:

– какая из геоэкологических функций гидросферы имеет наибольшее значение для человека?

– какое значение имеет глобальный круговорот воды?

Заполните табл. 14. Предложите пути решения экологических проблем Мирового океана.

Таблица 14

Экологические проблемы Мирового океана

Экологические проблемы	Пути решения
1. Загрязнение нефтепродуктами	
2. Загрязнение радиоактивными отходами	
3. Загрязнение бытовыми отходами и мусором	
4. Сокращение биоразнообразия	
5. Эвтрофикация	

ТЕМА 7. Эколого-геохимическая характеристика ландшафтов

Цель: оценка эколого-геохимической обстановки в различных урбанизированных территориях и ландшафтах.

Форма проведения: лекция.

Теория и методика: южная тайга на Европейской территории России (ЕТР) простирается в пределах 55–50° с. ш. Леса высокобонитетные – I–II класса бонитета. Часто вторичные, травянистые, ранее использовались под луга и пашню.

Средняя тайга простирается в пределах 59–63° с. ш. и сходна с северо-таежными лесами, но отличается большей сомкнутостью древостоя. Леса высоко- и среднебонитетные – II–III–IV класса бонитета. Наблюдаются масштабные рубки.

Северная тайга и лесотундра: ее южная граница начинается у Двинского Березника (63° с. ш.) в Архангельской области и простирается на север до 66° с. ш.; недалеко проходит граница Северного полярного круга (66°30' с. ш.), например в 25 км севернее г. Мезени. Северные леса подвергаются интенсивным промышленным рубкам и почти заменены вторичными, которые находятся на разных стадиях антропогенной сукцессии.

Антропогенная нагрузка на таежные ландшафты в последние десятилетия существенно повысилась, что привело к их заметному разрушению и масштабной деградации. Добавились и масштабные пожары. Эти факторы являются движущей силой сукцессий биоты в экосистемах. Промышленные (крупномасштабные) рубки и пожары нанесли особенно ощутимый урон экосистемам тайги в Тюменской и Иркутской областях. Наблюдается отравление водных ресурсов озер и болот компонентами ракетного топлива (несимметричный метилгидразин) и соединениями бериллия. Колоссальные потери лесных ресурсов наблюдаются в зоне тайги при строительстве гидроэлектростанций и заполнении водохранилищ: богатые природные ресурсы пойменных ландшафтов – основа для развития животноводства – были уничтожены.

Помимо интенсивных заготовок древесины в зоне тайги активно проводятся геологоразведочные работы на нефть, газ, уголь, золото, алмазы; экосистемы страдают от техногенных аэральных выбросов (пыли, дыма) и «кислотных дождей» промышленных предприятий.

В любой ландшафтной зоне – от тундр до пустынь – уничтожение или нарушение целостности растительного покрова на холмистом рельефе вызывает глубокую, нередко необратимую трансформацию всего ландшафтного облика.

Антропогенно-измененные ландшафты – неэпизодические пятна на поверхности Земли. Это преобладающие ПТК на территории многих государств и географических зон: поросшие лесом карьеры, пустоши; известняково-карстовые плато и низкогорья стран средиземноморского бассейна (Испании, Италии, Греции, Туниса, Марокко, Ливии, Египта, Сирии, Израиля, Турции), поля пшеницы, подсолнечника и рисовые чеки, сады и виноградники, водохранилища и пруды, лесные посадки и лесопарковые массивы в городах, созданные творческим трудом людей.

Степень преобразования природных ландшафтов в результате реализации конкретных социально-экономических проектов определяется следующими факторами:

- численностью населения;
- общественным и экономическим укладами;
- энергетической базой и природными ресурсами;
- продолжительностью антропогенеза;
- масштабами региона (страны).

Люди за долгий период привыкли к тому, что ландшафт непрерывно обновляется – восстанавливается и очищается, возобновляются природные ресурсы – продукты питания, сырье. Однако в погоне за удовлетворением своих непрерывно растущих потребностей люди нарушают биогеохимические циклы и равновесие между компонентами экосистем и ландшафтов, что нередко приводит к их *необратимой деградации*.

Локальные разрушения в ландшафтной сфере являются прообразом тех экологических катастроф, которые могут в ближайшие десятилетия перерасти в глобальные, если коренным образом не изменить отношение людей к окружающей природе.

Полевые агроландшафты – это пахотные сельскохозяйственные угодья. В зоне тайги после раскорчевки и сведения леса в севооборотах включаются вновь освоенные почвы подзолистого типа. Если прекратить приемы окультуривания, то такие почвы быстро вернуться к исходному состоянию, характерному для лесов. Именно лесные формации и произвели подзолистые и дерново-подзолистые почвы.

Антропогенные, измененные ландшафты созданы людьми целенаправленно или непреднамеренно. Их не нужно противопоставлять природным, поскольку они развиваются в тех же биоклиматических условиях. Например, нельзя в поймах крупных рек размещать населенные пункты и свалки, промышленные объекты и т. д. Нередко это экологическое правило нарушается. Так, в пойме реки Лены какой год уже наводнения уничтожают населенные пункты. Однако все равно эти постройки будут уничтожены «большой водой». Вместо этого людей нужно отселить в безопасное место – на высокую террасу или коренной берег. Но людям это не выгодно: ловить рыбу, создать огород, брать воду из реки будет неудобно, далековато. И таких примеров много. Например, в поймах рек Подмосковья размещено более 80 % различных свалок, загрязняющих и почвы, и воды, и овощную продукцию.

Задание: подготовить примеры по эколого-геохимическим ландшафтам.

ТЕМА 8. Эколого-геохимическая оценка зон загрязнения ландшафтов

Цель: комплексная оценка экологического состояния ландшафтов.

Форма проведения: лекция.

Теория и методика: комплексная оценка экологического состояния ландшафтов включает ряд взаимосвязанных блоков: первый – это источники химического загрязнения агроландшафтов. К ним относятся не только средства химической защиты растений, удобрения и мелиоранты, но и продукты промышленных предприятий, автотранспорта, теплоэлектростанций и др.

Второй блок – транзитные ландшафты (склоны моренных холмов и гряд), которые принимают экотоксиканты и в которых происходит их трансформация, водная и твердофазная (эрозионная) миграция.

Третий блок – депонирующие ландшафты (межувалистые понижения, поймы рек, болота, а также ручьи, реки и озера – местные базисы эрозии). В них наблюдается аккумуляция техногенных экотоксикантов, их превращение и миграция.

Среди источников загрязнителей следует отметить аэральные выпадения пыли, сажи и кислотных дождей. Особенно масштабные в

аномально жаркое лето 2010 г. – запыленность промышленных городов центра Русской равнины составляет 50–150 кг/км² в сутки, а в фоновых лесных ландшафтах она в 5–10 раз меньше.

Тонкодисперсные частицы пыли способны сорбировать аэрозоли, содержащие сильные (новообразованные) минеральные кислоты (H_2SO_4 , HNO_3 и т. д.), а также химические элементы с высокими кларками – *Fe*, *Mn*, *Zn*, *Cr*, *Cu*.

Более токсичные ионы тяжелых металлов – бериллия, кадмия, свинца, ртути, сурьмы, а также мышьяка находятся в парогазовой фазе аэрозолей.

Выделяют пять основных групп поллютантов:

- 1) ионы тяжелых металлов (ТМ);
- 2) фенолы, формальдегид, полихлорбифенилы (ПХБ);
- 3) радионуклиды;
- 4) полиароматические углеводороды;
- 5) диоксины.

Однако сюда следует добавить микотоксины, пестициды и ряд других ксенобиотиков. Их влияние на биоту изучено неполно.

Основное внимание уделяется безопасности человека. В то же время качество жизни людей неразрывно связано с экологической безопасностью аграрных и иных ландшафтов. Нужно научиться нормировать загрязнения экосистем.

При эколого-геохимическом картографировании экосистем учитывают виды близлежащих промышленных производств и их возможное влияние, например, на кислотно-основные параметры почв сельскохозяйственных ландшафтов. Так, цементные и строительные заводы (например, в Воскресенском районе Подмосковья), предприятия черной металлургии способствуют подщелачиванию почв. Причем величина рН снеговых вод вблизи этих объектов достигает величин 8,2–9,4. В составе поглощающего комплекса почв увеличивается содержание ионов кальция и магния. Напротив, теплоэлектростанции на угле, нефтехимические заводы, цветная металлургия и терриконы угольных шахт приводят к подкислению почв и природных вод.

По эффекту воздействия на почвы токсичные химические элементы дифференцируются на две группы: первая – биогеохимически активные и вторая – трофически активные.

В первом случае химические элементы, содержащиеся в техногенных продуктах, сорбируются гумусом, коллоидами и минералами почвы. Наблюдается некоторое изменение окислительно-восстановительных и кислотно-основных свойств почв. Подобные изменения вызывают элементы с высокими кларками: железо, марганец, кальций, магний, натрий, калий, алюминий, а также анионы сильных минеральных кислот.

Во втором случае на почву и ее биоту влияют высокотоксичные химические элементы (бериллий, ртуть, мышьяк, кадмий, селен, свинец, хром), концентрация которых пока еще очень незначительная в агроэкосистемах. Их экологическая опасность реализуется иначе: в биогеохимической миграции и включении в трофические (пищевые) цепи, попадая и аккумулируясь в кормах, продуктах животноводства и, наконец, в организмах людей. Некоторые из них выступают «двойниками» металлов в ферментах и клеточных структурах, нарушая обмен веществ, вызывая экологические заболевания – эндемии.

Задание: подготовить анализ информационных литературных источников (обзоры, статьи).

ТЕМА 9. Геохимические потоки миграции вещества и энергии (барьеры миграции)

Цель: определение геохимических потоков миграции вещества и энергии.

Форма проведения: лекция.

Теория и методика: каскадный эколого-геохимический ландшафт состоит из «парагенетической ассоциации» сопряженных элементарных геохимических ландшафтов (ЭГЛ), связанных между собой потоками миграции веществ и энергии.

Закономерное сочетание ЭГЛ в ландшафте называется геохимическим сопряжением, которое проявляется в виде конкретного типа биогенного круговорота элементов (БИК), обмена энергии и информации как между компонентами ЭГЛ, так и между самими ЭГЛ. Поэтому при исследовании ЭГЛ необходим системный подход и моделирование (математическое и экспериментальное). Выделяются и межбарьерные ландшафты, которые представляют собой совокупность ЭГЛ, связанных единым типом миграции веществ и расположенных между двумя соседними ландшафтами одного класса. В экологии такие участки называются экотонами.

Геохимическая характеристика ландшафтов

Геохимическая диагностика мигрантов должна учитывать особенности географического пространства. *А. И. Перельман (1975) выделил следующие типы связей в геохимических ландшафтах:*

- 1) прямые – водные;
- 2) воздушные;
- 3) обратные – биотические;
- 4) биокосные;
- 5) водные и воздушные.

*В геохимических ландшафтах выделяются биокосные тела: почвы, коры выветривания, речные и озерные илы, водоносные горизонты, аллювиальные, делювиально-пролювиальные отложения, поверхностные воды, приземная атмосфера, наземные биоценозы. На плакоре функционирует *структурный центр* ландшафта, из которого и выходят водные потоки мигрантов, перемещающиеся внутри профилей почв по склону – к местному базису эрозии (межувалистому понижению, пруду).*

Элементарные геохимические ландшафты

Элювиальные (автономные или субаэральные) ЭГЛ занимают выровненные водоразделы (местный, межбалочный, межовражный, междуречный) и плакоры увалов и гряд.

Их относительно повышенное положение в рельефе обуславливает поступление веществ в ландшафт в основном из атмосферы, а в агроландшафтах с целевыми техногенными продуктами – из удобрений, мелиорантов, пестицидов, орошаемых вод (в частности, с осадками сточных вод). На таких участках ландшафтов создаются аномально высокие концентрации педогенных и экологически вредных химических продуктов.

Оценка барьеров миграции

Выделяют два типа барьеров: природные и техногенные. Среди первых диагностируют три класса: механические, физико-химические и биогеохимические.

Механические барьеры – это участки почв и ландшафтов резкого уменьшения интенсивности переноса какого-то субстрата ветром или водой без радикального изменения их форм миграции и химического состава. Так образуются наносы почвенного мелкозема у изгороди при пыльных бурях.

Биогеохимические барьеры формируются на территориях, занятых биотой, например, хвойным лесом. На этом барьере химические элементы не только аккумулируются, но и радикально изменяют форму миграции и свойства за счет реакций комплексообразования, сорбции, полимеризации и др. Так, в частности, в экосистемах образуются генетические горизонты и профили почв, система специфических гумусовых соединений, сорбционно закрепленных на почвенной матрице. Сорбция играет уникальную роль, поскольку ей противостоит мощный природный механизм рассеивания в пространстве веществ и энергии.

Физико-химические барьеры включают обширный класс барьеров, формирование которых связано с резким изменением *физико-химических условий миграции* химических элементов как по вертикали, так и в пространстве на коротких расстояниях. Экотоны, например, и являются площадными барьерами.

Радиальные (или вертикальные) барьеры залегают в профилях почв, пород и корах выветривания. Такие барьеры являются зонами накопления и осаждения различных экотоксикантов из миграционного потока в почвах, а также в почвообразующих и подстилающих породах.

Физико-химические барьеры миграции

Известны следующие *физико-химические барьеры*:

- 1) кислородный;
- 2) глеевый (в т. ч. и сероводородный);
- 3) щелочной;
- 4) кислый (кислотный);
- 5) испарительный;
- 6) сорбционный (органогенный, карбонатный, органоминеральный);
- 7) солевой.

Есть также комплексные барьеры.

Кислородные барьеры очень широко распространены в ландшафтах Земли, образуясь вновь и вновь в местах разгрузки так называемых «глеевых вод» на участках, богатых свободным O_2 . Из металлов осаждаются *Fe* и *Mn*. Кроме указанных элементов здесь аккумулируются также *сера* и *селен*, в частности в местах выхода сероводородных вод.

Одним из таких уникальных мест на Северном Кавказе является гора Машук и «Провал» на южном склоне горы, где в виде большой лужи скопилась сероводородная кислота естественного генезиса. Вблизи подобного *сероводородного источника* заметны новообразования серы в виде ее самородной формы, являющейся антисептиком. H_2S может находиться и в растворе, и в газовой фазе. H_2S – яд.

Сероводородный (глеевый) барьер образуется в восстановительной почвенно-геохимической обстановке при наличии источников серы и углерода. В глубинах Земли при $t^\circ \geq 150$ °C в породах и газах, содержащих CH_4 и сульфаты, возможно образованные H_2S по схеме: $CH_4 + SO_4^{2-} + 2H^+ \rightarrow CO_2 + 2H_2O + H_2S$. Однако гораздо большее значение в образовании H_2S имеет деятельность сульфатредуцирующих бактерий:



Формирование H_2S сопровождается активным осадкообразованием *Fe, Mn, Pb, Zn, Cu, Cd, Ag, Hg, Sb, Bi, Mo*. Железо и марганец в водных растворах образуют с сероводородом труднорастворимые осадки черного цвета. *Сероводородные барьеры* ярко выражены в дельтах северных рек, впадающих в морские бассейны: Сев. Двины, Мезени, Кулоя, Печоры, Енисей, по побережьям которых формируются своеобразные маршевые почвы и солончаки.

Глеевые барьеры (без участия H_2S). Возникают на участках интенсивного разложения растительных остатков и ВОВ без соединений серы и без доступа молекулярного O_2 . На глеевых барьерах (например, концентрические «окрайки» болот) — на гидрозолях $Fe(OH)_3$ — осаждаются *Cu, Mo, U, Ag, Cr, V, As*. Глеевые барьеры, как правило, являются *двусторонними*, а в краевых частях болот находятся комплексные барьеры: кислый, сорбционный, глеевый и биогеохимический. В этих барьерах отмечается сегрегация соединений железа, марганца и фульвокислот в конкреции, примазки.

Щелочные барьеры образуются на участках ландшафта, где реакция среды скачкообразно изменяется от кислой ($pH = 4,1-5,0$) до щелочной ($pH \geq 7,9$). В этих условиях из водных растворов

осаждаются многие вещества, относящиеся к карбонатам, гидроксидам металлов, фосфатам, арсенатам и ванадатам.

Сорбционные барьеры миграции относятся к наиболее распространенным в почвах и ландшафтах. Они формируются на участках почв, пород, донных осадков и т. д., где водные или газовые миграционные потоки встречаются с природными сорбентами: доломитами, глинами, коллоидами *Fe*, *Mn*, *Si* и др. На формирование таких барьеров большое влияние оказывают гумусовые соединения и вторичные минералы — каолинит и монтмориллонит.

Активными сорбентами в почвах являются коллоиды *Fe*, *Mn*, *Si*, *Cr*... Коллоиды гидроксида *Fe*, например, сорбируют *As*, *V*, *P*, *Sb*, *Se*; а *Mn(OH)₂ – Ni*, *Co*, *K*, *Ba*, *Cu*, *Zn*, *Gh*, *Au*, *W*; коллоиды кремния — радиоактивные элементы; известняки и доломиты — *Pb*, *Zn*, *Sr*.

Глинистые минералы сорбируют ионы металлов лучше в слабощелочной среде, чем в кислой. Поэтому в черноземах и дерновых почвах тяжелые металлы (ТМ) сорбируются более полно и прочно. Впоследствии ТМ активно загрязняют сорбционно-геохимические барьеры почв:

- органогенный (гор. O^T);
- органоминеральный (гор. A_1);
- минеральный (*B* и другие нижележащие горизонты почв);
- карбонатно-кальциевый;
- сульфидный;
- фосфатный.

Указанные барьеры миграции становятся источниками загрязнения сельскохозяйственной продукции и поверхностных природных вод. Кроме качественной (эколого-химической) важна и количественная оценка барьеров миграции по следующим параметрам: градиент барьера, контрастность барьера, импульс миграции и др.

Сорбция веществ на сорбционном барьере миграции

Для расчета задерживаемой массы мигранта на барьере эмпирическим путем используют следующее выражение:

$$h = k_{\text{моб}} (C_1 - C_2) / (\alpha_1 - \alpha_2) / l, \quad (39)$$

где l — мощность барьера (м), $k_{\text{моб}}$ — коэффициент мобилизации (безразмерная величина) химического элемента из сложного

(труднорастворимого) химического соединения в раствор; C_1 и C_2 – концентрации изучаемых элементов до и после барьера (целесообразно рассчитать массу мигранта, а не только концентрацию); α_1 и α_2 – сухой остаток аликвотов лизиметрических вод до и после барьера (% , г/л).

В расчетах следует обратить внимание на сопоставимость единиц измерения.

Пример. $k_{\text{моб}}$ $C_{\text{орг}}$ ВОВ для хвойного опада в почвах подзолистого типа Подмосквья равен 5 %; C_1 и C_2 – соответственно полученные с помощью МСЛ – 21 и 3 г/м²·год⁻¹; $l = 25$ см; α_1 и α_2 – соответственно 0,25 и 0,15 %. Подставив указанные опытные данные в выражение для расчета h , получим:

$$h = 5 \frac{21-3}{(0,25-0,15) \cdot 0,25 \text{ м}} = 90 \text{ г/м}^2 \cdot \text{год}^{-1} / 0,025 \text{ м} = 3600 \text{ г/м}^3 \cdot \text{год}^{-1}.$$

Расчеты показывают, что в данном случае (гор. A_1) – это очень активный органоминеральный сорбционный барьер.

Контрастность (технофильность) барьера рассчитывают, используя следующее выражение:

$$K_{\text{б}} = C_i / C_{\text{фон}}, \quad (40)$$

где C_i – реальное содержание мигранта в массе барьера (% , моль) и $C_{\text{фон}}$ – фоновое содержание (или Кларк) изучаемого элемента (вещества), %. Например, содержание мобильных форм свинца в гор. O^{III} составило 0,11 %, а Кларк Pb в коре выветривания составляет $1,6 \cdot 10^{-3}$ %. Отсюда $K_{\text{б}} = 0,11 / 0,016 = 68,8$.

Таким образом, несмотря на низкие концентрации ионов Pb^{2+} в почвенных растворах таежных ландшафтов, данный элемент *очень активно накапливается на некоторых сорбционных барьерах*. Пренебрегать низкими величинами экотоксикантов в ландшафтах и почвах нельзя. Следует организовать стационарные наблюдения за миграцией экотоксиканта.

Комплексные барьеры миграции

Комплексные барьеры миграции наиболее широко распространены в ландшафтах земного шара. С этими барьерами связаны максимальные по динамике изменения форм миграции веществ. Например, в Черном и Красном морях на глубинах 150–200 м начинается *сероводородный барьер*: здесь нет биоты.

В Красном море на дне отложились сульфидные полиметаллические рудные отложения *Pb*, *Cu*, *Zn*. Глубинные металлоносные рассолы, поднимающиеся по трещинам горных пород вверх, претерпевают трансформацию на кислородном барьере (в поверхностных слоях моря): закисное *Fe(II)* окисляется и переходит в Fe^{3+} с последующим образованием коллоидных частиц $Fe(OH)_3$.

Последние представляют собой прекрасные сорбенты как для ВОВ, так и многих металлов, поэтому вода хорошо очищается. При осаждении $Fe(OH)_3$ увлекает растворимые формы *Cu*, *Pb*, *Cd*, а сам гидроксид железа превращается в гетит. Здесь важную роль играют и сульфатредуцирующие бактерии, деятельность которых можно диагностировать как *биогеохимический микробарьер*.

Другие параметры количественной оценки барьеров миграции

Другим важным показателем активности мигрантов является их *интенсивность миграции* P_x . Она отражает количество вещества (моль, г), мигрирующее за определенный промежуток опыта (месяц, сезон, год) через заданную площадь сечения или точнее объем почвенно-геохимического барьера. Рассчитывается P_x по выражению:

$$P_x = db / dt \text{ или } P_x = (b_2 - b_1) / (t_2 - t_1). \quad (41)$$

Данное выражение без учета общей массы (валовой) формы мигранта отражает параметр P_x как скорость мобилизации элемента из твердой фазы в раствор. Если теперь величину db/dt разделить на массу химического элемента в форме оксида (валовое содержание) или его Кларк в коре выветривания (%), то получим следующее выражение:

$$P_x = \frac{1}{b_x} \cdot \frac{db}{dt}. \quad (42)$$

Приняв db/dbx за U (*импульс миграции*), найдем:

$$P_x = U / dt. \quad (43)$$

Выражение db/dbx – это приращение небольшой мобильной массы мигранта к валовой на расчетной площади (в принципе, это соотношение масс мигранта в жидкой и твердой фазах). По смыслу оно подобно $k_{\text{моб}}$. Из выражения $P_x = U/dt$ можно найти значение импульса миграции $dU = P_x \cdot dt$.

Импульс миграции – это плотность потока мигранта (модуль потока) за конкретный промежуток стационарного опыта через заданную (расчетную) площадь (m^2) почвы.

Поскольку $dU = db/dbx \cdot dt$, то взяв определенный интеграл, получим:

$$dU = \int_{b_1}^{b_2} \frac{db}{dbx_o} \int_0^t dt = \ln \frac{b_2}{b_1} \cdot t^{-1}. \quad (44)$$

После преобразования найдем вид функции: это восходящая экспонента:

$$b_2 = b_1 \cdot \exp(U) = b_1 \cdot \exp[P_x(t_2 - t_1)]. \quad (45)$$

Пример. В результате техногенного загрязнения одной из экосистем Подмосковья с дерново-подзолистыми почвами в гор. A_{max} содержание мобильной формы меди ($Cu-R$, $CuCl_2$) за 1 год достигло экологически опасного уровня – 2%, а Кларк меди в коре выветривания – $4,5 \cdot 10^{-3}\%$.

Отсюда:

$$U = \ln b_2/b_1 = \ln 2 - \ln 4,5 \cdot 10^{-3} = 0,693 - (-5,404) = 6,1. \quad (46)$$

Величина $\ln b_1$ не изменяется, поскольку $\ln t$ (1 год) равен нулю.

Таким образом, *импульс миграции* ионов Cu^{2+} в гор. A_{max} довольно значительный.

Вопросы для самоконтроля

1. Почему *природные барьеры миграции* рассматриваются как фактор качества жизни и экологической безопасности людей и биосферы?

2. Назовите основные классы природных барьеров миграции.

3. Приведите примеры сорбционных барьеров миграции. Какие классы веществ они сорбируют?

4. Что такое сорбция? Какие процессы преобладают на сорбционном барьере, например в горизонте A_1 лесной дерново-подзолистой почвы?

5. Какую роль играют глеевые и сероводородные барьеры миграции?

6. Нарисуйте схему каскадного геохимического ландшафта.

7. Назовите основные этапы эколого-геохимического картирования.

Задачи по геоэкологии

Задача 1

Определите градиент барьера миграции соединений кадмия в таежной агроэкосистеме (в частности, в гор. A_1 почвы), если известно, что масштаб миграции M ионов кадмия «на входе» гор. A_1 составляет $5,0 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год}^{-1}$, а на «выходе» из гор. A_1 – $2,6 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год}^{-1}$. Мощность горизонта $A_1 I$ достигает 22 см.

Решение. Градиент миграционного барьера равен соотношению разности величин мигрируемых масс ионов кадмия (на «входе» и «выходе» из барьера) к мощности самого барьера миграции, выраженного в метрах. Отсюда:

$$G = \frac{m_1 - m_2}{l} = \frac{5,0 \text{ мг/м}^2 - 2,6 \text{ мг/м}^2}{0,22 \text{ м}} = 10,9 \text{ мг/м}^3 \cdot \text{год}^{-1}.$$

Ответ: $10,9 \text{ мг/м}^3 \cdot \text{год}^{-1} \text{ Cd}^{2+}$.

Задача 2

Уточните коэффициент мобилизации $k_{\text{моб}}$ ионов свинца из доломитизированного известняка, внесенного в гор. A_1 дерново-подзолистой почвы южно-таежной экосистемы, если известно, что в твердой фазе мелиоранта содержится 0,004 % PbCO_3 , а за 1 год (по данным метода сорбционных лизиметров) из мелиоранта мобилизуется 0,02г/100г ионов Pb^{2+} в растворимое состояние (коэффициент мобилизации $k_{\text{моб}}$ ионов свинца равен 0,0002).

Задача 3

Рассчитайте массу ионов свинца, мобилизуемую в раствор из доломитизированного известняка, если известно, что $k_{\text{моб}}$ равен 0,0032 (в частях), а в мелиоранте содержится 37,5 мг/кг PbCO_3 .

Задача 4

Исходя из величин Кларка и масштаба водной миграции определите, какой химический элемент интенсивнее мигрирует в течение 1 года в таежном агроландшафте: ионы железа или кремния? В частности, в профиле подзолистой почвы. Известно, что масштаб миграции $m_{\text{миг}} \text{Fe}^{3+} = 326 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год}^{-1}$, а кремния – $3108 \text{ мг/м}^2 \cdot \text{год}^{-1}$; общие Кларки n_x железа и кремния соответственно составляют 2,7 % и 54 %.

Задача 5

В схематическом уравнении материального баланса гумуса в гор. $A_{нах} O_n \cdot k_2 = B \cdot k_{мин}$, допустим, величина O_n (масса ежегодного опада растительных остатков) в экосистеме существенно (в десятки раз) уменьшилась вследствие сжигания стерни и отчуждения послеуборочных остатков. Прокомментируйте, как будут изменяться величины B (запасы гумуса) и $k_г$, если $k_г$ – коэффициент (константа) скорости гумификации много меньше $k_{мин}$ (коэффициента минерализации): соответственно 0,01 и 0,65.

Задача 6

Прокомментируйте схематическое уравнение материального баланса гумуса: $O_{п} \cdot k_г = B \cdot k_{мин}$, если произошло техногенное разрушение 75 % гор. A_1 и гумуса в профиле дерново-подзолистой почвы подзоны южной тайги.

Задача 7

Исходя из величины $k_{моб}$, Кларка $n_x Fe$ в почве (4,5 %), a_x – сухого остатка в речной воде (0,25 %), определите коэффициент миграции $k_{миг}$ ионов железа в таежном заболоченном ландшафте. Известно, что коэффициент мобилизации $k_{моб}$ ионов Fe^{3+} в раствор равен 0,005 (в долях). Охарактеризуйте эко-геохимический смысл константы интенсивности миграции $k_{миг}$.

Задача 8

Рассчитайте коэффициент миграции $k_{миг}$ для ионов кремния и цинка в таежном ландшафте, если известны следующие параметры:

а) для кремния:

$m_x - 1 \cdot 10^{-2}$ г/л (концентрация ионов элемента в жидкой фазе);

$a_x - 0,5$ г/л (сухой остаток);

$n_x - 29,5$ % (Кларк элемента, или валовое содержание);

б) для цинка:

$m_x - 5 \cdot 10^{-5}$ г/л;

$a_x - 0,3$ г/л;

$n_x - 8,3 \cdot 10^{-3}$ %.

Сделайте вывод, во сколько раз один химический элемент мигрирует интенсивнее другого в ландшафте. Объясните возможные формы их миграции и активность на барьерах миграции.

ТЕМА 10. Региональные геоэкологические проблемы природопользования

1. Острые экологические ситуации и региональные геоэкологические проблемы.
2. Классификация геоэкологических проблем.
3. Краткий обзор геоэкологических проблем природопользования в России и сопредельных странах СНГ.
4. Геоэкологические проблемы Башкортостана.

1. Острые экологические ситуации и региональные геоэкологические проблемы

По охвату территории исследования выделяют три вида территориального природопользования:

- 1) глобальное природопользование;
- 2) региональное природопользование;
- 3) локальное природопользование.

Под региональным природопользованием понимается природопользование в рамках региона, в качестве которого могут выступать:

- 1) крупный город или агломерация;
- 2) промышленный ареал, соответствующий промышленному центру или узлу, ТПК, экономическому району;
- 3) аграрная или рекреационная зоны;
- 4) административно-территориальные образования, соответствующие стране, области, республике, муниципальному району;
- 5) природные территории (природная зона, речной или гидрогеологический бассейн, ландшафтный район).

Оценка состояния природной среды в различных регионах, сложившегося в результате хозяйственной деятельности человека, позволяет специалистам-экологам выделить ареалы острых экологических ситуаций. Для регионов с острой экологической ситуацией характерны региональные геоэкологические проблемы.

Степень остроты проявления региональных геоэкологических проблем определяется следующими показателями:

- 1) показатели, характеризующие санитарно-гигиеническую обстановку;

2) показатели, характеризующие истощение природных ресурсов;

3) показатели, характеризующие нарушенность и видоизмененность естественных ландшафтов.

Основными критериями определения геоэкологических проблем являются:

1) загрязнение природной среды;

2) истощение природных ресурсов;

3) деградация лесов и пастбищ;

4) степень развития неблагоприятных природно-антропогенных процессов;

5) снижение и потеря рекреационных свойств ландшафта;

6) нарушение режима особо охраняемых природных территорий;

7) показатели здоровья населения и многие другие.

В зависимости от региона величина того или иного критерия отдельной экологической проблемы может существенно различаться. Например, даже незначительные изменения природы в горных районах или на Крайнем Севере вызывают катастрофические изменения. В то же время при аналогичных воздействиях геоэкосистемы средней полосы России легко восстанавливаются.

Под геоэкологической проблемой понимается изменение природной среды в результате антропогенных воздействий, ведущих к нарушению структуры и функционирования ландшафтов и приводящих к негативным природным и социально-экономическим последствиям.

Усложнение экологической ситуации и их переход в отдельных регионах в категорию геоэкологических проблем чаще всего происходит следующими путями:

1) путем коммулятивного эффекта и эффекта суммации;

2) при увеличении антропогенной нагрузки;

3) при появлении новых видов антропогенных нагрузок;

4) когда на существующую ситуацию накладывается сильный внешний фактор, например, на крайне острую экологическую ситуацию в Прикаспии, связанную с загрязнением среды, водной эрозией и дефляцией почв, наложилось поднятие уровня Каспийского моря, что усугубило и без того неблагоприятную обстановку в регионе.

2. Классификация геоэкологических проблем

Классификация – это один из способов систематизации фактического материала. Классификация геоэкологических проблем необходима для их детального пространственно-временного анализа и выработки мероприятий по оптимизации геоэкосистем. При классификации геоэкологических проблем могут быть использованы следующие принципы (Кочуров, 1999):

1. Системный – рассмотрение объекта исследования как системы взаимосвязанных характеристик.

2. Генетический – анализ исходного состояния явления и выделение из него последующих состояний.

3. Антропоэкологический – учет условий проживания и состояния здоровья населения, сохранения генофонда.

4. Информационный – фиксация устойчивых признаков, опирающихся на эмпирическую базу.

5. Конструктивный – выбор путей гармонизации взаимоотношений природы и общества и подходов к решению геоэкологических проблем.

Все геоэкологические проблемы, связанные с нарушением отдельных компонентов ландшафта или их комплекса можно объединить в 6 групп:

1. Атмосферные проблемы – связаны с загрязнением приземного слоя воздуха.

2. Водные проблемы – связаны с истощением и загрязнением поверхностных и подземных вод, загрязнением вод Мирового океана.

3. Биологические проблемы – деградация лесов, перерубы леса, депрессия пастбищ, истощение рыбных ресурсов, пастбищная дигрессия, сокращение биоразнообразия.

4. Геолого-геоморфологические проблемы – водная эрозия, оползнеобразование, оврагообразование, карст, нарушение мерзлотного режима почвогрунтов, изменение рельефа, истощение недр.

5. Земельные проблемы – нарушение и отчуждение земель, загрязнение и засоление почв.

6. Комплексные или ландшафтные проблемы – ухудшение и потеря природно-рекреационных качеств, нарушение охранного режима уникальных природных объектов, опустынивание.

По степени остроты все ареалы острых экологических ситуаций делятся на две категории: 1) зоны с очень острой экологической ситуацией и 2) зоны с чрезвычайной (неблагополучной) экологической ситуацией, где состояние природной среды прямо угрожает жизни населения, а отдельные геоэкологические проблемы достигли катастрофической степени. Эти зоны занимают около 20 % территории России, в них проживает 1/5 часть россиян. По характеру последствий региональные геоэкологические проблемы подразделяются на три группы:

1. Антропоэкологические – связаны с изменением в состоянии здоровья.

2. Ресурсо-хозяйственные – связаны с истощением и потерей природных ресурсов, ухудшением их качества и понижением их продуктивности.

3. Природно-ландшафтные – связаны с изменением состояния ландшафтов, потерей генофонда и уникальности ландшафта и т. д.

Всего на территории России Минприроды РФ было выделено 290 ареалов с острой экологической ситуацией, занимающих площадь примерно 3,5 млн км² или 20 % территории страны.

Наибольшее количество ареалов отмечается в Западной Сибири – 33, Восточной Сибири – 28, на севере Европейской части России – 22, что связано, прежде всего, с добычей полезных ископаемых и рубками леса.

По количеству и видам геоэкологических проблем ареалы подразделяются на три категории: 1) сложные; 2) переходные и 3) простые.

Сложные ареалы обусловлены главным образом загрязняющим влиянием промышленных центров, интенсивным использованием природных ресурсов (например, горные разработки, сельскохозяйственное производство) и очень высокой плотностью населения. К таким регионам относятся Кузбасс, Средний и Южный Урал, Самара-Тольяттинский промышленный центр, Московский промышленный центр, Норильск.

Для переходных ареалов характерно истощение или утрата различных природных ресурсов (например, водных, лесных, земельных). Примером, таких ареалов является Кольский полуостров, Забайкалье, Приаралье.

Простые ареалы связаны с загрязнением одной из сред обитания и истощением отдельных видов ресурсов. Например, Азовское, Черное, Белое, Каспийское моря, Онежское и Ладожское озера, деградированные пастбища Калмыкии.

Большинство геоэкологических проблем обнаруживает достаточно четкую привязанность к определенным природным зонам. Например, экологические проблемы в тундре и лесотундре связаны с перевыпасом оленьих пастбищ и добычей полезных ископаемых.

Основная причина геоэкологических проблем в таежной зоне – рубка леса, намного превышающая расчетную лесосеку. Она сопровождается снижением запасов биомассы, снижением бонитета лесов, заболачиванием территории, загрязнением рек.

В полупустынной и пустынной зонах, геоэкологические проблемы связаны главным образом с орошением почвы и неумеренным выпасом скота, что приводит к деградации почв и пастбищ.

Существуют и незональные геоэкологические проблемы. Они могут быть связаны с добычей минерально-сырьевых ресурсов.

Таким образом, региональные геоэкологические проблемы возникают в отдельных регионах из-за экстенсивного подхода к исследованию природных ресурсов, игнорированию особенностей ландшафта, его потенциала и устойчивости к антропогенным воздействиям.

3. Краткий обзор геоэкологических проблем природопользования в России и сопредельных странах СНГ

В Государственном докладе о состоянии окружающей природной среды в РФ выделено 12 регионов с чрезвычайной экологической обстановкой:

1. Город Братск.
2. Зона прибрежной полосы Черного моря.
3. Город Нижний Тагил.
4. Природный комплекс бассейна оз. Байкал.
5. Бассейн р. Томь.
6. Кавказские минеральные воды.
7. Тульская область.
8. Территория радиоактивного загрязнения.
9. Бассейн р. Волга.

10. Онежское озеро, Ладожское озеро, Невская губа.

11. Район Крайнего Севера.

12. Прибрежные территории Каспийского моря.

Рассмотрим геоэкологические проблемы некоторых регионов России.

Нижний Тагил – город расположен на Среднем Урале, население около 500 тыс. человек. В городе расположены крупные предприятия горнорудной и металлургической промышленности, а также машиностроения и химии. Основная геоэкологическая проблема связана с катастрофическим загрязнением природной среды и добычей полезных ископаемых. В атмосферу ежегодно выбрасывается свыше 400 тыс. т вредных веществ. Среднесуточная концентрация загрязняющих веществ превышает ПДК в несколько раз. Так, содержание оксидов азота составляет 80 ПДК, бенз(а)пирена – 50 ПДК, свинца – 40 ПДК. Город характеризуется очень высоким техногенным загрязнением почвы. В радиусе трех км от Нижнетагильского металлургического комбината суммарный показатель загрязнения почв составляет более 120 единиц (для сравнения: в промышленной зоне Саранска аналогичный показатель в 4 раза ниже). В водные объекты ежегодно сбрасывается около 150 млн м³ сточных вод (что в 2 раза выше, чем по всей Мордовии). Поверхностные воды ниже города характеризуются как «очень грязные». В качестве источников питьевого водоснабжения населения используется р. Тагил и ее притоки, вода которых не соответствует установленным нормам. Качество питьевой воды представляет риск для здоровья населения вследствие повышенного микробного загрязнения и содержания токсичных веществ.

Длительная разработка месторождений полезных ископаемых на территории города привела к полному исчезновению природного ландшафта. Территория города покрыта многочисленными отвалами вскрышных пород и отходами промышленных предприятий, карьерными выемками, отстойниками, провалами, зонами просадок земной поверхности. Среди детского и взрослого населения отмечается рост заболеваний органов дыхания, пищеварения и мочеполовой системы.

Байкал – уникальное пресноводное озеро, занимающее первое место в мире по глубине (1620 м) и объему водных масс (23 600 км³). В нем содержится около 20 % мировых и 90 % объема пресных вод России. Экосистема Байкала отличается уникальным богатством и

своеобразием – в озере обитают не менее 2400 видов и разновидностей животных и растений. Более 2/3 видов обитателей Байкала эндемики, т. е. виды, не живущие в других регионах. Уникальной особенностью Байкала является наличие тонкого биологического механизма самоочищения вод. Основная роль в этом процессе принадлежит зоопланктону, имеющему фильтрационный тип питания и пропускающему через себя воду озера. Байкал является бесценным хранилищем элементов генетического фонда Земли.

Уникальность Байкальской экосистемы, ее природных качеств, процессов и явлений диктует необходимость исключительно осторожного, научно-обоснованного подхода к развитию хозяйства в регионе.

Хозяйственная деятельность, нерациональное использование природных ресурсов в регионе привели к ухудшению гидрохимического состояния озера и его притоков, загрязнению атмосферного воздуха, развитию эрозионных процессов, деградации живых организмов озера, наносится ущерб и лесным экосистемам.

В озеро впадает 336 рек и ручьев, вместе с их водой поступает большое количество органических веществ, фенолов, нефтепродуктов, СПАВ и других загрязняющих веществ. Только одна р. Селенга ежегодно приносит в Байкал 6 млн т растворенных веществ, 2 млн т взвешенных веществ, 0,5 млн т органических веществ. Среди всех источников влияния на водоем особое место занимают Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат, введенный в действие в 1964 г. В зоне выпуска сточных вод комбината в озеро сформировалась зона устойчивого загрязнения вод. В этом районе отмечено загрязнение донных отложений на площади более 20 км².

Правительство России в последние годы уделяет большое внимание охране Байкала. Байкальский ЦБК сейчас технологически переоснащается, сокращено судоходство по озеру, уменьшена расчетная лесосека в водоохраной зоне, разработан план развития туризма и отдыха. Постановлением Правительства России по охране экосистем Байкала запланировано всего около 160 природоохранных мероприятий. Однако охрана оз. Байкал до сих пор остается актуальной.

Ряд территорий Российской Федерации в силу различных причин подвержен радиационному загрязнению.

Следствием аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 г. явилось загрязнение 20 областей Европейской территории России цезием-137,

стронцием-90. Наибольшее влияние Чернобыльской аварии испытали Брянская, Калужская, Тульская и Орловская области. На этих территориях находятся площади, загрязненные цезием-137 с уровнем от 5 до 15 Ки/км².

Из-за проведенных по различным причинам подземных ядерных взрывов образовались районы с локальными участками радиоактивного загрязнения: в Саха-Якутии (п. Мирный), в Оренбургской области (Тоцк), в Архангельской области (Новая Земля). Потенциальными источниками радиоактивной опасности продолжают оставаться хранилища радиоактивных отходов и АЭС, такие как Балаковская, Белоярская, Билибинская, Кольская, Курская, Ленинградская, Смоленская. По-прежнему актуальна проблема радиоактивных отходов ВМФ в местах его базирования (Приморский край, Мурманская и Архангельская обл.).

Следующий неблагоприятный регион – прибрежные территории Каспийского моря. Общая экологическая ситуация сопровождается резким ухудшением санитарно-токсикологической и рыбохозяйственной обстановки и в настоящее время оценивается как предкризисная.

Геоэкологические проблемы связаны в основном с повышением уровня Каспийского моря и загрязнением его акватории.

Крайний Север в Российской Федерации включает в себя моря Северного Ледовитого океана и территорию материка Евразия севернее северного полярного круга. Крайний север занимает площадь 9 млн км², из которых, 6,8 млн км² – водное пространство.

Природопользование на Крайнем севере осуществляется в экстремальных условиях. Особенности природы Крайнего севера являются низкие значения радиационного баланса, средняя температура лета, близкая к 0 °С, отрицательная среднегодовая температура, существование ледников, наличие многолетней мерзлоты, преобладание арктических пустынь и тундр. Природа Крайнего севера ранима даже к незначительным воздействиям. Основными геоэкологическими проблемами являются: 1) загрязнение природной среды; 2) деградация оленьих пастбищ и лесов; 3) последствия, связанные с добычей полезных ископаемых.

Наиболее кризисная экологическая ситуация сложилась в Норильске, на Кольском полуострове и Новой Земле.

Норильский горно-металлургический комбинат – крупнейший загрязнитель не только в России, но и в Северном полушарии. Воздух наиболее загрязнен сернистым ангидридом, окислами азота, окисью

углерода, фенолом, сероводородом и хлором. Общая площадь очага деградации лесов в районе Норильска составила примерно 600 тыс. га. По данным зарубежных ученых горно-металлургический комбинат оказывает влияние на леса Скандинавии, США и Канады.

На Кольском полуострове особенно остро стоит вопрос состояния воздушного бассейна, в районе комбинатов «Печенганикель» (г. Заполярный) и «Североникель» (г. Мончегорск). В результате многолетнего воздействия сернистого газа, соединений тяжелых металлов наносится ущерб лесному хозяйству, Лапландскому биосферному заповеднику.

Основными источниками загрязнения водной среды являются: Архангельский ЦБК, суда речного и морского флота, Кировское ПО «Апатит».

В странах СНГ наиболее сложная геоэкологическая обстановка сложилась в Приаралье. Приаралье – регион вокруг Аральского моря общей площадью 473 тыс. км³, численностью примерно 3 млн человек.

Аральское море – замкнутый водоем, окруженный пустынями, Площадь его 66 тыс. км², средняя глубина 16 м, объем воды 1000 км³. Главным богатством его является рыба. Еще недавно улов ценных сортов рыбы, таких как осетр, усач, судак, сом, достигал 400–500 тыс. ц в год.

Аральское море – своеобразный регион, имеющий черты, свойственные и морю, и озеру. Водный и солевой балансы моря, его гидролого-гидрохимический режим, биологическая продуктивность, а также существование самого моря как объекта в значительной степени определяется притоком двух рек – Амударьи и Сырдарьи.

С 1935 г. началось падение уровня воды в море. К 1990 г. оно составило 12,5 м к уровню 1935 г. Если проанализировать водный баланс Арала, то о подъеме воды в нем и речи не может идти. Расход воды, связанный с ее испарением с поверхности моря составляет 69,2 км³/год, а приходная часть, включающая речной сток (55,3 км³/год) и атмосферные осадки (9,1 км³/год) составляет лишь 64,4 км³/год.

Важную роль в понижении уровня Арала играет изъятие речного стока на хозяйственные нужды. В настоящее время из рек, питающих Арал, безвозвратно изымается, главным образом на орошение, около 60 км³, т. е. более половины суммарного стока этих рек.

Уже сейчас происходит интенсивное иссушение и засоление земель в дельтах рек Амударьи и Сырдарьи, глубокая деградация экосистем, животного и растительного мира Аральского моря и прилегающих к нему территорий.

Сложившееся положение вокруг Арала обостряется чрезвычайной экологической и санитарно-эпидемиологической обстановкой на прилегающих территориях Каракалпакии, Кызыл-Ординской и Ташаузской областей.

Рассмотренные примеры региональных геоэкологических проблем еще раз подтверждают, что использование, охрана и преобразование природных условий и ресурсов – это неразрывно связанные между собой части, стороны комплексного рационального природопользования. Любой антропогенный объект своим действием неизбежно изменяет окружающие ландшафты, а измененная природа, в свою очередь, оказывает воздействие на производство и население. Решение региональных геоэкологических проблем требует активной работы специалистов многих отраслей наук. Свое веское слово в решении этих проблем должны сказать и геоэкологи.

Вопросы и задания для самопроверки

1. Назовите основные геоэкологические принципы территориального природопользования.
2. Какие последствия экологического характера появились в результате демографического кризиса?
3. Приведите примеры позитивного и негативного влияния городских агломераций на окружающую природную среду?
4. Почему развивающиеся страны размещают у себя «грязные» производства?
5. Какие трудности в природопользовании характерны для зоны Севера? Почему столь низки возможности природных ландшафтов Севера к самовосстановлению?

Геоэкология урбанизированных территорий на примере Башкортостана

По состоянию на 1 января 2017 г. общая площадь земель Республики Башкортостан составляет 14 294,7 тыс. га, из них 51,2 % занимают земли сельскохозяйственного назначения, что составляет 7319,6 тыс. га.

В составе земель сельскохозяйственного назначения преобладают сельскохозяйственные угодья, площадь которых составляет 6664,6 тыс. га (91,1 %), из них пашни 3463,9 тыс. га. Почвы Башкортостана имеют высокий плодородный потенциал. Черноземы занимают 73 % территории степной зоны и 31 % лесостепной зоны республики (32 % всей территории).

Территория республики характеризуется большим набором различных видов полезных ископаемых. Обнаружено более 200 месторождений нефти и газа. Производство строительных материалов в республике полностью обеспечено разведанными запасами кирпичных и керамзитовых глин, песчано-гравийной смеси, строительных камней и песков, гипса, карбонатных пород для производства извести. Часть добываемого песчано-гравийного материала и щебня вывозится за пределы республики.

По причине длительных разработок месторождений природных ископаемых и строительных материалов происходит нарушение природных лесных агроландшафтов и формирование карьерно-отвальных комплексов, хвостохранилищ, содержащих тяжелые металлы и другие вещества. В результате водной и ветровой эрозии загрязненный мелкозем переносится на дальние расстояния. Происходит деградация почв под действием эрозионных процессов.

Нарушенные земли – земли, утратившие свою хозяйственную ценность или являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду в связи с нарушением почвенного покрова, гидрологического режима и образования техногенного рельефа в результате производственной деятельности.

К нарушенным землям относятся: *выемки карьеров, выработки торфа, породные отвалы шахт, карьеров, приисков, отстойники, гидроотвалы и хвостохранилища, золоотвалы электростанций, отвалы шлака металлургических заводов, отвалы коммунального и строительного мусора, трассы трубопроводов и канализационных коллекторов, геологоразведочные выработки (карьеры, каналы, шурфы), площадки буровых скважин, транспортные и иные коммуникации ликвидированных предприятий или отдельных их объектов, загрязненные земли на нефтяных, газовых, соляных и других месторождениях, а также загрязненные участки поверхности земли, если для их восстановления требуется снятие и замена верхнего плодородного слоя почвы.*

Для уменьшения вредного воздействия на окружающую среду необходимы меры по восстановлению нарушенных земель. К ним относится, в первую очередь, рекультивация.

Рекультивация земель – это искусственное воссоздание плодородия почвы и растительного покрова, нарушенное вследствие горных разработок, строительства дорог и каналов, плотин. Рекультивация земель включает:

- восстановление рельефа: засыпку оврагов, карьеров, уничтожение отвалов горных пород;
- восстановление почв и растительности;
- лесовосстановление;
- создание новых ландшафтов.

В целях повышения сельскохозяйственного производства была разработана и внедрена «Государственная комплексная программа повышения плодородия почв Республики Башкортостан».

Наблюдением за изменением качественного и количественного состояния земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, занимается государственный мониторинг сельскохозяйственных земель.

Рост антропогенных нагрузок в Республике Башкортостан привел к усилению негативных процессов, развитию эрозии почв. Это связано с общим ухудшением экологической обстановки. До сих пор продолжается деградация земель и почвенного покрова.

Площадь эрозионно-опасных сельхозугодий – 5,5 млн га, что фактически составляет две трети общей их площади. Водной и ветровой эрозии подвержено 3997,8 тыс. га, в том числе в средней и сильной степени – 1163,3 тыс. га.

Всего в 39 районах из 54 Республики Башкортостан, где было проведено повторное почвенное обследование, площадь эродированных земель за 20-летний период увеличилась на 420 тыс. га, мощность их гумусового горизонта уменьшилась на 6 см, а содержание гумуса в них снизилось на 1,5 %. Среднегодовые потери почвы от эрозии по республике составляют 43 млн куб. м, что равнозначно потере пахотного слоя с площади 7 тыс. га.

Несмотря на масштабные мероприятия по рекультивации земель, очистке сточных вод, снижению объемов водопотребления, обезвреживанию, снижению объемов выбросов в атмосферу и

утилизации отходов, особенно нефтешламов, состояние окружающей среды в Башкортостане трудно назвать благоприятным. На долю предприятий химического и нефтехимического комплексов РБ приходится 2,5 % от общего объема отходов в целом, но эти отходы являются наиболее токсичными.

В Республике Башкортостан, как и в других регионах с развитой промышленностью, остро стоит вопрос рекультивации и санации накопителей крупнотоннажных промышленных отходов. На первом месте по объему накопленных отходов – предприятия горнодобывающей отрасли. Это крупные отвалы вскрышных пород и некондиционных руд, где десятилетиями хранятся миллиарды тонн отходов, а также хвостохранилища с десятками миллионов тонн токсичных хвостов обогащения руд. Значительные объемы токсичных отходов накоплены на предприятиях перерабатывающих отраслей. Весьма опасны для окружающей среды осадки сточных вод и избыточный активный ил биологических очистных сооружений.

В настоящее время в РБ внедрены и внедряются проекты рекультивации отвалов горнорудных предприятий в Хайбулинском районе, проекты рекультивации нефтешламовых амбаров и загрязненных нефтью и нефтепродуктами земель, рекультивации карьеров ОАО «Сода».

Источником крупнотоннажных отходов обрабатывающих производств является ОАО «Сода», медленно решается вопрос утилизации шлама дистиллерной жидкости, объем которого составляет 14,7 млн т.

Накопление отходов происходит в шламонакопителе «Белое море», который занимает 473,6 га территории республики.

Согласно полученным исследованиям можно сделать вывод, что вопросы сохранения и восстановления земель в настоящее время являются очень актуальными. Для решения проблем сохранения и восстановления земель в РБ необходимо разработать рекомендации по совершенствованию республиканского законодательства, также возможно организовать мониторинг земель, усилить научную работу, рассмотреть вопрос о финансировании работ по рекультивации и восстановлению нарушенных.

Задание: изучить опыт других регионов РФ и зарубежья. Приготовить свои предложения.

4. ЗАДАНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

ТЕМА. Основные стадии эколого-геохимических исследований и системы размерностей

Цель занятия: освоить основные стадии эколого-геохимических исследований биологическими методами диагностики, при оценке состояния городской среды.

Теория и методика: накопленный в экогеохимии опыт применения традиционных методов контроля за состоянием компонентов окружающей среды широко используется сейчас в геоэкологии.

1. Стадии геоэкологических исследований

Экогеохимический и геоэкологический контроль состоит из следующих основных стадий:

- 1) выбор места отбора образца и пробы;
- 2) отбор образца пробы;
- 3) обработка пробы;
- 4) измерение концентрации загрязнителей;
- 5) математическая обработка аналитических данных и их проверка;
- б) интерпретация и сравнение полученных данных.

Правильная организация и проведение всех стадий обеспечивают достоверность полученной информации.

Выбор места отбора твердой, жидкой или газообразной пробы определяется масштабом работ и особенностями (геологическими, географическими и экологическими) изучаемого района. Чаще изучаемый район «покрывают» сеткой с определенным масштабом шага и отбирают пробы во всех узловых точках.

Наиболее трудной задачей, по-видимому, является выбор оптимальных точек отбора проб почвы и биоты, так как их состав может сильно меняться даже на малых расстояниях.

Отбор образцов осуществляется с целью получения статистически усредненной пробы, например, из пяти образцов снега, взятых по методу конверта. Наиболее подходящим материалом для хранения проб являются калька или пищевой полиэтилен и тефлон для изолирования пробы от контактов с воздухом.

Стадия *обработки пробы* включает в себя квартование, взвешивание, дробление, истирание в соответствии с требованиями применяемых аналитических методов.

Стадия *измерения концентрации загрязнителей* представляет собой собственно аналитическое определение концентраций поллютантов. Она состоит из выбора метода анализа, подготовки пробы согласно требованиям данного метода, калибровки применяемых приборов, проверки метода с помощью стандартов, проведения холостых и повторных измерений и т. п.

При проведении геоэкологических работ следует пользоваться стандартными или общепринятыми межведомственными или ведомственными методами анализа.

Стандартизация методов анализа в России проводится органами Госстандарта. Для обеспечения достоверности принятых методов и возможности сравнения результатов, полученных в разных лабораториях, проводится национальная и международная тарификация (интеркалибрация) аналитических методов.

2. Система размерностей в прикладной геохимии и геоэкологии

Теория и методика: в геохимии и аналитической химии сложилась система размерностей определений, буквально одним словом характеризующая область количества вещества и объемов их проб, с которыми приходится иметь дело аналитику. Речь идет о терминах:

«макроанализ» (макроопределения), «микроанализ» (микроопределения), «ультрамикроанализ», «субмикроанализ», «ультрасубмикроанализ» и т. д. В соответствии с этими размерностями аналитических операций иногда принято говорить и о *макрокомпонентах*, *микрокомпонентах*, *ультрамикро-*, *субмикро-* и других компонентах окружающей среды, характеризуя их концентрации в анализируемой среде.

Макроанализ (макроопределения, дециграммовый метод) – аналитические операции с относительно большими количествами анализируемых веществ (0,1 г и более) и с большими объемами проб анализируемых растворов (10 мл и более). Пробы взвешивают на обычных технических или аналитических весах, а при приготовлении растворов и титровании пользуются обычной мерной посудой и бюретками на 25 или 50 мл.

Микроанализ (микроопределения, миллиграммовый метод) – выполнение аналитических операций со средними навесками проб (10–3–10–2 г) и средними объемами анализируемых растворов (около 1 мл). Для взвешивания проб пользуются аналитическими весами, более точной микропосудой, а для титрования – микробюретками вместимостью 1–5 мл с ценой деления, соответствующей 10–2 мл.

Ультрамикроанализ (микрограммовый метод) – совокупность приемов и методов анализа весьма малых образцов вещества (10–6–10–3 г) в растворах обычных или малых концентраций, но малых объемов проб (10–3–10–6 мл).

Анализируемую пробу обычно взвешивают на ультрамикроаналитических весах. Операции с ультрамикрообъемами и титрование таких объемов (порядка 10–3 мл и менее) осуществляются капиллярными пипетками (микрошприцами) и капиллярными бюретками с внутренним диаметром 0,05–0,01 см и менее. Некоторые операции выполняют под микроскопом и с применением микроманипуляторов.

Субмикроанализ (нанограммовый метод) – метод анализа сверхмалых навесок проб с количествами порядка 10–9–10–6 г или в растворах с микроконцентрациями, но в ультрамикрообъемах.

Следовый анализ – определение «следов» примесей в особо низких концентрациях. Следовые концентрации начинаются с млн–1 (ppm) – миллионной доли (1 часть следового компонента в 1 миллионе частей матрицы), что соответствует 10–4 %, или 1 мкг/мл (10–2 мг/мл).

В аналитической химии следовых количеств наиболее часто применяются следующим образом связанные между собой обозначения и единицы измерения концентраций веществ:

млн–1 (ppm) (частей на миллион) $1:10^6 = 10^{-4} \%$ (мкг/мл)

млрд–1 (ppb) (частей на миллиард) $1:10^9 = 10^{-7} \%$ (нг/мл)

трлн–1 (ppt) (частей на триллион) $1:10^{12} = 10^{-10} \%$ (пг/мл)

квдрл–1 (ppquad) (частей на квадриллион) $1:10^{15} = 10^{-13} \%$ (фг/мл)

1 мг – миллиграмм (10–3 г)

1 мкг – микрограмм (10–6 г = 10–3 мг)

1 нг – нанограмм (10–9 г = 10–6 мг = 10–3 мкг)

1 пг – пикограмм (10–12 г = 10–9 мг = 10–6 мкг = 10–3 нг)

1 фг – фемтограмм (10–15 г = 10–12 мг = 10–9 мкг = 10–6 нг = 10–3 пг)

1 аг – аттограмм (10–18 г = 10–15 мг = 10–12 мкг = 10–9 нг = 10–6 пг).

Методы определения следовых количеств веществ не следует путать с микро-, ультрамикро- и субмикрометодами. В следовом анализе принципиально речь идет о сверхмалых *концентрациях*, а в указанных микро- и т. д. методах – о малых и сверхмалых *количествах* (объемах или массах) *проб*. В последнем случае концентрации веществ в этих микропробах могут быть достаточно большими – порядка 10–2–10 мг/мл, или 10–3–1,0 %.

В процессе геоэкологических исследований предусмотрено выполнение необходимого объема *лабораторных анализов* собранных проб горных пород, почв, пылеаэрозольных выпадений, биомассы, поверхностных и подземных вод, воздушной атмосферы на широкий комплекс химических элементов. В результате получается всесторонняя характеристика их природного состава, а также степени загрязнения токсичными, радиоактивными элементами и другими веществами.

По существующим нормативам (ГОСТ 17.4.3.04–85) в группу анализов для характеристики природного состава и физико-химических свойств *отдельных компонентов* геологической среды входят:

- 1) гранулометрический состав по 4 фракциям (0,05 мм – песчаная фракция; 0,05–0,01 мм – крупная пыль; 0,01–0,001 мм – мелкая и средняя пыль; <0,001 мм – илистая фракция);
- 2) определение или расчет удельной поверхности;
- 3) определение емкости поглощения;
- 4) определение содержания органического вещества;
- 5) кислотность;
- 6) сумма поглощенных оснований;
- 7) количество валовых и подвижных концентраций азота, фосфора, калия, фтора, кремнезема, алюминия, железа;
- 8) состав поверхностных, грунтовых и подземных вод;
- 9) состав основных и специфических загрязнителей в выбросах стационарных и передвижных источников и т. д.

В группу анализов для характеристики степени загрязнения отдельных компонентов геологической среды входят: определение тяжелых металлов различных классов опасности, определение содержаний естественных (уран, торий, калий) радиоактивных элементов, дочерних продуктов распада урана- и тория-232 (ГОСТ 17.4.3.04–85) и других веществ (серы, нефтепродуктов), а также редких и редкоземельных элементов.

Фундаментальная для геоэкологии окружающей среды потребность в современных экспрессных, надежных, высокочувствительных и селективных методах контроля становится все более острой. В настоящее время данные анализа все чаще служат для принятия решений о регулирующих мерах и санкциях. При этом число методов, которые сейчас доступны аналитику, так возросло, что при их выборе возникают трудности. Это в свою очередь и определяет необходимость знания некоторого минимума обобщенных характеристик и методов. В настоящее время все аналитические методы по физико-химическим принципам делятся на 5 групп:

1. Химические методы.
2. Физико-химические методы.
3. Физические методы.
4. Биологические и биохимические методы.
5. Гибридные методы.

Задание на выполнение практической работы

Предмет исследования – состояние городской среды, оцениваемое биологическими методами диагностики.

Цель работы: освоить выбор места, правила отбора проб и регистрации по оценке токсичности снегового покрова территории г. Уфы для проведения исследований по оценке загрязнения атмосферы в изучаемом районе с помощью снегового покрова, который накапливает загрязнители.

Материалы исследования: материалом исследования в данной работе является снег. В зависимости от источника загрязнения и его удаленности изменяется состав снежного покрова, поэтому пробы снега на анализ должны быть взяты с разных участков территории г. Уфы, изучаемого района. Пробы снега берутся с разных функциональных зон (жилой и автотранспортной) города.

Методы исследования: при отборе проб снежного покрова необходимо руководствоваться ГОСТ 17.1.5.05–85. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.

Отбор проб снежного покрова производится в период его максимального накопления, незадолго до периода снеготаяния (конец февраля – март) на открытых местах. Отбор проб производят на участке 5×5 м методом «конверта», при этом с поверхности удаляется мусор (листья, ветки), исключается попадание в образец частиц

почвы. Из отобранных проб составляется сборная проба, которая помещается в емкость из химически стойкого полимерного материала (например, в полиэтиленовый пакет) и маркируется.

Требования к оформлению результатов. При отборе проб фиксируются следующие параметры: дата отбора, координаты точки отбора, место отбора проб снега (адрес, географическая привязка к местности), оформить виде таблиц и на картооснове указать места отбора проб.

Таблица 1

Точки отбора проб снега в жилой (или автомагистральной) зоне г. Уфы, район исследования (пример оформления)

№ точки	Пункт отбора, адрес	Координаты	ФИО отбора пробы
1	ул. Пушкина 10	54.727762, 55.974091	
2	ул. Ленина 2	54.691662, 56.003946	



Рис. 1. г. Уфа, Советский район, ул. Ленина, 36 А – проба снега в жилой зоне; Б – проба снега у автодороги (пример оформления)

Контрольные вопросы

1. Откуда пришли в геоэкологию методы контроля над состоянием компонентов окружающей среды?
2. Охарактеризуйте основные стадии геоэкологического контроля.
3. Какой орган проводит стандартизацию методов анализа в стране?

4. Что представляет собой национальная и международная тарификация аналитических методов?
5. Охарактеризуйте систему размерностей в геоэкологии.
6. Чем отличается следовый анализ от субмикроанализа?
7. Определите, сколько нанограмм содержится в 1 т вещества.
8. Назовите основные показатели для характеристики состава и свойств компонентов геологической среды.

Список рекомендуемой литературы

1. Комарова Н. Г. Геоэкология природопользование: учеб. пособие для высш. пед. учеб. заведений / Н. Г. Комарова. М.: Академия, 2003. 192 с.
2. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 154 с.
3. Переведенцев Ю. П. Введение в геоэкологию атмосферы: учеб. пособие / Ю. П. Переведенцев, Р. Х. Салахова. Казань: Изд-во КГУ, 2007. 112 с.
4. Родзевич Н. Н. Геоэкология природопользования: учеб. для вузов / Н. Н. Родзевич. М.: Дрофа, 2003. 256 с.
5. Трофимов А. М. Региональный геоэкологический анализ / А. М. Трофимов, В. А. Рубцов. Казань: Меддок, 2005. 228 с.

ТЕМА. Биореабилитация природно-антропогенных геоэкосистем

Цель занятия: сформировать умения определения газопоглотительной способности растений для реабилитации природно-антропогенных геоэкосистем.

Форма проведения: практическая работа.

Теория и методика: для оздоровления воздуха в первую очередь необходимо строительство на предприятиях газопылевых систем очистки и выполнение мероприятий по снижению количества выхлопных газов, возникающих у работающих двигателей автомобилей. Но одновременно в случае наличия загрязнения воздуха можно использовать растительность в качестве «зеленого фильтра» или биологической формы защиты атмосферного воздуха от загрязнения.

Поглощая из воздуха содержащиеся в нем газообразные примеси и осаждая на листьях пылевые частицы, деревья и кустарники выполняют роль биологических фильтров.

Так, зеленые насаждения снижают температуру на 4–6 °С и увеличивают влажность воздуха в летний период на 10–15 %. Отмечено, что отдельно стоящее дерево в день может испарять 378 л воды.

Охлаждение, которым сопровождается испарением такого количества воды, эквивалентно результату работы в течение 20 часов пяти бытовых кондиционеров.

Полоса древесно-кустарниковых насаждений шириной 10–14 м снижает уровень концентрации углекислого газа на 40–45 %, а уровень звука на 2–8 дБ.

Функции зеленых насаждений:

- 1) санитарная защита.
- 2) санитарная гигиена.
- 3) рекреация.
- 4) структурное планирование.
- 5) декоративное искусство.

Отрицательные стороны зеленых насаждений в населенных пунктах:

- 1) ломкость деревьев, что способствует повреждению линий электропередач, имущества населения, угрожает жизни людей;
- 2) вызывает различные заболевания (аллергия и др.).

В природе не все зеленые растения газоустойчивы в одинаковой степени. Так, хвойные – сосна и ель – повреждаются малыми концентрациями газов, другие переносят значительные концентрации и не испытывают столь вредного влияния.

Ученые выделяют газоустойчивые виды растений. Под **газоустойчивостью** понимают способность растений благодаря анатомо-морфологическим, физиологическим и биологическим особенностям выдерживать значительные концентрации токсических газов, сохраняя при этом свою жизненность и декоративность.

Различают три вида газоустойчивости растений:

- 1) **биологический** – под ним понимают способность растений быстро восстанавливать поврежденные дымовыми газами части и органы, а также декоративность;

- 2) **морфолого-анатомический** связан с морфологическими и анатомическими особенностями строения;

3) *физиологический* связан с физиолого-биологическими особенностями строения.

Степень повреждения растений кислыми газами зависит от температуры и влажности воздуха и других экологических факторов. Газоустойчивость разных групп растений не одинакова. Травянистые растения более устойчивы к дымовым газам, чем древесные.

Особенно слабоустойчивыми к дымовым газам являются сосна и ель. Наиболее газоустойчивы растения из семейства ивовых и жимолостных. Поэтому не все растения рекомендуются для озеленения промышленных городов.

Для крупных городов могут быть рекомендованы следующие деревья и кустарники:

Береза поникшая, или повислая (бородавчатая), береза пушистая.

Тополь дрожащий, или осина, тополь черный, или осокорь.

Ива белая, вяз обыкновенный, или гладкий.

Клен татарский (черноклен), клен ясенелистный, или американский.

Липа мелколистная, или сердцевидная, липа крупнолистная.

Ясень зеленый, жимолость татарская.

Лох узколистный, сирень обыкновенная.

Сирень венгерская и др.

Задачи геоэкологической оценки состояния окружающей среды

Геоэкологические задачи подразделяются на 3 группы:

1. Комплекс задач в области экологической оценки состояния окружающей среды. Содержание данных задач аналогично экологической проблеме, с которой сталкиваются проектировщики при разработке проектной документации предприятий по разделу «Охрана окружающей среды».

2. Комплекс задач в области количественной геоэкологии.

3. Комплекс задач в области экологических механизмов охраны окружающей природной среды и рационального природопользования.

Таблица 2

Газопоглощающие и пылеосаждающие способности деревьев

Виды растений	Количество листы на растении (сух. вес в кг.)	Площадь поверхности листы на одно дерево (м ²)	Эффективность газопоглощения за сутки в гр.	Удельное газопоглощение на 100 гр. сухой листы	Количество пылеосаждения на м ³ листы
деревья					
Тополь канадский	9,7	300	7,9	81,5	1128
Липа обыкновенная	8	200	5,9	74	101,4
Клен	3,9	60	2,6	66,5	4138
Береза борова	3,2	70	2,2	69,5	4482
Ива белая	1,6	200	1,3	79,5	9028
Ясень зеленый	5,4	210	4,7	80,5	2080
кустарники					
Жимолость	0,8	3,5	0,4	45,5	2322
Сирень обыкновенная	1,3	3,9	0,9	68	4893
Лох узколистый	1,6	6	0,9	58	2224
Дерен белый	0,5	2,5	0,4	72,5	1354

Задание: решить задачи в области геоэкологической оценки состояния окружающей среды с использованием данных табл. 2.

Задача 1. За сутки в районе (участок длиной 100 м) проезжает *M* автомобилей. Определить количество токсичных газов, поступивших в атмосферу.

Для приближенной оценки уровня загрязнения воздуха автомобильным транспортом можно использовать следующие величины: угарный газ – 6,14 г/км, углеводороды – 77 г/км, оксиды азота – 0,86 г/км.

Задача 2. Дано: количество автомобилей, проходящих за сутки в районе – A . Определить количество деревьев (тополь и т. д.), которое необходимо бы высадить в районе объекта для полной нейтрализации загрязнения.

Задача 3. Зная общую площадь листвы на дереве и площадь одного листа, определить количество листьев.

Задача 4. Дано: количество автомобилей – A ; количество пыли и взвешенных частиц, приходящихся на 1 м поверхности в районе объекта; зная площадь участка для посадки кустарников и деревьев, определить породы кустарников и деревьев и их количество для наиболее полной защиты. При определении количества деревьев необходимо учесть, что при посадке между стволами деревьев не должно быть меньше 3–4 м, а для кустарников 0,5–1 м.

Задача 5. По оценкам экологов, одному человеку необходима территория земли от 1 до 5 га. При этом с площади 0,12 га можно получить достаточно калорий; для полноценного питания необходимо 0,6 га; 0,4 га необходимы для производства волокна (бумага, древесина, хлопок); 0,2 га для дорог, зданий, аэропортов и т. п. Зная площадь суши на Земле и то, что 24 % суши пригодно для земледелия, постройте прогноз предельной численности людей.

Список рекомендуемой литературы

1. Антипова А. В. Россия. Эколого-географический анализ территорий / А. В. Антипова. М.: Смоленск: Маджента, 2011. 384 с.
2. Двораковский М. С. Экология растений: учеб. пособие для вузов / М. С. Двораковский. М.: Высшая школа, 1983.
3. Емельянов А. Г. Основы природопользования: учеб. для студ. высш. учеб. завед. / А. Г. Емельянов. М.: Академия, 2004. 304 с.
4. Комарова Н. Г. Геоэкология природопользование: учеб. пособие для высш. пед. учеб. заведений / Н. Г. Комарова. М.: Академия, 2003. 192 с.
5. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 154 с.
6. Переведенцев Ю. П. Введение в геоэкологию атмосферы: учеб. пособие / Ю. П. Переведенцев, Р. Х. Салахова. Казань: Изд-во КГУ, 2007. 112 с.

7. Поздеев В. Б. Становление и современное состояние геоэкологии / В. Б. Поздеев. Смоленск: Маджента, 2004. 324 с.

8. Родзевич Н. Н. Геоэкология природопользования: учеб. для вузов / Н. Н. Родзевич. М.: Дрофа, 2003. 256 с.

9. Трофимов А. М. Региональный геоэкологический анализ / А. М. Трофимов, В. А. Рубцов. Казань: Меддок, 2005. 228 с.

10. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии: учеб. пособие для эколог. спец. вузов / Н. А. Ясаманов. М.: Академия, 2003. 352 с.

ТЕМА. Радиоэкологическое обследование объектов природных сред

Цель занятия: провести радиоэкологическое обследование объектов природных сред.

Форма проведения: практическая работа.

Теория и методика: для выполнения инструментальных измерений при радиоэкологическом обследовании объектов строительства используются различные типы измерительной аппаратуры. Классификация приборов и оборудования для регистрации радиоактивных излучений предусматривает некоторое их функциональное разделение на радиометры, дозиметры и спектрометры.

Радиометры – приборы, предназначенные для измерения числа актов радиоактивного распада в единицу времени.

Дозиметры – устройства для измерения дозы радиоактивного излучения.

Спектрометры – устройства, предназначенные для измерения распределения радиоактивного излучения по энергии, массе, заряду или времени.

В последнее время также получили распространение универсальные (или экспертные) приборы и измерительные комплексы, которые в той или иной степени одновременно совмещают в себе функции радиометрической, дозиметрической и спектрометрической аппаратуры.

1. Приборы и средства в радиоэкологических исследованиях

Измерение мощности дозы внешнего гамма-излучения, характеризующей уровень гамма-фона на земельных участках, а

также внутри вновь построенных и эксплуатируемых зданий и помещений, относится к числу основных направлений деятельности при контроле радиационной безопасности условий проживания населения.

Для этой цели используются различные типы дозиметрической и радиометрической аппаратуры.

Сцинтилляционный радиометр поисковый СРП-68-01. Этот геологический радиометр первоначально был предназначен для поисков радиоактивных руд по их гамма-излучению, радиометрического опробования горных выработок и карьеров, а также для пешеходной радиометрической съемки местности.

В дальнейшем он нашел широкое применение при радио-экологических исследованиях, в том числе для ориентировочной оценки мощности дозы гамма-излучения на земельных участках и внутри помещений.

В последнее время появились более совершенные модификации этого радиометра: измеритель мощности эквивалентной дозы гамма-излучения GammaTRACER, радиометр-спектрометр универсальный портативный МКС-А02, дозиметр гамма-излучения ДРГ-01М, радиометр поисковый СРП-88Н.

2. Аппаратура для инспекционных (мгновенных) измерений значений объемной активности (ОА) радона в воздухе помещений

Радиометры радона портативные РРА-01 и РРА-01М предназначены для измерения текущих значений ОА радона в воздухе в диапазоне от 20 до $2,0 \cdot 10^4$ Бк/м³ с экспозицией от 10 до 99 мин. Они способны работать при температуре от +5 до +35 °С и его относительной влажности воздуха до 86 %.

Конструктивно радиометры состоят из блоков детектирования, регистрации, управления и питания. Модификации РРА-01 и РРА-01М отличаются расположением этих блоков и внешним оформлением.

В процессе измерения окружающий воздух, содержащий *Rn-222*, переводится в измерительную камеру радиометра. Атомы *Po-218*, образующиеся при распаде радона в объеме камеры, находятся в ионизированном состоянии и несут положительный заряд. Поэтому они собираются на поверхности детектора. В результате ОА *Rn-222* определяется по количеству альфа-частиц, зарегистрированных при распаде атомов *Po-218*.

Радиометр радона РРА-03 является более поздней разработкой и предназначен для автоматизированного или ручного измерения ОА радона и торона в воздухе, воде и подпочвенном воздухе.

Пробоотборное устройство ПОУ-04 является приставкой к радиометрам радона серии РРА. ПОУ предназначено для измерения ОА радона в воде в диапазоне от 250 до 200 000 Бк/м³, а также отбора проб воздуха с целью последующего лабораторного измерения ОА радона в диапазоне от 46 до 50 000 Бк/м³.

Принцип определения содержания *Rn-222* в воде заключается в способности газа радона легко покидать водную среду при ее активном перемешивании (барботирование). При помощи воздуходувки воздух, проходящий через толщу воды в барботере, насыщается радоном и переводится в измерительную камеру радиометра типа РРА.

3. Методы и аппаратура для измерения средних значений объемной активности радона в воздухе помещений

Методы и аппаратура, предназначенные для измерения средних значений ОА радона, характерных для длительных интервалов времени, основаны на использовании трековых, адсорбционных и электрентных детекторов. Эти способы регистрации радона носят название интегральных методов. Они лишь недавно стали применяться в отечественной практике и поэтому недостаточно хорошо известны радиоэкологам.

Поэтому описание приборов предваряется изложением физической сущности этих методов. Метод трековой радиометрии радона основан на способности альфа-частиц при прохождении через тонкие органические пленки образовывать в них линейные дефекты, или треки, причем между ОА радона в воздухе, окружающем детектор, и количеством треков при определенных условиях сохраняется пропорциональность.

Трековый детектор (ТРД) для измерения ОА радона представляет собой тонкую пленку из органического материала, помещенную в контейнер, снабженный крышкой с диффузионным фильтром.

Задание: изучить существующие методы радиометрии, используемые в радиоэкологии. Изучить пути поступления радона в организм человека и его влияние. Оценить радоновую ситуацию на территории РФ и РБ, описать основные пути защиты в геосредах.

Список рекомендуемой литературы

1. Бахур А. Е. Научно-методические основы радиоэкологической оценки геологической среды: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М.: ВИМС, 2008. 34 с.
2. Маслов И. В. Градостроительная экология / И. В. Маслов. М.: ВШ, 2002. 284 с. Химические методы измерений активности (числа распада в единицу времени) нуклидов в природных и искусственных источниках.
3. Назиров Р. А. Радиоэкологическое сопровождение строительства / Р. А. Назиров, С. А. Кургуз, В. В. Коваленко. Красноярск: Изд-во КрасГУ, 2002. 146 с.
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Гигиенические нормативы. М.: Центр СЭН, ГСиЭ Минздрава России, 2009. 116 с.
5. Рихванов Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиоэкологии: учеб. пособие / Л. П. Рихванов. Томск: STT, 2009. 430 с.
6. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. М.: Бионом, 2006. 286 с.

ТЕМА. Экогеодиагностика – природные индикаторы благоприятности среды

Цель занятия: провести экогеодиагностику среды.

Форма проведения: практическая работа.

Теория и методика: в связи с разнообразием загрязнительных процессов в окружающей среде и, следовательно, необходимостью каким-то образом оценивать ее интегральное состояние для биоты, появилась потребность в поиске и развитии биологических тест-методов.

В основу этих экспрессивных и мало затратных методов положена методология скрининга (просеивания): она допускает неправильные положительные результаты, но совершенно исключает неправильные отрицательные.

Среди биологических тест-методов можно выделить собственно биотестирование и биоиндикацию.

Биотестирование подразумевает определение качества среды по состоянию, поведению и выживаемости в ней определенных, чувствительных к отклоняющимся от нормальных условий организмов. Предполагается все увеличивающееся использование для этих целей чувствительных биосенсоров.

Биоиндикация – прием определения качества среды по присутствующим в ней бионтам как объектам-индикаторам так и их сообществам.

Биотестирование и биоиндикацию можно проводить на различных уровнях организации живого вещества – молекулярном, клеточном, органном, организменном, популяционном и биоценозном.

На *молекулярном уровне* индикация компонентов биологических сред основана на использовании химических и биохимических (ферментных) реакций. Так, в присутствии загрязнителей наблюдается уменьшение содержания хлорофилла в мембранах хлоропластов растений и понижается способность к продуцированию кислорода при фотосинтезе. Используются в качестве индикаторов цветообразующие (хромогенные) реагенты, индикаторные трубки, физические приборы.

Хлорорганические пестициды типа ДДТ, альдрин, хлордана, эндосульфана можно устанавливать в овощах по окраске индикаторной бумаги, пропитанной раствором 0-толидина в ацетоне, при наложении ее на свежий срез растений. Подобным же образом определяется содержание нитратов.

На *клеточном уровне* индексация производится по морфологическим изменениям растительных тканей. У высших растений это изменение окраски листьев, увядание их, пожелтение, хлороз и некроз.

Существуют специальные шкалы некрозов, позволяющие оценивать интегральную степень загрязненности и интенсивность воздействия определенных категорий загрязняющих веществ.

Широко распространены лихноиндикационные методы исследования лишайников. Хорошим примером является использование обыкновенного кресс-салата и табака BEL W3 для определения содержания озона. O₃, содержащаяся в воздушной среде, приводит к появлению на листьях табака некротических пятен. Кресс-салат хорош для выявления загрязнений почвы и воды.

В водных бассейнах у рыб происходит вырождение срединных линий, изменение морфологии плавников, образование опухолей.

На уровне органов (систем органов) биоиндексация осуществляется путем измерения длин проростков и корешков, сравнения ширины годичных колец, прироста в длину горизонтальных ветвей деревьев. Сюда же следует отнести состояние устьиц листьев.

В водной среде у рыб наблюдается определенный рост или уменьшение отдельных органов.

На уровне организмов исследуются такие показатели, как рост особей, продуктивность, выживаемость.

Основное внимание обращается на фитопатологические изменения. Происходит отмирание мелких корешков. Идет осветление и изреживание кроны в результате потери хвои и листьев, частично в зеленом состоянии.

Для ели характерен «синдром плакучести» – вяло обвисшие вниз ветви, потерявшие большую часть прошлогодней хвои; выступы смолы на ветвях и стволах в охвоенной области кроны.

Для пихты характерны образования «гнезд аиста» – похожая на гнездо форма кроны (разветвления без центрального побега); замедление роста в высоту; боковые ветви образуют болезненные побеги; наблюдается образование водяных побегов, пучкообразно торчащих от ствола новых побегов.

Для лиственных пород, в особенности бука, становятся обычными неестественно длинные хлыстовидные боковые побеги; происходит измельчение листьев.

При мониторинге вод удобен для индикации состояния сред фитопланктон. Широко используются дафнии, способные существовать только в достаточно чистых водоемах. Для биоиндикации используются также «рыбные пруды» с применением в качестве тест-объектов аквариумных рыбок гуппи и карасей.

Для определения состояния рудничного воздуха некогда использовались канарейки, по состоянию которых определялась возможность работы в горных выработках.

Для целей последовательной раздельной (биохимической) индексации используется избирательная способность организмов накапливать определенные вещества (*аккумулятивная биоиндексация*). К ним относятся виды с высоким коэффициентом биологического накопления (КН) токсикантов. Это позволяет следить за их миграцией.

Так, для оценки накопления *Cd* следует использовать водоросли, *Cd* и *Pb* – подорожник, *Ni* – устрицы, *Hg* – капусту, галогенидов – лишайники и сосновые иглы, полихлорбифенила – жировые ткани.

Как видно, биотические критерии загрязнения сред включают в себя ботанические, биологические и почвенные. Последние определяют показатели снижения плодородия, ее скорости.

Ботанические критерии имеют наибольшее значение, поскольку не только чувствительны, но и более показательны. Они весьма специфичны: разные виды растений и разные растительные ассоциации в разных географических условиях имеют неодинаковую чувствительность к нарушающим воздействиям. Существует метод определения загрязнений путем экспозиции растений-индикаторов. Экспонируются тест-растения из незагрязненных областей или выращенные под контролем на испытательном участке.

На *популяционном уровне* изменения касаются пространственной структуры, численности и плотности, поведения, демографической и генетической структуры. На основе определения числа видов и степени покровного перекрытия (фитоценологического картирования) при возникновении характерных изменений по сравнению с другими местообитаниями можно сделать заключение о существовавших здесь прежде воздействиях загрязнений. На *ценотическом уровне* изучению подлежат: видовое разнообразие, пространственная структура, трофическая структура, биомасса и продуктивность, энергетика.

Таблица 3

Растения – индикаторы почв

Состав и характер почв	Биоиндикаторы
Песчаные	Звездчатка (мокрица) и коровяк
Глинистые и суглинистые	Люттик ползучий, дымянкa, одуванчик
Сухость	Ромашка и полынь (ксерофиты)
Влажность	Мята полевая, щавель, хвощи
Уплотненность	Пырей, лютик ползучий
Застойная сырость	Мята и полевой хвощ
Засолонение	Галофиты, например лебеда
Кислые	Молиния, бухарник, купавка, щавель обыкновенный (кислый)
Известковые	Горчица полевая, молочай солнцегляд, люцерна, льнянка, мать-и-мачеха
Повышенное содержание азота	Лебеда, звездчатка средняя (или мокрица), крапива, купырь, многие виды щавеля

Таблица 4

Растения – биоиндикаторы загрязнений

Общее загрязнение	Индикаторы
Тяжелые металлы	Лишайники и мхи
Диоксид серы (SO_2)	Слива, фасоль обыкновенная
Фтористый водород (HF)	Ель, люцерна
Хлористый водород (HCl)	Береза бородавчатая, земляника лесная
Аммиак (NH_3)	Подсолнечник, конский каштан
Сероводород (H_2S)	Шпинат, горох
Фотосмог	Крапива, табак
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)	Соя, недотрога обыкновенная

Таблица 5

Влияние концентраций SO_2 в атмосфере на состояние хвойных лесов

Средне-годовая концентрация SO_2 (мкг/м ³)	98 %-ный квантиль	Степень риска
15	60	Безопасность хвойных культур, по-видимому, обеспечена повсеместно.
30	120	Легкие хронические заболевания у елей и сосен в трудных высокогорных условиях. Пихта европейская погибает.
50	200	Пороговая величина, при которой наступают повреждения в благоприятных условиях произрастания на равнинах и в нижних частях гор. Еловые насаждения преждевременно погибают на высотах свыше 800 м.
80	300	Тяжелые заболевания, сопровождающиеся потерями прироста, который становится возможным измерять с 30-летнего возраста.
120	360	Выращивание сосен и елей вообще исключено. Хвойные леса едва достигают возраста жердняка.
140	400	Предельная величина «чистоты» воздуха
160	500	Выживают одиночные низкорослые сосны. Создается также опасность для животных и человека

Тест-методы включают химические и биохимические реакции и по существу отвечают интегральной оценке качества среды. Под биотестированием понимают приемы, при которых суждение о качестве среды выводится на основании выживаемости, состояния и поведения помещенных в данную среду тест-объектов.

Терминологический словарь

Биогены:

1) вещества (в том числе химические элементы), необходимые для существования живых организмов;

2) вещества, синтезируемые организмами в ходе жизнедеятельности – биолины, фитонциды и др.;

3) вещества, возникающие в результате разложения живых организмов, но еще не полностью минерализованные.

Катаробионт – организм, обитающий в незагрязненных холодных пресных водах с большим содержанием растворенного кислорода (например, личинки некоторых веснянок, ручейников, форель и хариус из рыб и др.).

Мезосапроб – полуанаэробный (альфа-мезосапроб) и аэробный (бета-мезосапроб) организм, живущий в загрязненных водоемах и служащий биоиндикатором загрязненности воды биогенами средней степени загрязнения. Это многие бактерии, грибы, водоросли, простейшие, коловратки, некоторые моллюски, ракообразные, водные насекомые, отдельные виды пресноводных рыб.

Олигосапроб – организм, населяющий чистые, незагрязненные воды (биоиндикатор вод высокой чистоты). Например, некоторые водоросли, личинки поденок и веснянок, моллюск дрейсена, стерлядь, гальян и форель из рыб.

Полибионт – организм, живущий в среде из нескольких фаз или агрегатных состояний (воде, почве, льду и т. д.) или в хозяевах (для паразитов), обитающих в среде разных физических фаз.

Полисапроб – малотребовательный к содержанию кислорода в среде жизни, нередко анаэробный организм, живущий в сильно загрязненных (полисапробных) водоемах (часто в местах спуска сточных вод). Может служить биоиндикатором высокой степени загрязнения биогенами вод. К полисапробам относятся некоторые бактерии, простейшие и немногие беспозвоночные животные (червь тубифекс, личинки мухи-пчеловидки, крыска и др.).

Полисапробы-сапрофиты осуществляют очистку сточных вод.

Сапробионт (сапроб) – организм, живущий в водах, в той или иной степени загрязненных органическими веществами (многие простейшие, дафнии, личинки некоторых членистоногих). Различают поли-, мезо- и олигосапробы.

Сапробность – степень насыщенности воды разлагающимися органическими веществами. Устанавливается по видовому составу организмов-сапробионтов в водных сообществах.

Сапрофит – растение, гриб, дробянка, питающиеся органическими веществами, производимыми другими организмами. Термин сохранился практически лишь в биотехнологии, но говорят о сапрофитном способе питания.

Учебные вопросы:

– экологические проблемы, связанные с качеством воды городских территорий на примере города. Наблюдение за загрязнением поверхностных вод городов;

– оценка экологического состояния водоемов города и методы восстановления водоемов. Биологические методы очистки сточных вод. Биологические пруды. Поля орошения. Охрана водных ресурсов и очистка сточных вод города.

Список рекомендуемой литературы

1. Бадтиев Ю. С., Барков В. А., Усов Г. П. Биоиндикация поверхностных водоемов // ЭКИП, июль 2003. С. 24–26.

2. Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 350 с.

3. Виноградов Б. В. Растительные индикаторы. М.: Высш. школа, 1964.

4. Виноградов Б. В., Орлов В. П., Снакин В. В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // Известия РАН, сер. геогр. 1993. № 5. С. 77–89.

5. Егорова Е. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. Обнинск, 2000.

6. Окружающая среда: энциклопедический словарь-справоч.: пер. с нем. М.: Прогресс, 1993. 640 с.

7. Островерхова Г. П., Донников С. В., Мерзляков А. Л., Моисеева М. С. Грибные сообщества как объекты регионального мониторинга и биоиндикации загрязнений тяжелыми металлами // СЭЖ. 2002. № 1. С. 35-40.

8. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Л.: Гидрометеиздат, 1981. 543 с.

9. Реймерс Н.Ф. Природопользование: словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 639 с.

ТЕМА. Биогеоиндикация снега в исследовании загрязненности атмосферы

Цель: определить загрязненность атмосферы по токсичности снега с помощью биотестирования.

Оборудование: семена какого-либо вида растения (например, кресс-салата) со всхожестью не менее 70 %, чашки Петри, фильтровальная бумага, пробы снега, дистиллированная вода.

Ход работы:

1. Отберите пробы снега из разных участков города: близ автомагистралей, с тротуара тихой улицы, в парке и т. п.

Принесите снег в помещение и растопите его.

2. На дно чашек Петри настелите 2–3 слоя фильтровальной бумаги и разложите по 50–100 семян кресс-салата.

3. Фильтровальную бумагу в чашках увлажните 5 мл талой воды. На поверхность семян настелите еще один слой фильтровальной бумаги, смоченной той же водой, чашки закройте и поставьте на проращивание. Не забудьте подписать чашку, указав, откуда взята проба.

4. В качестве контроля используйте дистиллированную воду.

5. По окончании проращивания оцените следующие показатели:

а) всхожесть семян, б) длину проростков. Полученные данные занесите в табл. 6.

6. Сделайте вывод о той или иной степени токсичности снега в разных участках города.

Вывод: _____

Всхожесть семян и длина проростков

Проба снега	Всхожесть семян, %	Средняя длина проростков, мм
Тротуар оживленной улицы		
Тротуар тихой улицы		
Двор		
Парк		
Дистиллированная вода		

Учебные вопросы:

- урбоэкосистемы. Экологические проблемы урботерриторий и роль экобиотехнологий в их решении;
- средообразующая и экологическая роль зеленых насаждений города. Биоэкологические исследования растительных сообществ;
- основные методы определения состояния растительных сообществ в городской среде;
- воздух урбанизированных территорий;
- экобиотехнологии в защите атмосферного воздуха;
- применение биотехнологий в воздухоочистительных аппаратах. Биодезодорация;
- основы применения биологических методов в очистке воздуха от запахов.

ТЕМА. Биогеоиндикация воздействия транспортных выбросов

Цель: изучить влияние транспортных средств на всхожесть и прорастание семян высших растений.

Среди многочисленных загрязнителей особое место занимают тяжелые металлы. Эта группа веществ обладает большим сродством к физиологически важным органическим соединениям и способна их инактивировать. Их избыточное поступление в организм нарушает процесс метаболизма, тормозит рост и развитие. Загрязнение тяжелыми металлами происходит при внесении избыточного количества удобрений, вместе с выбросами промышленных предприятий. Особенно сильно загрязнены тяжелыми металлами территории, прилегающие к автомобильным дорогам.

Оборудование: пробы почвы, семена высших растений с высокой степенью всхожести, плоскодонные колбы на 100 мл, чашки Петри, фильтровальная бумага, ножницы, технические весы, карандаш по стеклу.

Отбор проб. отбор проб осуществляется на глубину 0–5 см ножом, ложкой, лопатой. Выбранную площадку расчищают от опада (при его наличии), составляют смешанный образец из 5–6 почвенных монолитов размером 5×5×5 см и помещают его в заранее подготовленные стерильные мешочки. В каждый мешочек вкладывают этикетку, написанную карандашом, где указывают номер образца, характеристику участка и дату отбора.

Отбор проб производится на следующих площадках:

1. Трамвайные пути.
2. Газон вдоль автомобильной дороги.
3. Газон в 5 м от автомобильной дороги.
4. Газон в 10 м от автомобильной дороги.
5. Газон вдали от автомобильной дороги.

Ход работы:

1. Приготовьте почвенные вытяжки: 1 весовую часть воздушно-сухой просеянной почвы взболтайте с 4 частями дистиллированной воды в течение 5 мин и фильтруйте на складчатом фильтре. Фильтрат должен быть прозрачным.

2. На дно фотокуветы или чашки Петри настелите 1–3 слоя фильтровальной бумаги и разложите по 25–50 семян 3–5 видов растений.

3. Фильтровальную бумагу в чашках увлажните 5 мл раствора из соответствующих колб, чашки пронумеруйте. На поверхность семян настелите еще один слой фильтровальной бумаги.

4. Контролем служит дистиллированная или водопроводная вода. Чашки закройте для предотвращения быстрого высыхания и поставьте на проращивание.

5. По окончании проращивания оцените всхожесть семян и длину проростков в каждом варианте. Полученные данные занесите в табл. 7. На основании табличного материала постройте график. Сделайте выводы.

Влияние транспортных выбросов на всхожесть
и длину проростков

Место отбора проб	Пшеница		Овес		Горох	
	Всхожесть семян, %	длина проростков, см	Всхожесть семян, %	длина проростков, см	Всхожесть семян, %	длина проростков, см
1						
2						
3						
4						
5						
Контроль						

Вывод: _____.

Список рекомендуемой литературы

1. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие для вузов. Т. 1. М.: БИНОМ, 2010. 630 с.
2. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие для вузов. Т. 2. М.: БИНОМ, 2010. 486 с.
3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Сарапульцевой. М.: Академия, 2010. 288 с.
4. Заболотских В. В. Биоиндикация и биотестирование: лабораторный практикум / В. В. Заболотских, Л. В. Нюхтина, О. В. Бынина. Тольятти: ТГУ, 2011. 135 с.

ТЕМА. Геохимические (количественные) оценки степени загрязнения природных сред

Цель: дать количественную оценку степени загрязнения природных сред.

Ход работы:

Дистанционные методы способны определить сам факт физических загрязнений и их экстенсивность (распространенность). Качественно степень загрязненности выделяется в результате

специальных оценочных работ, среди которых преобладают эколого-геохимические методы исследований.

В связи с этим особый интерес для решения экологических проблем представляют методики, разрабатывавшиеся в геологии для поисков рудных полезных ископаемых на основе геохимических критериев поведения химических элементов во всех 4-х естественных природных средах: атмо-, гидро-, лито- (педо-) и биосферах. Поэтому, естественно, эти методы с соответствующей экологическим задачам трансформацией могут и должны быть использованы в качестве основного инструментария при выявлении эколого-геохимических аномалий.

По аналогии с природными, среди техногенных аномалий обособляются аномалии с повышенным и пониженным уровнем концентрации исследуемого компонента.

Выделяют глобальные, региональные и локальные техногенные аномалии. Пространство, занимаемое локальной аномалией, по существу является техногенным ореолом рассеяния. Техногенные геохимические аномалии образуются в различных средах и по этому признаку они подразделяются на литохимические – в почвах, гидрогеохимические – в водах, атмогеохимические – в атмосфере и биогеохимические – в организмах.

Разумеется, техногенные аномалии не являются точной копией природных. Они характеризуются специфическим набором металлов, преимущественно уплощенной формой проявления и т. п. И эта разница непременно должна учитываться.

При геохимических работах очень важной является отбраковка аномалий на мало- и высокоинтенсивные, в связи с чем, помимо определения геохимического фона и его уровней, существует тенденция выделения минимально-аномальных содержаний как утроенного фонового значения. В экогеохимических исследованиях взамен его используется понятие ПДК – предельно допустимых концентраций.

Определение фоновых и аномальных содержаний химических веществ

Для количественной характеристики состояния окружающей среды результаты анализов проб подвергаются статистической обработке. При этом в первую очередь необходимо установить

величину местного геохимического фона (C_{ϕ}) изучаемых элементов в почвах, водах, основных растениях (их частях) для каждого ландшафта.

Определение местного геохимического фона возможно после установления закона, которым аппроксимируется распределение фоновых содержаний и его основные параметры, среднее значение и стандартное отклонение от среднего.

В геохимической практике наиболее часто приходится иметь дело с выборками, в которых распределение содержаний элементов подчиняется нормальному и логнормальному законам. Условиями нормальности распределения величин является соблюдение неравенств:

$$\frac{A}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq [\beta]; \quad \frac{E}{2\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq [\beta],$$

где A – асимметрия, представляющая собой численную характеристику, выражающую меру скошенности кривой распределения, т. е. отклонения ее от нормального вида; E – эксцесс, определяющий подъем или понижение графика эмпирической кривой распределения по сравнению с нормальной кривой.

Величину асимметрии можно вычислить по формуле

$$A = \frac{m_3}{S^3},$$

где m_3 – выборочный момент третьего порядка; S – среднеквадратичное отклонение, представляющее собой квадратный корень из выборочной дисперсии.

Выборочная дисперсия и среднеквадратичное отклонение являются мерой рассеяния содержания элемента в выборке вокруг средней величины содержаний. Определить выборочную дисперсию и среднеквадратичное отклонение можно по формулам:

$$S^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{x} \right)^2; \quad S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n \left(x_i - \bar{x} \right)^2},$$

где N – общее количество проб; x – среднеарифметическое содержание.

Выборочный момент третьего порядка определяется из выражения

$$m_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{N} .$$

Величину эксцесса определяют по формуле:

$$E = \frac{m_4}{S_4^3} - 3 ,$$

где $m_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4}{N}$ – выборочный момент четвертого порядка.

При несоблюдении ранее указанных неравенств исследуемая выборка не согласуется с нормальным законом. В этом случае использовать для дальнейшей обработки геохимической информации использовать среднеарифметическое содержание и среднеквадратичное отклонение в качестве параметров распределения нельзя.

Появляется необходимость проверить нормальность распределения не содержаний, а логарифмов содержаний элементов, т. е. проверить соответствие рассматриваемой выборки логнормальному закону:

$$A \lg = \frac{m_3}{S^3 \lg} ; m_3 = \frac{\sum_{i=1}^N (\lg x_i - \lg \bar{x})^3}{N} ;$$

$$E \lg = \frac{m_4}{S^4 \lg} - 3 ; im_4 = \frac{\sum_{i=1}^N (\lg x_i - \lg \bar{x})^4}{N} ;$$

$$\frac{A \lg}{\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3 ; \frac{E \lg}{2\sqrt{\frac{6}{N}}} \leq 3 ,$$

где N – общее число проб; $\lg \bar{x}$ – среднеарифметическое логарифмов содержаний, определяемое по формуле

$$\lg \bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \lg x_i ,$$

(антилогарифм $\lg \bar{x}$ не равен среднеарифметическому, а всегда меньше); S_{\lg} – среднеквадратичное отклонение логарифмов содержаний, определяемое из выражения:

$$S_{\lg} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (\lg x_i - \lg \bar{x})^2}.$$

Определив закон распределения можно переходить к вычислению величин содержаний, считающихся для данной выборки фоновыми. Иногда за фоновое содержание принимается конкретное число, однако правильнее говорить не о фоновом содержании какого-нибудь элемента, а о его фоновых колебаниях.

Для выявления зон загрязнения (геохимических аномалий) необходимо установить величины аномальных содержаний элементов, что выполняется по следующим формулам:

для нормального закона $Ca = \bar{x} + 3s$;

для логнормального $Ca = \left(ant \lg \bar{x} \right) \varepsilon^3$,

где $\varepsilon = ant \lg s$.

Полученные значения можно считать за нижний предел аномальных содержаний для единичных изолированных точек. Критерий «трех стандартных отклонений» ($+3s$) для выделения величин, не входящих в рассматриваемые выборки, широко применяется не только в геохимии, но и во многих разделах техники.

ПДК – максимальное количество «среднего вещества» в окружающей среде, практически не влияющее отрицательно на живые организмы, в том числе и человека. ПДК являются основными пороговыми концентрациями, используемыми для контроля качества состояния воздушной, водной и отчасти почвенной среды. Они определяются врачами-гигиенистами и утверждаются как нормативы. Различаются максимальные разовые (20 мин) и среднесуточные ПДК.

Для оценки опасности загрязнения, в частности атмосферы, используется максимально разовая ПДК загрязняющих веществ

$$J_i = C_i / \text{ПДК}_i,$$

где C_i – физическая концентрация загрязняющего вещества i в приземном слое атмосферы (пространство, включающее до 2 м от поверхности земли, мг/м³); ПДК _{i} – максимально разово предельно допустимая концентрация того же вещества, мг/м³.

При $j_i < 1$, по принятым условиям, опасностью загрязнения компонентом i можно пренебречь, при $j_i > 1$ она считается реальной.

По степени воздействия на организм человека принято выделять 4 класса загрязняющих веществ:

1 класс – чрезвычайно опасные, когда ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны менее 0,1 мг/м³;

2 класс – высокоопасные, при ПДК_{рз} в пределах 0,1–1,0 мг/м³;

3 класс – умеренно опасные (ПДК_{рз} 1×10 мг/м³);

4 класс – малоопасные (ПДК_{рз} > 10 мг/м³).

Если одновременно присутствует несколько вредных веществ, которые взаимно усиливают негативное воздействие на организм человека (эффект суммации) – загрязнение среды определяется исходя из выражения

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

где C_1, C_2, \dots, C_n – фактические концентрации соответствующих веществ, мг/м³; ПДК₁, ПДК₂, ..., ПДК _{n} – максимальные разовые предельно допустимые концентрации этих же веществ, мг/м³.

Для веществ, обладающих эффектом суммации вредного действия, возможно условное приведение к значениям концентрации одного из них:

$$C_i' = C_1 + C_2 \times \text{ПДК}_1/\text{ПДК}_2 + C_3 \times \text{ПДК}_1/\text{ПДК}_3 + \dots + C_n \times \text{ПДК}_1/\text{ПДК}_n,$$

где C_i' – приведенная концентрация вещества с эффектом суммации, мг/м³; C_1 – концентрация вещества, к которому осуществляется приведение, мг/м³; ПДК₁ – его ПДК, мг/м³; C_2, C_3, \dots, C_n и ПДК₂, ПДК₃, ..., ПДК _{n} – концентрации и ПДК других веществ, входящих в группу суммации.

Особенности характеристик почвенных техногенных аномалий отражаются в коэффициентах концентрации отдельных химических элементов – K_k (по сравнению с содержаниями компонентов в незагрязненных «фоновых» почвах) и суммарных показателях

загрязнения – Z_c , равных сумме коэффициентов концентрации элементов, накапливающихся в пределах аномалии.

Изучение техногенных аномалий в почвах вокруг крупных промышленных городов выявили характерные ассоциации элементов в составе твердых атмосферных выпадений.

Учебные вопросы:

- городские почвы и их реабилитация.
- экобиотехнологии в реабилитации почв, загрязненных нефтепродуктами;
- экорехабилитация малых рек и водоемов на территории города;
- экологическое картографирование как инструмент экореконструкции городов;
- принципы и направления устойчивого развития городов. Энергосберегающий тип развития городов.

Список рекомендуемой литературы

1. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия: учебник. М.: Изд-во «Логос», 2000. 627 с.
2. Ковальский В. В., Адрианова Г. А. Микроэлементы в почвах СССР. М.: Наука, 1970. 180 с.

Терминологический словарь

Биогеохимические зоны – природно-климатические зоны, отличающиеся по биогеохимическим характеристикам – набору и уровням содержания химических элементов.

Биогеохимические провинции – аazonальные участки, характеризующиеся различными биогеохимическими обстановками (нейтральными, кислотными, щелочными) и соответствующим им спектром химических элементов.

Геохимическая аномалия – участки земной коры, для которых характерны особые геохимические обстановки, резко отличные по составу и/или уровню содержаний компонентов от окружающих ее пространств.

Геохимические поля – участки земной коры, относительно однородные по набору и уровням содержания химических элементов.

Геохимический фон – геохимически однородные поля с примерно равномерным распределением химических элементов.

5. МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ОСВОЕНИЯ

1. Экологический кризис современной цивилизации

Несбалансированные взаимоотношения общества и природы, т. е. нерациональное природопользование часто приводят к экологическому кризису. Экологический кризис или чрезвычайная экологическая ситуация – экологическое неблагополучие, характеризующееся устойчивыми отрицательными изменениями окружающей природной среды и представляющее угрозу для здоровья людей.

Это напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой, обусловленное несоответствием размеров производственно-хозяйственной деятельности человека ресурсно-экологическим возможностям биосферы. В истории развития биосферы и человечества выделяют несколько экологических кризисов: кризис ресурсов промысла и собирательства, кризис консументов, кризис, связанный с деградацией примитивного поливного земледелия, кризис продуцентов.

Современный кризис цивилизации называют глобальным кризисом загрязнения биосферы или кризисом редуцентов. Это связано с тем, что редуценты не успевают очищать биосферу от антропогенных продуктов или потенциально не способны сделать это в силу неприродного характера выбрасываемых синтетических веществ.

Современный экологический кризис, кроме того, характеризуется напряженным термодинамическим (тепловым) состоянием биосферы и снижением надежности природно-социально-производственных систем. Это связано с увеличением производства энергии в нижней части тропосферы и нарушением природного экологического равновесия.

Основными причинами экологического кризиса современной цивилизации принято называть: 1) рост народонаселения на Земле; 2) рост производительных сил; 3) освоение новых территорий, в первую очередь территорий с экстремальными природными условиями, наиболее слабо устойчивых к техногенному воздействию; 4) научно-технический прогресс и его экологические последствия, связанные с выпуском веществ, материалов и объектов со свойствами, чуждыми естественной природе (пестициды, плазмасы, АЭС и др.).

Экологический кризис в зависимости от масштаба может быть локальным, региональным, глобальным. Ведущая роль в формировании глобального экологического кризиса принадлежит НТР. НТР – это коренной качественный переворот в производительных силах человечества, основанный на резком скачке в развитии науки и превращении ее в непосредственную производительную силу.

Начало НТР – середина XX в. НТР и НТП привели к следующему: 1) увеличили потребление природных ресурсов; 2) произошло расширение освоенных хозяйственной деятельностью территорий; 3) усилились антропогенные нагрузки на природные системы; 4) увеличивается деградация и загрязнение окружающей природной среды; 5) появились новые искусственные органические соединения, не существовавшие в природе, опасные тем, что трудно разлагаются или совсем не разлагаются в естественной среде; 6) вызвали к жизни ОМП (ядерное, химическое, биологическое), опасное тем, что его применение может привести к гибели современной цивилизации.

Современный экологический кризис характеризуется не столько усилением воздействия человека на природу, сколько резким увеличением влияния измененной людьми природной среды на развитие современной цивилизации.

К особенностям современного экологического кризиса относятся: 1) резкое возрастание объемов добычи и потребления естественных ресурсов, вовлекаемых в материальное производство; 2) усиление антропогенного влияния на природные системы; 3) ухудшение состояния окружающей природной среды; 4) влияние измененной неблагоприятной природной среды на самочувствие и здоровье человека.

Кризис рассматривается как обратимое явление, в котором человек выступает активно действующей стороной.

НТР и НТП в настоящее время рассматриваются как надежда на решение многих экологических проблем, таких как: 1) внедрение энерго- и ресурсосбережения благодаря внедрению неэнергоемких и нересурсоемких технологий; 2) использование малоотходных, менее экологических вредных (природоохраняющих) технологий; 3) применение технологий по утилизации и обезвреживанию отходов производства.

2. Системные особенности предмета геоэкологии. Глобальные и универсальные проблемы геоэкологии

Система – вещественно-энергетическая совокупность взаимосвязанных компонентов, объединенных прямыми и обратными связями в единое целое. Геоэкологические проблемы носят, как правило, системный характер.

Геоэкология – это наука о пространственно-временных закономерностях взаимодействия живых организмов с абиотической средой.

Объектом изучения в геоэкологии являются геоэкологические системы различного таксономического ранга (экосфера Земли, материки, природные зоны, конкретные ландшафты, экосистемы).

Особенности геоэкосистем проявляются в том, что они являются: 1) результатом взаимодействия геосфер Земли – атмосферы, гидросферы, литосферы, биосферы; 2) результатом взаимодействия двух мощнейших систем «Природа» и «Общество», в результате чего формируются различного рода природно-социально-производственные системы.

Выделяют два типа геоэкологических систем: 1) закрытые, где обмена веществом, энергией и информацией через границы не происходит; 2) открытые, где обмен веществом, энергией и информацией через границы происходит, например экосфера Земли.

Системный характер геоэкологических проблем проявляется в следующем: 1) взаимодействие естественных и общественных процессов и закономерностей; 2) междисциплинарность, требующая интеграции географии, экологии, геологии и других наук; 3) существование нескольких пользователей ресурса различными интересами; 4) состояние геоэкологической системы или проблемы не может быть описано одним показателем.

К основным свойствам геоэкологических систем относят: 1) наличие гомеостаза – состояния внутреннего динамического равновесия; 2) стабильность – отсутствие или быстрое затухание колебаний в системе; 3) устойчивость – способность сопротивляться внешнему воздействию и способность восстанавливать исходное состояние после этого воздействия; 4) упругость – способность переходить из одного устойчивого состояния в другое.

Все общемировые геоэкологические проблемы можно разделить на две большие категории: 1) глобальные – охватывающие всю экосферу и проявляющиеся по-разному в различных районах мира.

Например, проблема разрушения озонового слоя Земли, проблема «парникового эффекта»; 2) универсальные – многократно повторяющиеся во времени, но в определенных модификациях. Например, деградация почв, сокращение биоразнообразия.

Далее кратко охарактеризуем одну из глобальных и универсальных геоэкологических проблем. Деградация почв – ухудшение качества почвы в результате снижения плодородия. Деградация и полное разрушение почвы могут происходить как в результате природных явлений (природное изменение условий почвообразования, извержение вулканов, ураганы, оползни), так и в результате хозяйственной деятельности человека.

Явления деградации и полного разрушения почвы можно разделить на несколько групп:

1) нарушение биоэнергетического режима почв (девегетация почв – потеря почвами растительного покрова, ведущая к омертвлению почв; дегумификация почв – потеря почвами гумуса; почвоутомление и истощение почв – процессы, происходящие в почвах в результате длительного землепользования),

2) нарушение патологического состояния почв (отчуждение почв или промышленная эрозия почв – перевод сельскохозяйственных и лесных земель под строительство населенных пунктов, карьеры, водохранилища, свалки промышленных и бытовых отходов; водная и ветровая эрозия почв – разрушение верхних слоев почвы под действием воды и ветра; обесструктуривание и переуплотнение почвенных горизонтов – потеря почвой структуры или ее переуплотнение при обработке полей тяжелой сельскохозяйственной техникой при влажной почве, превышающей «физическую спелость» почв),

3) нарушение водного и химического режима почв (опустынивание почв – потеря почвами влажности и сплошного растительного покрова; оползни и сели – результат сведения растительности в горах; засоление почв – накопление в верхних горизонтах почв легкорастворимых солей, приводящее к потере плодородия; закисление почв – процесс, связанный с повышением кислотности почв выше оптимальной для сельскохозяйственных культур и дикорастущих растений; переосушение почв – результат неправильно проведенных осушительных мелиораций; заболачивание – увеличение увлажнения верхних горизонтов почвы, сопровождавшееся появлением влаголюбивой растительности),

4) затопление и разрушение почв в результате абразии и речной эрозии,

5) загрязнение (промышленное, сельскохозяйственное, радиоактивное – природное или антропогенное накопление в почве радионуклидов в результате ядерных взрывов, аварийных выбросов на предприятиях, использующих радиоактивные вещества, утечки радиоактивных материалов, захоронение радиоактивных отходов),

6) разрушение почв в результате антропогенной деятельности в районах с распространением многолетней мерзлоты (протаивание мерзлых грунтов приводит к развитию эрозии и разрушению почв),

7) разрушение почв в зоне военных действий.

3. История геоэкологии как научного направления

Геоэкология как наука сравнительно молодая, появилась в 1939 г. Однако отдельные геоэкологические взгляды существовали и до этого времени. Английский экономист Адам Смит в труде «О богатстве народов» (1776) говорил о том, что людей в общество связывает разделение труда. Природным ресурсам как источнику богатства он уделял немного внимания. Однако он признавал, что Земля чрезвычайно богата природными ресурсами. Эти положения были заложены в основу концепции неограниченности богатства биосферы.

Английский священник Томас Мальтус в книге «Эссе о принципах народонаселения» (1798), говорил о том, что население растет быстрее, чем производство продуктов питания. Это может привести в дальнейшем к экологическому кризису, связанному с дефицитом продовольствия. Это положение легло в основу концепции ограниченности ресурсов биосферы.

Немецкий ученый Юстас Либих в книге «Химия в приложении к земледелию и физиологии» (1840) обосновал теорию минерального питания растений и тем самым обосновал круговорот химических элементов.

Англичанин Чарльз Дарвин в книге «Происхождение видов» (1859) рассмотрел эволюцию органической жизни на Земле.

Американский географ Джордж Перкинс Марш в книге «Человек и природа» (1864) говорил об увеличении экологических проблем. Он высказал мысль об ограничении негативной хозяйственной деятельности на окружающую природу.

В 1866 г. появилась экология как раздел биологической науки. Термин «экология» впервые ввел в науку немецкий зоолог Эрнст Геккель. Под термином «экология» он понимал «сумму знаний, относящихся к экономике природы».

Французский географ Элизе Реклю в книге «Земля и люди» (1876) развил эту идею. Он говорил о необходимости бережного отношения к природным силам и естественным ресурсам Земли.

В 1875 г. австрийский геолог Эдвард Зюсс впервые употребил термин «биосфера», включив в это понятие совокупность всех живых организмов планеты.

Александр Иванович Воейков в статье «Климат и народное хозяйство» (1891) писал, что неблагоприятные природные явления (засуха, суховеи, заморозки и др.) можно победить путем степного лесоразведения, водной мелиорации.

Василий Васильевич Докучаев – профессор Санкт-Петербургского университета разработал учение о почве как об естественно-историческом теле (1903). Почва играет огромную роль в жизни живых организмов и в то же время она является продуктом жизнедеятельности живых организмов.

В 1922 г. английский геолог Роберт Шерлок опубликовал книгу «Человек как геологический агент». В ней подробно рассмотрены антропогенные изменения в литосфере. Горные разработки представлены как антропогенная денудация, образование отвалов – как антропогенная аккумуляция.

Владимир Иванович Вернадский внес фундаментальный вклад в такие вопросы как учение о глобальных биогеохимических циклах, о роли живого вещества в развитии биосферы, о деятельности человека как геологической силы. Основные положения изложены в работах «Биосфера» (1926) и «Ноосфера» (1944).

Академик Александр Евгеньевич Ферсман одним из первых начал говорить о проблеме геохимического воздействия на природное равновесие. Он является основоположником нового научного направления – геохимия техногенеза.

В 1968 г. итальянский промышленник Аурелио Печчи собрал группу ученых, которая изучала глобальные проблемы. Эта группа ученых получила название «Римский клуб». С 1968 г. начали издаваться доклады «Римского клуба». Первое исследование для него было выполнено американскими учеными Деннисом и Донеллой Модоуз в 1972 г. под названием «Пределы роста».

Авторы с помощью математического моделирования проанализировали сценарий глобального развития. Они пришли к выводу, что количественный рост численности населения, добычи природных ресурсов, развития производства, увеличение отходов производства и загрязнителей вступят в противоречие с ограниченными возможностями Земли. Поэтому человечество должно изменить стратегию своего существования.

Второй доклад «человечество на перепутье» был подготовлен в 1975 г. М. Месеровичем (США) и Э. Пестелем (ФРГ). Авторы проанализировали региональные мировые проблемы и пришли к заключению, что пассивное следование стихийному развитию ведет к гибели, поэтому мир больше не должен развиваться стихийно. Стихийное развитие мира ведет к постоянно расширяющейся пропасти, лежащей на основе современного кризиса: между человеком и природой, между богатыми и бедными. Избежать катастрофы можно только ликвидировав эти пропасти.

Третий доклад «Перестройка международного порядка» был подготовлен голландским экономистом Яном Тинбергеном с соавторами и показал возможность сочетания локальных и глобальных целей.

Четвертый доклад «Цели для глобального общества» был подготовлен философом Э. Ласло и освещал два фундаментальных вопроса: в чем заключаются цели человечества и согласны ли мы предпочесть материальному росту развитие духовных человеческих качеств? Благодаря усилиям Римского клуба возросла осведомленность общественности о мировых проблемах. Клуб первым перешел от анализа и диагностики состояния нашей цивилизации к поиску и рекомендации средств и путей выхода из сложившихся кризисных ситуаций.

В 1987 г. Госпожа премьер-министр Норвегии Г.-Х. Брутланд подготовила генеральной ассамблее ООН доклад «наше общее будущее». В докладе был провозглашен стратегический курс на устойчивое развитие общества.

4. Международное сотрудничество по глобальным проблемам геоэкологии

В настоящее время истощение природных ресурсов, загрязнение окружающей среды и нарушение экологического равновесия

приобрело глобальные масштабы. Природа не знает государственных границ, она всеобща и едина.

Все основные геоэкологические проблемы человечества, такие как парниковый эффект, разрушение озоносферы, сведение лесов, деградация почв, снижение биологического разнообразия биосферы, радиоактивное и другие виды загрязнений, истощение подземных вод и полезных ископаемых, и многие другие носят глобальный характер. Избежать перерастания глобального экологического кризиса в катастрофу возможно только общими усилиями всего человечества.

Формы международного сотрудничества в области геоэкологии и охраны окружающей среды различны:

1) международные организации по охране природы, а также международные программы по исследованию глобальных проблем, выполняемые под их эгидой;

2) международные договоры, соглашения, конвенции;

3) государственные и общественные инициативы по международному сотрудничеству;

4) система глобального мониторинга за состоянием окружающей среды.

В настоящее время в мире функционирует более 100 различных международных организаций, занимающихся вопросами геоэкологии. Наиболее авторитетная из них – ООН.

Одно из важнейших направлений ее деятельности – сотрудничество в области охраны природы. Периодически ООН проводит международные конференции по проблемам охраны окружающей среды (Стокгольм, 1972, Рио-де-Жанейро, 1992, Йоханнесбург, 2002). В 1972 и 1982 гг. ООН на своих конференциях, посвященных охране окружающей среды, приняла специальные декларации, посвященные вопросам экологии.

В 1972 г. была образована ЮНЕП, были определены стратегические цели и направления действий мирового сообщества в области охраны окружающей среды, 5 июня был провозглашен Всемирным днем окружающей среды. В 1982 г. была принята Всемирная хартия природы, одобренная Генеральной Ассамблеей ООН. В ней были записаны важнейшие принципы международного сотрудничества в области охраны окружающей среды.

В 1992 г. впервые главы государств договорились о путях решения важнейших глобальных экологических проблем, были

приняты конвенция по проблеме изменений климата, конвенция по биологическому разнообразию, концепции (стратегии) устойчивого развития.

В 2002 г. на Всемирном саммите по устойчивому развитию в ЮАР были подведены итоги первого десятилетия движения мирового сообщества по пути устойчивого развития.

Итоговым документом был принят «План борьбы с бедностью и сохранения окружающей среды». При ООН функционируют специализированные международные организации по охране окружающей среды: ЮНЕП – Программа ООН по охране окружающей среды; МАГАТЭ – международное агентство по атомной энергии; ВОЗ – всемирная организация здравоохранения. Она занимается проблемами гигиены окружающей среды, борьбы с загрязнением атмосферного воздуха; ФАО – всемирная организация продовольствия. Она занимается вопросами продовольственной безопасности отдельных стран и всего мира; ЮНЕСКО – организация ООН по вопросам образования, науки и культуры. Она поддерживает некоторые международные программы, например «Человек и биосфера» и «Человек и его окружающая среда».

К важнейшим международным научным программам, исследующим различные геоэкологические аспекты глобальных изменений можно отнести: Международную геосферно-биосферную программу (IGBP), акцентирующую внимание на глобальных геохимических и биологических проблемах; Всемирная программа исследования климата (WCRP), ориентированная на геофизические изменения; Международная программа гуманитарных аспектов глобальных изменений (IHDP).

Общая цель программ – понять причины и существо глобальных изменений и дать прогноз состояния экосферы как основы для разработки стратегий человечества.

К глобальным международным договорам относятся Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средств воздействия на природную среду (1977), Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (1979), Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных (1979).

К региональным международным договорам можно отнести договоры об использовании и охране Дуная, Черного моря; Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов

(1968), Конвенцию по охране Средиземного моря от загрязнения (1976); Конвенцию об охране морских живых ресурсов Антарктики (1980); Соглашение о сотрудничестве по борьбе с загрязнением Северного моря нефтью (1969), Конвенцию о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море и Датских проливах (1973).

Особое значение имеют международные договоры об ограничении, сокращении и запрещении испытаний ядерного, бактериологического, химического оружия в различных средах и регионах.

Бывший СССР, а в настоящее время Россия постоянно выдвигали и выдвигают конструктивные предложения по международному сотрудничеству в области экологической безопасности. Эта инициатива находит воплощение в международном законодательстве, а международные нормы постепенно воплощаются в нормы национального права.

5. Экосфера как сложная динамическая система.

Гомеостазис экосферы. Роль живого вещества

Экосфера Земли является самой большой по масштабу геоэкосистемой, изучаемой геоэкологией. Экосфера Земли – целостная, внутренне связанная система, обладающая определенной устойчивостью по отношению как к внутренним процессам, так и внешним воздействиям.

В настоящее время существуют несколько точек зрения на трактовку этого термина: 1) совокупность абиотических объектов и характеристик Земли, создающая на ней условия для развития жизни (т. е. своеобразный биотоп биосферы), пространственно включает тропосферу, всю гидросферу и верхнюю часть литосферы и характеризуется гравитационным, магнитным и электромагнитным полями; 2) синоним термина «биосфера»; 3) среда развития хозяйственной деятельности людей; 4) синоним термина «окружающая человека среда». Наиболее часто экосфера трактуется в первом значении.

К основным чертам экосферы относят:

- 1) экосфера по форме близка к шару;
- 2) экосфера – трехмерна;
- 3) поверхности суши и океана являются зоной наиболее активного взаимодействия геосфер Земли, это так называемые «пленки жизни» в пределах экосферы;

4) верхняя и нижняя границы экосферы размыты и условно совпадают с границами биосферы.

Верхняя граница определяется положением озоносферы, а нижняя определяется изотермой 100 °С, проходящей на глубине 6–12 км в литосфере.

Экосфера Земли – это открытая система. Режим и эволюцию экосферы определяют тепловой баланс, глобальные циклы вещества – кислорода, азота, углерода и др. Энергетической основой экосферы Земли является Солнце.

Отличительная черта экосферы – наличие гомеостазиса, т. е. состояния внутреннего динамического равновесия системы, поддерживаемого регулярным возобновлением ее структур, вещественно-энергетического состава и постоянной саморегуляцией ее составляющих компонентов. Например, средняя соленость Мирового океана 35 %.

При солености 60 г/л основная часть клеток у организмов существовать не может. Реки приносят в океан соли, однако в океане существуют процессы выводящие соли из океанической воды.

Среднее содержание кислорода в атмосфере 21 %. При 16 % дыхание у большинства организмов останавливается из-за недостатка кислорода в крови, а топливо не горит. При 25 % содержании кислорода в атмосфере возможны самовозгорания лесных массивов.

Живое вещество, к которому относятся растения, животные и микроорганизмы, имеет огромную, определяющую роль в формировании и функционировании экосферы Земли.

Роль биоты (живых организмов) в пределах экосферы проявляется в следующем:

1) образование органического вещества в процессе фотосинтеза из неорганического вещества, это мощнейший пищевой ресурс человечества;

2) деструкция редуцентами органического вещества до неорганических веществ;

3) участие организмов в биогенной миграции химических элементов и тем самым участие в глобальном биогеохимическом круговороте химических элементов;

4) продуцирование кислорода;

5) выветривание горных пород и образование почв.

6. Население как геоэкологический фактор

Население наряду с НТП и фактором потребления ресурсов относится к одним из важнейших социально-экономических факторов развития экосферы Земли. Народонаселение – совокупность людей, проживающих на какой-либо крупной территории, обычно с учетом расово-этнического, возрастного и полового состава.

Население является потребителем пищевых ресурсов, а также ресурсов, необходимых для развития промышленности, сельского хозяйства, транспорта, строительства и других отраслей хозяйственной деятельности человека. Еще Т. Мальтус называл народонаселение основным фактором, определяющим развитие экологического кризиса на Земле.

Основными показателями, характеризующими население как геоэкологический фактор являются: 1) численность, 2) плотность, 3) миграция.

Численность населения определяет суммарные потребности общества в питании, одежде, жилище, образовании и других ресурсах. Тем самым численность населения напрямую определяет значительное антропогенное давление на природно-социально-производственные системы и как следствие возникают геоэкологические проблемы. Численность народонаселения на Земле постоянно растет.

Несмотря на снижение темпов роста населения, в последнее время абсолютный прирост населения идет быстро. Ежегодно население планеты увеличивается на 90 млн человек.

Возраст предков *Homo sapiens* («Человека разумного») оценивается в несколько миллионов лет. По мнению демографов, на планете Земля сменилось около 20 тыс. поколений. Население мира в древние времена оставалось немногочисленным. 15 тыс. лет назад на Земле проживало не более 3 млн человек. В 1000 г. на Земле проживало 280 млн человек, в 1800 г. – 1 млрд, в 1960 г. – 3 млрд, в 1999 г. – 6 млрд человек.

В настоящее время численность населения во всем мире превысила 6 млрд человек. Резкое увеличение народонаселения, связанное с изменением социально-экономических или общеэкологических условий жизни получило название демографического взрыва.

По данным демографов на уровне 10–12 млрд человек должна произойти стабилизация численности населения. Это произойдет к середине – концу XXI в.

Наибольшая численность населения характерна для развивающихся стран (Китай, Индия, Пакистан, Бразилия, Индонезия). В развивающихся странах наблюдаются и самые высокие темпы прироста населения. Если население какой-либо страны возрастает до такого уровня, что его потребности уже превышают природный потенциал, обеспечивающий как возобновимость некоторых природных ресурсов, так и потенциал самоочищения природной среды, то оно само превратится в силу, разрушающую свою природно-ресурсную базу. Эту ситуацию называют демографической ловушкой.

Считают, что потенциальная емкость экосферы 2 млрд человек. Это обеспечило бы устойчивость и относительно благополучную жизнь всего населения Земли. Ученые-экологи считают, что и 10 млрд человек могут существовать в условиях дефицита продовольствия, энергии и природных ресурсов. В этом случае возможны экологические кризисы и катастрофы, а численность населения будут регулировать стихийные бедствия природного и социально-экономического характера (войны, голод, гибель от наводнений и цунами, извержений вулканов).

Плотность населения – число жителей на единицу площади, обычно на км². Плотность населения определяет антропогенную нагрузку в конкретных населенных пунктах и районах.

Средняя плотность населения на планете Земля 46 чел. на км². На ½ суши земного шара плотность населения составляет менее 1 чел. на км². Среди государств мира самая высокая плотность населения в Бангладеш (800 чел. на км²). Наивысшая плотность населения наблюдается в городах. Здесь активно протекает процесс урбанизации.

Урбанизация – рост городов, увеличение удельного веса городского населения в стране, регионе, мире, приобретение сельской местностью внешних социальных черт, характерных для города, процесс повышения роли городов в развитии общества. Общая площадь урбанизированных территорий на Земле не более 2 % от общей площади Земли. К середине – концу XXI в. площадь урбанизированных территорий должна достичь 8 %. Самой урбанизированной страной мира является Великобритания.

Исторически первым городом с миллионным населением был Рим во времена Юлия Цезаря (10–44 гг. н. э.). Сейчас самыми многоллюдными городами являются Мехико, Токио, Сан-Паулу, Калькутта и др. В районах с высокой плотностью населения геоэкологические проблемы стоят очень остро. Здесь наблюдается так называемое явление «грусть новых городов», связанное с повышенной заболеваемостью населения городских районов, где условия среды жизни объективно как будто бы намного лучше, чем в которых жили переселенцы раньше.

Миграция населения – процесс перемещения или переселения людей на различные сроки со своего постоянного местожительства. Миграция населения существенно влияет на численность и плотность населения и тем самым значительно изменяет ресурсные потребности стран.

***7. Антропогенные изменения состояния атмосферы
и их последствия. Загрязнение воздуха.
Асидификация атмосферы и ландшафтов.
Парниковый эффект атмосферы***

Атмосфера – газовая оболочка Земли. Ее масса составляет $5,15 \times 10^{15}$ т. Атмосфера возникла в результате дегазации мантии Земли за 4–5 млрд лет. Особую роль в формировании современного газового состава атмосферы сыграли живые организмы.

В настоящее время атмосфера подвержена мощному антропогенному воздействию. К важнейшим проблемам, связанным с атмосферой, относят: 1) загрязнение, формирование смогов в городах и трансграничный перенос загрязняющих веществ; 2) снижение содержания кислорода в атмосфере; 3) асидификация среды; 4) разрушение озоносферы; 5) термодинамическое изменение.

Загрязнение атмосферы – привнесение в воздух или образование в нем физических агентов, химических веществ или организмов, неблагоприятно воздействующих на среду жизни или наносящих урон материальным ценностям. Различают две группы источников загрязнения воздуха: естественные (вулканизм, дефляция, пожар, распад органики) и антропогенные (промышленность, транспорт, строительство, энергетика и т. д.).

К основным загрязнителям атмосферы относят: соединения углерода, серы, азота, тяжелые металлы, взвешенные и радиоактивные вещества. Загрязняющие вещества по характеру

действия оказывают прямое (при дыхании, через кожу и слизистую оболочку глаз) и косвенное воздействие (через воду, продукты питания, плоды леса) на организмы.

Загрязняющие вещества вызывают заболевания у людей (силикозы, меркуриализм, сатурнизм и др.), некрозы у растений, способствуют разрушению памятников истории и культуры, усиливают коррозию металлических конструкций.

На уровень загрязнения атмосферы в населенных пунктах оказывают влияние климат (циркуляционный, температурный режим, режим увлажнения) и рельеф местности. В крупных промышленных городах часто наблюдается смог. Смог – сочетание метеорологических условий, благоприятных для накопления в приземном слое атмосферы загрязнителей, в первую очередь соединений серы.

В результате образуется ядовитая смесь дыма, пыли и тумана. В зависимости от географических условий выделяют три типа смога: ледяной (аляскинский), влажный (лондонский), сухой (фотохимический, лос-анжелесский). Интенсивный смог вызывает удушье, приступы бронхиальной астмы, аллергические реакции, конъюнктивиты, повреждение растительности, зданий и сооружений, в т. ч. скульптурных памятников.

Основными направлениями охраны воздушного бассейна от загрязнения являются: 1) санитарно-технические мероприятия (установка газопылеочистного оборудования, строительство сверхвысоких труб), технологические мероприятия (замена сухих технологических способов на мокрые, внедрение малоотходных технологий), пространственно-планировочные мероприятия (установка санитарно-защитных зон, озеленение, размещение предприятий с учетом розы ветров), контрольно-запретительные мероприятия (установка ПДК, ПДВ, ВСВ, мониторинг атмосферы).

Асидификация – процесс поступления в атмосферу и ландшафты кислот и повышения кислотности компонентов окружающей природной среды. Впервые кислотные осадки были отмечены в середине XIX в. в окрестностях Манчестера (Англия) Робертом Смитом. Кислотные осадки (дожди) – атмосферные осадки, подкисленные из-за растворения в атмосферной влаге промышленных выбросов, имеющие кислотность (рН) ниже 5,6.

Кислотные осадки бывают двух типов: сухие (выпадают недалеко от источника выбросов) и влажные – дождь, снег (переносятся воздушными потоками на значительные расстояния). Кислотообразователями являются окислы серы и азота, угарный и углекислый газ, аммиак. Их источниками поступления являются предприятия энергетики, промышленности, транспорт, сельское хозяйство.

Неблагоприятное воздействие кислотных осадков выражается в подкислении воды водоемов и почвы, что приводит к гибели гидробионтов и почвенных организмов, неблагоприятно воздействует на инженерные сооружения и памятники истории и культуры. Кислотные осадки вызывают образование некрозов у растений, высыхание и гибель хвойных пород.

Накопление антропогенной серы и азота в экосфере влияет на радиационный баланс Земли, глобальный баланс биогенов и окисляющую способность тропосферы. В аридных зонах кислотные осадки в ландшафтах нейтрализуются и серьезных проблем не представляют. В зонах избыточного увлажнения воздействие кислот на геокомпоненты наиболее неблагоприятно.

Так, кислотные осадки увеличивают подвижность в ландшафте алюминия, высокотоксичного для организмов. При pH менее 4,2 алюминий вымывается из почвы и попадает в водоемы и приводит к гибели рыбы и леса. Кислотные осадки снижают буферную способность почвы.

Для борьбы с асидификацией используют следующие меры:

- 1) применение более экологически чистых видов топлива;
- 2) установка высоких труб, способствующих рассеиванию вредных выбросов;
- 3) улавливание серы из отходящих газов.

Парниковый (тепличный, оранжерейный) эффект – увеличение средней температуры воздуха в нижней части тропосферы. За последние 100 лет температура увеличилась на 0,5 °С. Через 50 лет ожидается увеличение температуры еще на 1,5 °С.

Главными причинами повышения температуры называют деятельность человека:

- 1) увеличение выбросов в атмосферу термодинамических газов (CO , CO_2 , окислов азота, озона, метана хлорфторуглеродов);

2) изменение влагооборота и связанное с ним увеличение в атмосфере содержания водяного пара;

3) изменение человеком альbedo подстилающей поверхности (строительство водохранилищ, сведение лесов, распашка земель);

4) увеличение запыленности атмосферы, вследствие дефляции, извержения вулканов, а также благодаря деятельности человека.

Антропогенные аэрозоли двояко влияют на радиационный баланс Земли: непосредственно, через поглощение и рассеивание солнечной радиации и косвенно, т. к. аэрозоли действуют как ядра конденсации, играющие важную роль в образовании облаков, также влияющих на радиационный баланс.

Парниковый эффект имеет как отрицательные, так и положительные стороны. К отрицательным сторонам относят природные, социально-экономические и политические последствия.

К отрицательным природным последствиям относятся: повышение уровня Мирового океана в результате таяния материковых и морских льдов; тепловое расширение океана. Это приведет к затоплению приморских равнин, усилению абразии, деградации мангровой растительности, снижению водообильности рек, имеющих ледниковое питание. Произойдет протаивание грунтов в районах с многолетней мерзлотой, это активизирует процессы заболачивания, термокарста.

Повышение температуры приведет к увеличению испарения с поверхности океана, что вызовет возрастание влажности климата в приморских районах. В аридных районах возрастет процесс аридизации климата. Положительная сторона связана с улучшением состояния лесных экосистем и сельского хозяйства. Повышение концентрации углекислого газа увеличит интенсивность фотосинтеза, а значит, продуктивность диких и культурных растений.

8. Природные, экономические, социальные и политические последствия изменения климата

Климат – многолетний режим погоды, характерный для какой-либо территории. Основным источником всех климатических процессов является солнечное излучение, падающее на Землю с постоянной энергетической плотностью. Изменение климата на Земле – естественный процесс, связанный с активностью Солнца и горообразовательными процессами.

В последние десятилетия отмечается рост средней температуры воздуха. Это явление получило название «Парникового эффекта». Его причины показаны в предыдущем вопросе.

Изменения климата окажут серьезное влияние на природные, социально-экономические и политические процессы.

К природным последствиям следует отнести:

1) таяние материковых и морских ледников приведет к подъему уровня Мирового океана;

2) увеличение средней температуры воздуха приведет к увеличению температуры океана и расширению его объема;

3) увеличение испарения с поверхности океана приведет к увеличению влажности атмосферного воздуха и увеличению выпавших атмосферных осадков в приморских районах;

4) произойдет затопление низких приморских территорий, устьев рек, уровень воды в нижнем течении рек значительно поднимется, это отразится и на уровне грунтовых вод;

5) активизируются процессы абразии, оползнеобразования, термокаста;

6) реки, имеющие ледниковое питание, значительно обмелеют;

7) произойдет перемещение ландшафтов в сторону полюсов, площадь аридных пустынь значительно расширится;

8) флора и фауна отстанут от того климата, в котором они развивались, и будут существовать в другом климатическом режиме, при этом ряд биологических видов, не успев приспособиться к новым климатическим условиям, будет навсегда потерян. Так, например, могут исчезнуть некоторые типы лесов;

9) разложение и окисление отмирающей органики будет способствовать увеличению содержания в атмосфере углекислого газа;

10) изменение климата может повлиять на изменение циркуляции вод Мирового океана, что, в свою очередь, повлияет на биопродуктивность и структуру морских экосистем.

Наибольшие изменения ландшафтов произойдут в арктическом и субарктическом географических поясах, а также в прибрежных морских ландшафтах.

К социально-экономическим последствиям «парникового эффекта» можно отнести:

1) затопление прибрежных территорий вызовет необходимость переселения населения на новые места;

2) затопление населенных пунктов, сельскохозяйственных земель, транспортных магистралей принесет колоссальный ущерб экономике, экономический ущерб также можно ожидать и от активизации других природных процессов;

3) серьезные проблемы возникнут в водоснабжении;

4) большая вероятность широкого распространения вредителей и болезней сельскохозяйственных животных;

5) высокие температуры будут способствовать более быстрому окислению органики в почве, снижая ее плодородие;

6) в развивающихся странах возрастет риск голода;

7) изменится общая картина торговли сельскохозяйственными продуктами.

К политическим последствиям изменения климата следует отнести военные конфликты, которые могут возникнуть в связи с переселением населения и захватом источников природных ресурсов.

Решение проблемы «парникового эффекта» требует международного сотрудничества. К основным направлениям выхода из сложившегося положения следует отнести:

1) снижение эмиссии термодинамических газов, и в первую очередь углекислого газа;

2) в прибрежных зонах рекомендуются проекты защиты от растущего уровня океана.

9. Деградация озонового слоя: факторы и процессы.

Озоновые «дыры». Международное сотрудничество

Слой атмосферы в пределах стратосферы с наибольшей концентрацией озона называют озоновым слоем или озоносферой.

Озоновый слой расположен от поверхности Земли на высотах 7–8 км на полюсах и 18–25 км на экваторе. Этот слой отличается повышенной концентрацией молекул озона – в 10 раз выше, чем у земной поверхности. Общее количество озона оценивается в 3,3 млрд т. Если весь озон «собрать» у поверхности Земли при нормальной температуре и давлении, то получится газовый слой толщиной всего лишь три мм.

Озон – трехатомная молекула кислорода, обладает большой химической реактивностью и токсичностью по отношению к

организмам. Озон расположен в атмосферном слое неравномерно. Над тропиками мощность слоя больше, но концентрация озона относительно меньше. Над полюсами его мощность ниже, зато увеличивается его концентрация.

Озон образуется из атомарного кислорода под действием коротковолнового УФ-излучения в результате электрических разрядов молнии. Необходимо отметить, что вследствие значительной удаленности поле гравитации на высоте озонового слоя ослаблено, поэтому молекулы озона недолговечны.

Главной экологической функцией озоносферы является защита организмов от губительного УФ-излучения. УФ-лучи в небольших дозах необходимы организмам. Они стимулируют рост и развитие клеток, бактерицидное действие, способствуют образованию в организмах витамина Д. В больших дозах УФ-лучи губительны для живых организмов из-за способности вызывать раковые заболевания и мутагенные реакции. На озоновый слой оказывает влияние и «парниковый эффект». Он задерживает и поглощает ИК-излучение, исходящее от поверхности Земли.

Озоновая «дыра» впервые была обнаружена в 1975 г. над Антарктидой. Озоновая «дыра» – значительное пространство атмосферы с заметным понижением (до 50 % и более) концентрации озона. В результате снижается защитный эффект поглощения УФ-фотонов озоносферы. Чаще озоновые «дыры» образуются в полярных районах Земли.

Выделяют две основные группы причин образования озоновых «дыр»:

1) естественные (увеличение циклической активности Солнца, выделение фреонов по тектоническим разломам из недр Земли);

2) антропогенные (сокращение источников кислорода в результате вырубки лесов и загрязнения Мирового океана, увеличение загрязнения атмосферы тяжелыми металлами, фреонами, окислами азота). Фреоны или хлорфторуглероды – высоколетучие, химически инертные у земной поверхности вещества, широко применяемые в производстве и быту в качестве хладагентов, пенообразователей, аэрозолей, растворителей.

Фреоны у поверхности земли инертны, не токсичны для организмов. Однако поднимаясь в верхние слои атмосферы, подвергаются ультрафиолетовому облучению, в результате

фотохимических реакций разлагаются с образованием оксидов хлора, интенсивно разрушающих озон. Один атом хлора может разрушить 10 000 молекул озона. Окислы азота также способствуют разложению озона. Окислы азота в стратосфере присутствуют в небольшой концентрации.

Использование сверхзвуковых транспортных самолетов (в двигателях внутреннего сгорания образуется высокая температура, при этом азот и кислород атмосферы образуют окись азота) и применение нитратных удобрений (в почвах анаэробные бактерии восстанавливают нитрат-ионы до молекулярного азота и гемииоксида N_2O в качестве побочного продукта) в сельском хозяйстве также приводят к разрушению озоносферы.

Таким образом, для спасения озонового «щита» человечеству необходимо решить три проблемы:

1) ограничение использования фреонов или поиск экологически безопасных заменителей их;

2) сокращение числа полетов сверхзвуковых транспортных самолетов или замена этих самолетов на другие, летающие на более низких высотах;

3) сокращение использования азотных удобрений и принятие мер к введению более прогрессивных способов возделывания сельскохозяйственных земель.

Проблема разрушения озонового слоя глобальная и требует серьезного внимания всех стран мира. В 1988 г. в Монреале был подписан протокол к Конвенции по защите озонового слоя, предусматривающий постепенное сокращение производства и употребления фреонов. Позже принимались дополнительные международные решения, связанные с сокращением применения фреонов.

10. Геоэкологические проблемы использования водных ресурсов

Водные ресурсы – вода, используемая в хозяйственной деятельности человека. Водные ресурсы Земли складываются из воды Мирового океана (96,5 % от общих запасов воды в гидросфере), подземных вод (1,7), ледников и постоянных снегов (1,7), рек, озер, почвенной и атмосферной влаги и др.

Водные ресурсы – важнейший природный ресурс, необходимый для хозяйства, организмов, человека. Водные ресурсы распределены

на Земле неравномерно. В этом состоит первая проблема в использовании водных ресурсов. Во многих районах земли люди и хозяйство страдают от дефицита или избытка водных ресурсов.

К геоэкологическим проблемам использования водных ресурсов относятся:

Загрязнение – привнесение в воду или возникновение в ней новых, обычно не характерных для нее физических, химических или биологических агентов или превышение в настоящее время их среднесноголетнего уровня концентрации, приводящее к негативным геоэкологическим последствиям.

Загрязнение вод может возникать в результате как естественных причин (береговая эрозия, абразия, разложение органики), так и под действием деятельности человека.

Основные виды загрязнения: химическое (тяжелые металлы, пестициды, синтетические поверхностно активные вещества, бытовые стоки, нефтепродукты, детергенты), физическое (тепловое, радиоактивное), биологическое или микробиологическое (патогенные микроорганизмы, продукты генной инженерии), органическое (фекалии, органические и минеральные удобрения, остатки плодов и овощей).

Основными отраслями, загрязняющими водные ресурсы, являются химическая, целлюлозно-бумажная, нефтехимическая, текстильная, металлургическая. В большей степени эта проблема свойственна для поверхностных вод, Мирового океана, в меньшей степени – для подземных вод. В результате загрязнения ухудшается качество воды, что требует дополнительных расходов на ее очистку.

К геоэкологическим последствиям загрязнения вод можно отнести: а) физиологические изменения (нарушение роста, дыхания, питания, размножения организмов); б) биохимические изменения (нарушение обмена веществ, накопление химических элементов в организме); в) патологические изменения (возникновение заболеваний, новообразований, гибель организмов в результате кислородной интоксикации); г) визуальное загрязнение среды.

Истощение вод – уменьшение минимально допустимого стока поверхностных вод или сокращение запасов подземных вод.

Минимально допустимым стоком является сток, при котором обеспечивается экологическое благополучие водного объекта и условия водопользования. Из поверхностных водных объектов

допускается изъятие $\frac{1}{4}$ речного стока. Истощение водных ресурсов свойственно в первую очередь подземным водам.

В результате интенсивного водозабора в крупных городах (Токио, Мехико, Москва) происходит:

- 1) падение пьезометрического уровня подземных вод;
- 2) образование депрессионной воронки и иссушение грунтов;
- 3) ухудшение качества воды в результате подтягивания подземных вод нижерасположенных водоносных горизонтов;
- 4) возможно оседание земной поверхности;
- 5) в долинах малых рек сокращается речной и родниковый сток, в целом происходит иссушение ландшафта.

Истощение водных ресурсов вызывает необходимость поиска новых источников водоснабжения населения и хозяйства.

Евтрофикация водоемов – процесс, связанный с поступлением в водоемы большого количества биогенов, вызывающих резкое увеличение биологической продуктивности водоемов и «цветение» воды.

В результате разложения водных растений после их отмирания расходуется большое количество кислорода. Это может привести в летний период к массовому замору рыб и образованию сероводорода. Чтобы предотвратить этот процесс следует в первую очередь уменьшить приток биогенных веществ. Для этого необходимо сократить применение удобрений в сельском хозяйстве и сбросы навозной жижи в водоемы.

Для борьбы с евтрофикацией применяют два метода: механическое удаление водной растительности и применение химических препаратов (гербицидов).

Зарегулирование речного стока выражается в строительстве на водотоках плотин и водохранилищ. В результате этого происходит увеличение объемов водных ресурсов, значительно сокращается скорость течения, изменяется водный режим водотоков (вследствие замедленного водообмена) и микроклимат прилегающих территорий, происходит подтопление территории, прилегающей к водохранилищу. Качество воды в водохранилищах снижается. Это часто проявляется в увеличении инфекционной заболеваемости населения. Первые плотины появились в мире еще 4–4,5 тыс. лет тому назад.

Сейчас масштабы переброски речных вод возросли. Главным потребителем воды является сельское хозяйство. Геоэкологические последствия проектов перебросок воды многочисленны и комплексны, к ним относятся засоление и заболачивание почв, ухудшение качества воды, деградация ландшафтов. Такие проекты являются дорогостоящими и сложными с юридической точки зрения.

11. Основные проблемы качества воды

Геоэкологические проблемы замкнутых морей России. Качество воды – важнейший показатель качества окружающей природной среды. Это связано с высокой потребностью водных ресурсов в хозяйственной и бытовой деятельности людей.

От качества воды зависит уровень заболеваемости населения. Многие заболевания передаются через воду, например дизентерия, холера и др. От диареи ежегодно во всем мире умирает 3 млн детей в возрасте до 5 лет. Природные воды содержат много растворенных химических веществ. Обычно естественная концентрация солей в воде не превышает 1 г/л. Вода является средой для организмов, где можно обнаружить взвешенные вещества, естественные загрязнители, влияющие на качество воды.

Деятельность человека превращает реки в сточные каналы, иногда с высоким уровнем загрязнения. Главными источниками загрязнения природных вод являются предприятия черной и цветной металлургии, химической, нефтяной, угольной, целлюлозно-бумажной промышленности, сельское и коммунальное хозяйство. Ежегодно в России сбрасывается 59 км³ сточных вод. Они требуют 10–12-кратного разбавления.

К основным показателям, определяющим качество природных вод, относятся: растворенный кислород, БПК (биологическое потребление кислорода), содержание в воде микроорганизмов – коли-титр, показывающий содержание в воде кишечной палочки, содержание аммония (NH_4), нитратов, нитритов, нефтепродуктов, фенолов, СПАВ, тяжелых металлов. Санитарно-гигиеническим показателем качества воды является ПДК.

Существует две категории источников загрязнения:

- 1) источники точечного загрязнения (промышленные предприятия, очистные сооружения);
- 2) источники рассеянного загрязнения (сельскохозяйственные поля, лесные массивы, в которых применялись ядохимикаты).

Основными индикаторами загрязнения вод являются: 1) микробиологические показатели; 3) взвешенные вещества (мутность и прозрачность воды); 4) органические вещества (кислород, БПК, ХПК, фосфаты); 5) биогенные вещества (азот, фосфор); 6) основные ионы: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^{2-} ; 7) неорганические загрязнители (*Al, As, Cd, Cr, Co, H₂S, Fe, Pb, V*); 8) органические микрозагрязнители (пестициды, бензапирен, бифенилы и др.).

К основным геоэкологическим проблемам, связанным с ухудшением качества природных вод, относятся:

1) заражение патогенами как фактор высокой заболеваемости и смертности от желудочно-кишечных болезней. Он зависит от плотности населения, санитарного состояния систем водоснабжения;

2) загрязнение органическими веществами (например, пестицидами);

3) загрязнение взвешенными веществами (частицы почвы в результате эрозии увеличивают заиление русла, ухудшая условия судоходства);

4) ацидификация водоемов;

5) евтрофикация водоемов;

6) загрязнение воды тяжелыми металлами.

Россия является морской державой. Среди морей, ее омывающих, с геоэкологической точки зрения выделяются внутренние моря. Режим таких морей (Каспий, Азовское, Черное и Белое моря) отличается замедленным водообменом с океаном. В то же время с речным стоком в эти моря ежегодно поступает большое количество загрязнителей.

К основным проблемам замкнутых морей России относятся: загрязнение водами речного стока и сточными водами населенных пунктов, влияние на организмы в результате вылова и браконьерства; влияние военных объектов на морскую среду; для Черного моря характерна зона сероводородного загрязнения.

12. Современные ландшафты.

Классификация и распространение

К категории природных систем относят ландшафты. Ландшафт – однородный по природным условиям и генезису участок земной поверхности, ограниченный естественными рубежами, в пределах которых природные компоненты находятся в сложном взаимодействии и приспособлены друг к другу.

В сфере природопользования ландшафт как природная система выполняет ряд функций:

- 1) ресурсодержащая;
- 2) ресурсовоспроизводящая;
- 3) средоформирующая;
- 4) хранящая генофонд;
- 5) принимающая и перерабатывающая отходы;
- 6) природная лаборатория и источник эстетического восприятия.

Подчиняясь закону географической зональности, на поверхности Земли сформировались зональные типы ландшафтов. Для каждой природной зоны характерен свой зональный тип ландшафта, например в зоне степей – степной ландшафт. Более 60 % территории Земли преобразовано человеком.

Из 96 зональных типов ландшафтов, выделенных на равнинах, 40 типов исчезли или коренным образом преобразованы. К антропогенным ландшафтам относят широкую группу ландшафтов как сознательно, целенаправленно созданную человеком для выполнения тех или иных социально-экономических функций, так и возникших в результате непреднамеренного изменения природных ландшафтов.

К общим закономерностям функционирования антропогенных ландшафтов относят:

- 1) энергетической основой антропогенных процессов является энергия, вырабатываемая человеком с помощью техники;
- 2) антропогенные процессы по опасности протекания значительно превосходят природные;
- 3) цикличность антропогенных процессов не выражена;
- 4) в антропогенных ландшафтах происходит замена или нарушение естественных биогеохимических циклов, нарушается химическое равновесие, сложившееся веками в естественных ландшафтах;
- 5) антропогенные процессы способствуют упрощению видового состава ландшафтов и в целом биосферы, увеличивается однообразие ландшафтов;
- 6) происходит постепенная замена естественной среды обитания человека искусственной – квазиприродной;
- 7) снижается биопродуктивность ландшафтов;
- 8) увеличивающееся антропогенное давление нарушает естественную эволюцию ландшафтов;
- 9) происходит непрерывная трансформация земельного фонда.

Существует достаточно большое число классификаций антропогенных ландшафтов.

По характеру геоэкологических последствий выделяют: культурные ландшафты (созданы человеком целенаправленно по плану и постоянно поддерживаются), акультурные ландшафты (возникают в результате нерациональной деятельности или неблагоприятных воздействий соседних ландшафтов) и деградировавшие ландшафты (потеряли способность выполнять какие-либо функции).

По выполняемым социально-экономическим функциям выделяют сельскохозяйственные, лесохозяйственные, промышленные, селитебные, рекреационные, водохозяйственные, заповедные, дорожные, беллегеративные ландшафты.

По генезису можно выделить пирогенные, подсечные, пашенные, пастбищно-дегрессионные, техногенные ландшафты.

По степени антропогенной трансформации современные ландшафты Земли могут быть разделены на две большие группы:

А. Коренные (или первичные) – практически не трансформированы, с локальными следами антропогенных изменений.

Б. Природно-антропогенные.

Они, в свою очередь, делятся на:

1. Вторично-производные – с изменениями растительности (лиственные леса на месте вырубки дубрав или хвойных лесов).

2. Антропогенномодифицированные (сельскохозяйственные поля, пастбища, сады, парки).

3. Техногенные – ландшафты управляемые деятельностью человека (карьеры, города, водохранилища).

13. Проблемы обезлесения и опустынивания

Биота играет исключительно важную роль в функционировании экосферы Земли. Лес – один из основных типов растительности, состоящий из совокупности древесных, кустарниковых, травянистых и других растений, включающий животных и микроорганизмы, биологически связанные в своем развитии и влияющие друг на друга и на внешнюю среду. Суммарная биомасса лесов составляет 90 % всей растительной биомассы суши.

Годовая продуктивность лесов оценивается в 80 млрд т сухого вещества. Значение лесных ресурсов огромно (древесина, бумага,

лекарства, краски, каучук, плоды, источник кислорода, местообитание животных, регулятор климата и водного режима).

В настоящее время леса занимают около 27 % площади суши. Сведение лесов планеты началось более 9 тыс. лет назад в связи с возникновением и развитием земледелия. Тенденция обезлесения территории еще более усилилась, когда в ряде стран началась промышленная революция. Только за последние 200 лет площадь лесов на Земле сократилась в два раза.

Сегодня массивы естественных лесов в европейских странах сохранились лишь в труднодоступных горных районах, в заповедных местах. В то время как обезлесение умеренного пояса к настоящему времени в основном прекратилось, сокращение площади тропических и экваториальных лесов продолжается, например в Амазонии.

К факторам обезлесения следует отнести: расширение площади сельскохозяйственных земель, строительство дорог, водохранилищ, населенных пунктов, добычу полезных ископаемых, заготовку древесины. Большой урон лесу наносят пожары и вредные насекомые. Часть лесов страдает от кислотных дождей.

Уничтожение лесов приносит ряд геоэкологических последствий:

- 1) активизируются эрозионные процессы;
- 2) мелеют и заиливаются реки;
- 3) лесная почва быстро теряет свое плодородие;
- 4) изменяется микроклимат территории;
- 5) животные лишаются своего привычного местообитания и пищевых ресурсов.

Пустыни в отличие от лесов – экосистемы с низкой биологической продуктивностью.

Общая площадь пустынь и полупустынь на земном шаре составляет 48,4 млн км² или 43 % площади жизнепригодной суши. Опустынивание – потеря местностью сплошного растительного покрова с невозможностью его самовозобновления. Территория пустынь непрерывно растет. Причем в течение последних 100 лет опустынивание происходит в нарастающем темпе, поглощая потенциально плодородные Земли. Скорость опустынивания составляет до 21 млн га в год.

Первые пустыни появились на Земле еще до человеческой цивилизации. Человек, однако, внес свой вклад в процесс

образования пустынь. Территория междуречья Тигра и Евфрата, некогда представлявшая леса, в настоящее время является солончаковой пустыней. В Европе пока единственная антропогенная пустыня образовалась в Калмыкии. В 1988 г. эта территория объявлена зоной экологического бедствия. Опустынивание является в значительной степени саморазвивающимся процессом.

С исчезновением растительности увеличивается альbedo, снижается транспирация, возрастает вероятность наступления засух. Ландшафты пустынь особенно уязвимы, слабо устойчивы. Антропогенными причинами опустынивания являются: уничтожение растительности, распашка земель, неумеренный выпас домашнего скота.

Следствием опустынивания является дефляция, приносящая огромный материальный ущерб. Различают две формы опустынивания: деэртификацию – расширение ареала пустыни и деэртизацию – углубление процесса опустынивания на месте.

14. Проблемы сохранения генетического разнообразия

Биологическое разнообразие – совокупность всех форм жизни, населяющей нашу планету, это богатство и многообразие жизни и ее процессов, включающее разнообразие живых организмов и их генетических различий, а также разнообразие мест существования, сообществ, экосистем, в которых организмы существуют.

Биоразнообразие делится на три иерархические категории:

- 1) разнообразие среди представителей одного вида;
- 2) разнообразие между различными видами;
- 3) разнообразие между экосистемами.

Под генетическим разнообразием понимаются вариации генов внутри видов. До недавних пор изменения генетического разнообразия исследовались преимущественно на породах домашних растений и животных, а также на популяциях отдельных видов, находящихся в ботанических садах и зоопарках.

На Земле насчитывается 13–14 млн биологических видов, из которых описаны лишь 1,75 млн. Наибольшим видовым биологическим разнообразием отличаются лесные ландшафты, коралловые рифы, саванновые и степные ландшафты. К глобальным центрам высокого биоразнообразия можно отнести: Тропические Восточные Анды, Приатлантическую Бразилию, Восточные Гималаи, Северный Борнео, Новую Гвинею.

За последние 500 лет на Земле было 5 периодов массового исчезновения видов. Из них последний был примерно 65 млн лет тому назад. Для восстановления биологического богатства каждый раз необходимо примерно 10 млн лет.

В настоящее время в связи с антропогенным воздействием скорость сокращения биоразнообразия увеличилась. Сейчас перед угрозой исчезновения находятся 30 000 видов животных и растений. Скорость исчезновения видов млекопитающих в этом столетии в 40 раз превышала максимальные скорости, зафиксированные в геологическом прошлом. За последние 400 лет исчезли 484 вида животных и 654 вида растений.

Причинами ускоренного снижения биологического разнообразия являются:

1) быстрый рост народонаселения и экономики. Растущему населению планеты необходимо решить продовольственную проблему и ряд других. Это приводит к увеличению сельскохозяйственных земель и количества отходов;

2) рыночная экономика пока не в состоянии оценить истинную ценность современного биоразнообразия. В экономической оценке часто не учитывается значение чистого воздуха и воды;

3) увеличение миграции населения, рост международной торговли и туризма. Специализация отдельных стран на производстве определенных сельскохозяйственных культур ведет к созданию крупных плантаций и снижению производства других местных культур;

4) увеличение объемов загрязняющих веществ, поступающих в среду;

5) интродукция новых видов, сопровождающаяся вытеснением или истреблением местных видов;

6) разрушение местообитаний;

7) браконьерство. Оно ведет, например, к уменьшению ценных видов рыб – осетра, стерляди, сига, омуля, лосося и др.

Основные причины необходимости сохранения биоразнообразия на Земле:

1) все виды имеют право на существование;

2) наслаждение природой, ее красотой и разнообразием имеет высочайшую ценность;

3) разнообразие – основа эволюции жизненных форм. Снижение генетического и видового разнообразия подрывает дальнейшее совершенствование форм жизни;

4) экономическая целесообразность биоразнообразия заключается в том, что дикая природа источник селекции домашних растений и животных.

В связи с успехами генной инженерии особую актуальность приобрел вопрос генетического загрязнения. Ученые озабочены возможностью случайного (так и преднамеренного) выброса организмов благодаря бесконтрольной генно-инженерной биотехнологии. Попав во внешнюю среду такие микроорганизмы способны вызвать эпидемию, защититься от которой будет крайне сложно. Это может привести к нарушению экологического равновесия на планете.

В результате операций с геном может произойти генетическая эрозия – потеря существующего генофонда вида. В XXI в. может возрасти риск загрязнения природного генофонда продуктами генной инженерии, полученными, в частности, на основе генома млекопитающего. При этом ученые подчеркивают, что наибольшему риску генетического загрязнения подвержены редкие и исчезающие виды, популяции которых находятся на стадии деградации. Межвидовая гибридизация и гибридизация между подвидами – явление широко распространенное. Изменение условий обитания может провоцировать указанную гибридизацию. Ее угроза наиболее вероятна для регионов с трансформированной средой и нарушениями популяционных механизмов регуляции численности.

Почему необходимо сохранить генетическое разнообразие? К основным причинам его сохранения можно отнести:

1) этическая, каждый биологический вид имеет право на существование;

2) красота природы в первую очередь выражается в разнообразии, в том числе в генетическом;

3) снижение видового и генетического разнообразия подрывает процесс эволюции жизни на Земле;

4) дикая природа – источник селекции домашних растений и животных, а также генетический резервуар, необходимый для обновления и поддержания устойчивости сортов;

5) дикая природа – источник лекарств.

Среди мер, направленных на сохранение биологического разнообразия, основными являются:

- 1) сокращение загрязненности среды;
- 2) защита отдельных видов или групп организмов от чрезмерной эксплуатации (создание Красных книг, регулирование охоты и торговли ими, реинтродукция видов в дикую природу – бизон, зубр, лошадь Пржевальского);
- 3) создание и защита среды обитания различных видов биосферных заповедников, национальных парков, заказников и т. п.;
- 4) сохранение отдельных видов организмов в ботанических садах или в банках генов.

Одним из современных методов сохранения генофонда исчезающих видов растений и животных является метод криогенной консервации. Этот способ предполагает глубокое замораживание ($-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) клеток организмов и их длительное хранение с целью сохранения наследственного материала. Хранение может осуществляться до тех пор, пока не будут найдены пути восстановления вида.

15. Геоэкологические аспекты глобальных кризисных ситуаций: деградация систем жизнеобеспечения экосферы.

Ресурсные проблемы

Экосфера выполняет четыре основные функции:

- 1) устойчивое поддержание систем жизнеобеспечения;
- 2) устойчивое поглощение и переработка продуктов жизнедеятельности человеческого общества;
- 3) устойчивое воспроизводство возобновимых природных ресурсов (преимущественно биологических);
- 4) обеспечение невозобновимыми (преимущественно минеральными) природными ресурсами.

Проблема деградации систем жизнеобеспечения экосферы (геоэкологический кризис) вызвана увеличением антропогенного давления на природные и природно-социально-производственные системы. В результате возникают такие вопросы, как ограниченность природных ресурсов, дефицит пространства, загрязнение окружающей среды и антропогенная деградация систем жизнеобеспечения (снижение естественной биологической продуктивности).

Нарушение глобальных биогеохимических циклов, трансформация и деградация естественных ландшафтов, изменение естественного климата, деградация озонового слоя, ухудшение состояния 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. На решение этой задачи направлена 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.

С геоэкологической проблемой теснейшим образом связаны ресурсные проблемы. Водная проблема заключается в следующем:

- 1) дефицит пресных водных ресурсов во многих регионах мира;
- 2) ухудшение качества водных ресурсов из-за загрязнения и естественных причин, связанных с образованием депрессионных воронок или боковой эрозии;
- 3) нерациональное использование водных ресурсов (значительные потери при транспортировке от источника к потребителю, питьевые ресурсы расходуются на технические нужды). Дефицит водных ресурсов будет усугубляться и становится все более серьезным препятствием в обеспечении устойчивого развития любой территории.

Минерально-сырьевая проблема связана с возрастающей потребностью общества в полезных ископаемых. Это связано с тем, что скорость образования полезных ископаемых значительно меньше скорости их добычи. Поэтому неизбежны частичные кризисы, связанные с дефицитом того или иного ископаемого, возрастающей стоимостью их добычи и ухудшением состояния окружающей среды вследствие горнорудной деятельности. Стратегия на будущее заключается в экономии сырья и сохранении устойчивого состояния экосферы, а также в неизбежном переходе к возобновляемым заменителям.

К ресурсным проблемам можно отнести и энергетическую и продовольственную проблемы. Энергетическая проблема частично заключается в сокращении запасов топливно-энергетических ресурсов на Земле. Энергетическая проблема должна решаться путем снижения сжигания органического топлива и перехода на альтернативные источники. Недостаток в отдельных регионах мира пищевых ресурсов, истощение почвенно-земельных ресурсов тесно связаны с продовольственной проблемой.

16. Устойчивое развитие

Термин «устойчивое развитие» введен в 1987 г. Генеральная Ассамблея ООН приняла решение о создании международной комиссии по окружающей среде и развитию, которая должна была подготовить соответствующий доклад для ООН. Комиссия ученых и общественных деятелей под руководством премьер-министра Норвегии Гру Харлем Брунтланд подготовила в 1987 г. доклад «Наше общее будущее». По определению комиссии устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. В 1991 г. была принята Всемирная стратегия охраны природы». Этот документ получил название «Забота о Земле – стратегия устойчивого существования». В этом документе устойчивое развитие определяется как улучшение качества жизни людей, которое сохраняет потенциальную емкость экологических систем, обеспечивающих жизнь.

Цель стратегии – не заменяя национальных программ охраны окружающей среды, дать основные ориентиры в международном масштабе. Устойчивое развитие – это такое развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности.

Стратегия ставит две основные задачи: выживание человечества и философское определение смысла жизни человека. Перспектива сохранения человека как биологического вида уже сейчас достаточно проблематична.

Сейчас человек находится в наиболее агрессивной стадии своего развития. Он пытается осознать: впишется ли в биосферу, приспособится ли к ней либо его постигнет судьба вымерших биологических видов.

На второй конференции ООН по окружающей среде и развитию (Рио-де-Жанейро, 1992) в соответствии с основными идеями устойчивого развития была предпринята попытка разработать конкретную программу действия. Одной из первых стран, разработавших первые программы по устойчивому развитию, стали Нидерланды.

В апреле 1997 г. в Стокгольме состоялось заседание Комиссии ООН по устойчивому развитию. Главный вывод комиссии – достижение желательного равновесия между экономическим ростом, справедливым развитием человеческого потенциала и здоровыми продуктивными экосистемами не может осуществлено по сценарию обычного развития. Дальнейшая эволюция цивилизации требует необходимого условия сохранения человечества на Земле.

К основным принципам устойчивого развития относят:

- 1) воздействие хозяйственной деятельности человека на экосферу не должно превышать ее потенциальную емкость;
- 2) сохранение основных процессов экосферы (процессы почвообразования, биогеохимических циклов, гидрологического цикла);
- 3) сохранение биоразнообразия;
- 4) использование возобновимых ресурсов в пределах их прироста;
- 5) расходование невозобновимых ресурсов, не превышающее скорость создания их заменителей, с последующим прекращением использования невозобновимых ресурсов;
- 6) внедрение более эффективных технологий в промышленности, сельском хозяйстве, энергетике;
- 7) экономическое стимулирование рационального природопользования;
- 8) совершенствование процесса управления природопользованием (законодательство, экологическая политика, перспективное экологическое планирование);
- 9) развитие морально-этических принципов.

Индикаторами устойчивого развития являются:

- 1) индекс загрязнения окружающей среды;
- 2) индекс истощения ресурсов;
- 3) индекс техногенного риска состояния экосистем;
- 4) индекс экологического воздействия на благосостояние людей.

Выделяют три основных этапа в реализации устойчивого развития России.

На первом этапе (в краткосрочной перспективе) цель устойчивого развития России – преодоление длительно развивающегося социально-экономического, экологического и структурного кризиса, характерного для периода перехода страны к рыночной экономике и демократическому гражданскому обществу. На этом этапе важно начать процесс общей стабилизации экологической ситуации в стране.

На втором этапе (в среднесрочной перспективе) целью устойчивого развития является обеспечение динамичного социально-экономического развития страны на базе эффективного использования ее экономических ресурсов и преимущества международного географического разделения труда при сохранении воспроизводственного потенциала природного комплекса.

В экологической сфере на этом этапе необходимо сохранить и восстановить естественные экосистемы, стабилизировать и улучшить качество окружающей природной среды, снизить антропогенную нагрузку на атмосферу, водные объекты, сократить массу отходов (особенно токсичных и радиоактивных), организовать их переработку и утилизацию. В сфере экологического образования и воспитания необходимо сформировать у граждан экологически ориентированное мировоззрение.

На третьем этапе (долгосрочная перспектива) цель устойчивого развития – гармонизация взаимоотношений общества и природы в глобальном масштабе за счет развития хозяйственной деятельности в пределах воспроизводственных возможностей биосферы и переноса акцентов в системе человеческих ценностей с материально-вещественных на духовно-нравственные, что соответствует ноосферной ориентации развития общества. Устойчивое развитие экосферы может быть осуществлено тремя основными путями:

- 1) охрана окружающей среды;
- 2) охрана геума человека;
- 3) формирование механизмов, которые обеспечили бы реализацию задач первых двух направлений и гарантировали бы отсутствие структур и механизмов, разрушающих цивилизацию.

17. Выживание человечества.

Несущая способность (потенциальная емкость) территории

Выживание человечества – это стратегия выхода из глобального экологического кризиса. Для своего выживания человечество должно осуществить несколько взаимосвязанных переходных процессов:

1) демографический переход к стабильной численности населения, на уровне 7–8 млрд человек;

2) экономический переход к такому типу экономики, который бы принимал во внимание экологические ценности, в настоящее время не учитываемые рынком. Главной задачей экономики должна стать задача по улучшению качества жизни людей;

3) технологический переход от ресурсозатратных и загрязняющих технологий к экологически благоприятным;

4) этический переход к более высокому уровню сознательности и экологической культуры;

5) социальный переход к более справедливому распределению экономических и экологических выгод внутри и между нациями;

6) переход к другим формам управления, обеспечивающим экологическую безопасность.

Основными элементами этой стратегии являются:

1) производить больше, используя меньше ресурсов и энергии на единицу продукции посредством повышения эффективности производства, сохранения возобновимых ресурсов, технологических нововведений, утилизации отходов;

2) сокращать, а затем остановить рост населения. Необходимо производить не более 2,0–2,1 детей в каждой семье;

3) сократить потребности в экономически развитых слоях общества;

4) обеспечить перераспределение жизненных благ между развитыми и развивающимися странами;

5) перейти от современной экономики к стратегии развития по показателям качества жизни людей.

Несущая способность или потенциальная емкость территории – это количество особей организмов какого-либо вида, которые могут устойчиво существовать неопределенно долгое время.

Потенциальная емкость может быть определена как некоторое количество людей, населяющих данную территорию, при этом эти люди могут сохранить в будущем данный уровень жизни, используя

имеющиеся природные ресурсы, свои трудовые навыки, общественные институты и обычаи.

Показатель потенциальной емкости может значительно меняться в каждой стране в зависимости от многих причин, например от повышения урожайности без снижения потенциального плодородия почв, от различий в требованиях к качеству жизни и других условий. Соотношение между антропогенным давлением и естественной потенциальной емкостью страны подвижно, оно может меняться в зависимости от изменений и того и другого фактора.

Основные особенности понятия несущей способности (потенциальной емкости) территории сводятся к следующему:

1) понятие имеет динамический характер, т. е. изменяется во времени. При этом может изменяться как антропогенное давление, так и потенциальная емкость, взаимно влияя друг на друга;

2) несущая способность определяется лимитирующим фактором (для почв таким фактором будет содержание доступного для растений азота);

3) потенциальная емкость может быть увеличена или уменьшена деятельностью человека. Один из путей к ее повышению – эффективное использование природных ресурсов;

4) восстановление деградировавшей несущей способности намного сложнее и дороже, чем ее предотвращение.

Вопрос выживания человечества может рассматриваться как обеспечение устойчивости системы взаимосвязанных глобальных проблем кризисного характера: водной, демографической, энергетической, продовольственной, минерально-сырьевой.

18. Геоэкологические вопросы урбанизации

Урбанизация – одна из глобальных, общемировых проблем человечества. Урбанизация – процесс повышения роли городов в жизни общества, рост городов и городского населения мира, формирование новых форм расселения, таких как агломерации и мегалополюсы.

К основным причинам урбанизации следует отнести:

1) миграцию людей из сельской местности в города;

2) прирост населения в городах достигается за счет превышения рождаемости над смертностью и за счет механического притока населения. К 2025 г. городского населения на Земле будет 2/3 от общей численности на Земле.

Самые высокие темпы урбанизации (5 % в год) характерны для беднейших, наименее развитых стран. В развитых странах в отдельных регионах, например с благоприятным климатом, тоже отмечаются высокие темпы урбанизации.

Урбанизация преобразует природный ландшафт, создавая в крупных городах особую городскую (урбанизированную) среду. 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 животные в очень простых и неустойчивых экосистемах. Широко встречаются немногие, толерантные к человеку виды, паразитирующие на отходах деятельности человека (крысы, вороны, тараканы, мыши). Лишь литогенная основа остается наименее трансформированной. Городские ландшафты не могут существовать без поддержки человека. Для этого в городах существует специальная коммунальная служба.

Природные условия, в которых находится урбоэкосистема, во многом определяют характер геоэкологических проблем. Так, например, высокое загрязнение воздуха в Лос-Анджелесе, Мехико, Сантьяго связано в первую очередь с расположением этих городов в межгорных котловинах, благоприятных для накопления в воздухе вредных веществ.

Большие города в настоящее время представляют собой зоны экологического бедствия различного вида и напряженности. К основным геоэкологическим проблемам урбанизации следует отнести:

- 1) загрязнение природной среды;
- 2) проблему ликвидации и утилизации твердых бытовых отходов;
- 3) проблему истощения подземных вод;
- 4) проблему активизации экзогенных процессов – эрозии, оползнеобразования, заболачивания, карста, термокарста;
- 5) проблему сохранения и восстановления растительности;
- 6) проблему загрязнения поверхностных водоемов, в том числе микробиологическими загрязнителями.

Необходимым условием улучшения городской среды является рациональность ее территориальной организации.

Выделяют следующие функциональные зоны: промышленную, селитебную, транспортную, рекреационную, коммунально-складскую. В пределах промышленной зоны вокруг предприятий выделяют санитарно-защитные зоны, созданные для ослабления химического, шумового загрязнения, ионизации, вибрации, электромагнитного поля.

К экологизации городской среды относятся создание каркаса зеленых насаждений (парки, скверы, лесопосадки). В условиях высокого уровня загрязнения необходимым элементом является мониторинг природной среды.

6. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

1. Основные понятия

Геоэкологическая оценка и нормирование качества окружающей среды производится с целью установления предельно допустимых норм воздействия, гарантирующих экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, обеспечивающих рациональное использование и воспроизводство природных ресурсов в условиях устойчивого развития хозяйственной деятельности.

Под воздействием понимается антропогенная деятельность, связанная с реализацией экономических, рекреационных, культурных интересов и вносящая физические, химические, биологические изменения в природную среду. Количественные и качественные характеристики таких воздействий рассматриваются как антропогенная нагрузка.

Оценка качества окружающей среды отражает состояние ее природной составляющей, включая естественные природные процессы и явления и антропогенно обусловленные нарушения природной среды, а также социально-экономические условия жизнедеятельности населения с учетом уровня жизни, экономического климата, социально-экологической обстановки, в том числе демографической и медико-географической.

Особое внимание уделяется определению физической величины воздействия на компоненты окружающей среды и оценке значимости такого воздействия. Наиболее простым и часто применяемым методом оценки значимости является сравнение величины воздействия с существующими нормативами качества окружающей среды.

Выбор показателей оценки может быть дифференцирован в зависимости от социально-экономического назначения геосистем. Для природоохранных объектов нагрузка должна сводиться к минимуму и не превышать фоновых значений.

Лесохозяйственные геосистемы оцениваются с точки зрения возможности сохранения биоразнообразия территорий, восстановления используемого ресурсного потенциала.

Сельскохозяйственные геосистемы – по показателям территориального распространения угодий, интенсивности

физических и химических воздействий, путем оценки состояния отдельных компонентов (загрязненности почв, вод, переуплотнения почв, развития эрозионных процессов), энергетическому балансу геосистем.

Антропогенные нагрузки для населенных пунктов, как правило, оцениваются через показатели качества среды обитания человека, качества воздушного и водного бассейнов (выраженные в санитарно-гигиенических нормах).

Социально-экологические характеристики состояния населения включают степень детериорированности (нарушенности) окружающей среды, медико-географическую обстановку и уровень комфортности.

Оценка детериорированности объединяет традиционные комплексные оценки загрязнения природных сред и площади нарушенных экосистем. В числе медико-демографических показателей учитывается детская и общая смертность, рождаемость, средняя ожидаемая продолжительность жизни, показатель миграции. Уровень комфортности связан с анализом климатических параметров и природных предпосылок болезней.

Ключевым этапом геоэкологической оценки качества окружающей среды является интегральная оценка природного, антропогенного и социально-экологического фона через картографирование источников антропогенных воздействий, структуры ПТК и отдельных компонентов, медико-географической и социально-экологической обстановки.

В связи с расширением региональных исследований и развитием геоинформационных технологий усиливается внимание к использованию количественных методов и математического моделирования как средства аналитической обработки больших массивов экологической информации, оценивания и территориальной дифференциации.

Нормирование качества окружающей среды подразумевает наложение граничных условий (нормативов) как на само воздействие, так и на факторы природной среды и отклики экосистем.

Первоначально были разработаны нормативы *санитарно-гигиенического* нормирования, касающегося условий среды обитания человека. *Экологическое нормирование* учитывает допустимую нагрузку на экосистему, при которой отклонение от нормального состояния системы не превышает естественных изменений.

Нормативы качества выражаются в *предельно допустимых концентрациях (ПДК)* вредных веществ, которые при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияют на здоровье человека или состояние экосистемы. Нормативы устанавливаются и утверждаются специально уполномоченными государственными органами в области охраны окружающей природной среды, санитарно-эпидемиологического надзора и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных стандартов.

Санитарно-гигиенические и экологические нормативы не указывают на источник воздействия и не регулируют его деятельность. Эти требования отражают *научно-технические нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) и сбросов (ПДС) вредных веществ*, а также технологические, строительные, градостроительные нормы и правила, содержащие требования по охране окружающей природной среды. При условии соблюдения этих нормативов предприятиями региона содержание любой примеси в воде, воздухе и почве должно удовлетворять требованиям санитарно-гигиенического нормирования.

2. Оценка качества воздуха

Под качеством атмосферного воздуха понимают совокупность свойств атмосферы, определяющую степень воздействия физических, химических и биологических факторов на людей, растительный и животный мир, а также на материалы, конструкции и окружающую среду в целом.

ПДК в воздухе рабочей зоны (ПДК_{рз}) – концентрация, которая при ежедневной работе в течение 8 часов или при другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю, на протяжении всего рабочего стажа не должна вызывать заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

ПДК максимально разовая (ПДК_{мр}) – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая при вдыхании в течение 20 минут рефлекторных реакций в организме человека. Понятие ПДК_{мр} используется при установлении предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ.

ПДК среднесуточная (ПДК_{сс}) – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на

человека прямого или косвенного воздействия при неограниченно долгом вдыхании. Величина ПДК_{сс} выступает в качестве «эталона» для оценки благополучия воздушной среды в селитебной зоне.

Среди комплексных показателей загрязнения атмосферы наиболее распространенным является индекс загрязнения атмосферы (ИЗА). Его рассчитывают как сумму нормированных по ПДК_{сс} средних содержаний различных веществ:

$$\text{ИЗА} = C_n / \text{ПДК}_n,$$

где C_n – концентрация загрязняющего вещества в воздухе; ПДК_n – его предельно допустимая концентрация.

В городах для сопоставления данных о загрязненности несколькими веществами атмосферного воздуха комплексные ИЗА должны быть рассчитаны для одинакового количества примесей. При составлении ежегодного списка загрязнения атмосферы городов ИЗА рассчитывают для первых по концентрации пяти веществ.

При исследовании атмосферного загрязнения важно изучать не только уровни загрязнения по городу в целом, но и проводить подфакельные наблюдения за основными стационарными источниками выбросов. При выборе точек наблюдения следует учитывать, что некоторые низкие источники (автотранспорт, трубы жилых домов) могут повлиять на локальный уровень загрязнения более существенно, чем высоко расположенные источники. Система наблюдения должна фиксировать флуктуации загрязнения не только в пространстве, но и во времени. В последние годы также получили развитие наблюдения за атмосферными осадками и снежным покровом.

3. Нормирование качества воды

В соответствии с санитарными нормами питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства.

По санитарному признаку устанавливаются микробиологические и паразитологические показатели воды (число микроорганизмов и число бактерий группы кишечных палочек в единице объема).

Токсикологические показатели воды, характеризующие безвредность ее химического состава, определяются содержанием химических веществ.

Органолептические свойства включают температуру, прозрачность, цвет, запах, вкус, жесткость.

ПДК в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК_б) – концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни.

ПДК в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{рп}) – это концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых.

Также оценка качества воды и сравнение современного состояния водного объекта с установленными в прошлые годы характеристиками проводятся на основании индекса загрязнения воды (ИЗВ) по гидрохимическим показателям. Этот индекс рассчитывается нормированием по ПДК шести показателей качества воды: растворенного кислорода, биологического потребления кислорода, содержания фенолов, аммиачного и нитратного азота, нефтепродуктов:

$$\text{ИЗВ} = C_n / \text{ПДК}_n,$$

где C_n – концентрация вещества в воде; ПДК_n – его предельно допустимая концентрация.

В гидрохимической практике используется и метод интегральной оценки качества воды, по совокупности находящихся в ней загрязняющих веществ и частоты их обнаружения. Для водных объектов удобно устанавливать так называемые маркерные характеристики, позволяющие составить представление об общем характере загрязнения, не осуществляя полной программы измерений. Например, избыточное содержание ионов аммония служит маркерным показателем бытового и сельскохозяйственного загрязнения.

Важной характеристикой геоэкологического состояния аквальных комплексов являются также донные отложения. Аккумулируя тяжелые металлы, радионуклиды и высокотоксичные органические вещества, донные отложения, с одной стороны,

способствуют самоочищению водных сред, а с другой – представляют собой постоянный источник вторичного загрязнения водоемов. При изучении загрязнения точечными источниками отбор проб проводят ниже и выше по течению места сброса вод.

4. Нормирование качества почвы

В этой области установлен норматив, определяющий допустимый уровень загрязнения почвы вредными химическими веществами ПДК для пахотного слоя.

ПДК в пахотном слое почвы (ПДК_n) концентрация вредного вещества в верхнем, пахотном слое почвы, которая не должна оказывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды и на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Оценка уровня химического загрязнения почв населенных пунктов проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды городов.

Таковыми показателями являются коэффициент концентрации химического элемента K_c и суммарный показатель загрязнения Z_c . Поскольку часто почвы загрязнены сразу несколькими элементами, то для них рассчитывают суммарный показатель загрязнения, отражающий степень загрязнения целой ассоциацией элементов относительно фона:

$$(Z_c) = K_c - (n - 1),$$

где K_c – коэффициенты техногенной концентрации со значением более 1,0; n – число элементов с K_c более 1,0.

Оценка опасности загрязнения почв по показателю Z_c проводится по оценочной шкале, градации которой разработаны на основе изучения состояния здоровья населения, проживающего на территориях с различным уровнем загрязнения почв.

Изучение почв городов ведется методом сплошного сетевого апробирования поверхностных горизонтов (0–5 см) почв с учетом ландшафтно-геохимической ситуации и функциональных зон. При отборе проб применяют метод смешанной пробы или «квадрата». Густота сети обычно составляет от 1 до 10 точек/км².

После определения мест отбора наступает стадия проведения измерений и наблюдений, включающая полевые операции (измерения, пробоотбор, обработка и консервация проб, доставка в лабораторию) и лабораторные исследования (измерение концентраций загрязняющих веществ). Лабораторные анализы и полевые измерения должны проводиться со ссылкой на используемые методики и рекомендации. Контроль качества данных может осуществляться с применением статистических методов, выполнением анализа шифрованных проб и другими приемами.

5. Предельно допустимые концентрации вредных веществ в продуктах питания

При разработке нормативов учитываются материалы по токсикологии и гигиеническому нормированию данных веществ в различных объектах природной среды, а также информация о естественном содержании различных химических элементов в пищевых продуктах.

Санитарно-гигиеническое нормирование загрязненности пищевых продуктов касается главным образом пестицидов, а также тяжелых металлов и некоторых анионов (например, нитратов).

Допустимое остаточное количество вредного вещества в продуктах питания (ПДК_{пр}) – это концентрация вредного вещества в продуктах питания, которая в течение неограниченно продолжительного времени не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья человека.

6. Нормирование в области радиационной безопасности

Процесс радиоактивного распада (перехода радиоактивного элемента в другой химический элемент) сопровождается излучением одного или нескольких видов. Выделяют гамма-активные изотопы (например, цезий-137), бета-излучатели (например, стронций-90) и альфа-излучатели (например, большинство изотопов плутония).

Количественной характеристикой источника излучения служит *активность*, выражаемая числом радиоактивных превращений в единицу времени.

В системе СИ единицей активности является беккерель (Бк) 1 распад в секунду (с⁻¹). Иногда используется внесистемная единица кюри (Ки), соответствующая активности 1 г радия. Соотношение этих единиц определяется следующей формулой: 1 Ки = 3,7·10¹⁰ Бк.

Карты уровней радиоактивного загрязнения составляют в единицах $\text{кБк}/\text{м}^2$ или $\text{Ки}/\text{км}^2$.

Экспозиционная доза измеряется по ионизации воздуха и равна количеству электричества, образующегося под действием гамма-излучения в 1 кг воздуха. В СИ экспозиционная доза выражается в кулонах на кг (Кл/кг).

Часто применяется также внесистемная единица экспозиционной дозы рентген. Это доза гамма-излучения, при которой в 1 см^3 воздуха при нормальных физических условиях (температура 0°C и давление 760 мм рт. ст.) образуется $2,08 \cdot 10^9$ пар ионов, несущих одну электростатическую единицу количества электричества.

Мощность экспозиционной дозы отражает скорость накопления дозы и выражается в Кл/кг·сек (в системе СИ) или в Р/ч (во внесистемных единицах).

Наиболее адекватный способ описания степени радиоактивного загрязнения местности – это плотность загрязнения, которая представляет собой активность на единицу площади с учетом изотопного состава. Этот способ весьма трудоемок, требует проведения лабораторных анализов и не всегда может быть использован для оперативной оценки. Обычно такая оценка производится с помощью методов полевой дозиметрии. При этом используемые приборы, методы и единицы измерения зависят от типа загрязнения.

Мерой загрязнения гамма-излучателями является мощность экспозиционной дозы; бета-загрязнение характеризуется плотностью потока бета-частиц. Оценка степени загрязнения альфа-излучателями в полевых условиях невозможна.

При техногенном загрязнении в окружающую среду поступает смесь радионуклидов, среди которых есть все типы излучений. В первом приближении степень опасности может быть оценена по уровню гамма-фона, но в тех случаях, если в сбросах предприятий содержатся главным образом бета-излучающие радионуклиды, радиационная ситуация не может быть охарактеризована через величину экспозиционной дозы.

7. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИРОДНО-СОЦИАЛЬНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Стабилизация геоэкологического развития природно-социально-производственных систем (ПСПС) предполагает решение следующих взаимосвязанных задач:

– совершенствование нормативно-правовой основы рационального природопользования и социальной защиты населения от воздействия неблагоприятных природных и техногенных экологических факторов;

– геоэкологическое обоснование проектных решений в градостроительной документации районных центров и других крупных населенных пунктов;

– внедрение прогрессивных технологий по модернизации морально и физически устаревших производств, внедрение высокоэффективных методов обезвреживания сточных вод, выбросов в атмосферу, технологий хранения, утилизации и переработки отходов;

– формирование экологического каркаса региона и оптимизация сохранения и восстановления природных ресурсов;

– разработка методов и оптимизация системного регионального мониторинга состояния здоровья населения и среды его обитания;

– экологическое воспитание и образование.

Совершенствование нормативно-правовой основы рационального природопользования и социальной защиты населения от воздействия неблагоприятных природных и техногенных экологических факторов.

Нормативно-правовое обеспечение экологически безопасного развития региона предполагает:

– разработку и введение подзаконных актов и нормативных регламентирующих документов, обеспечивающих оценку всех видов деятельности человека, направленных на повышение заинтересованности природопользователей в сохранении и улучшении состояния окружающей среды, их ответственности, социальную защиту населения;

– разработку и внедрение законодательных природоохранных актов, обеспечивающих основные права и обязанности человека;

– разработку пакета нормативных документов о правовом регулировании земельных отношений, оценку ущерба вследствие порчи, ухудшения, деградации и загрязнения почв и земель;

– разработку и внедрение проектов межрегиональных соглашений по использованию трансграничных природных ресурсов и ответственности за трансграничные экологические нарушения.

Геоэкологическое обоснование проектных решений в градостроительной документации районных центров и других крупных населенных пунктах.

Внедрение прогрессивных технологий по модернизации морально и физически устаревших производств, внедрение высокоэффективных методов обезвреживания сточных вод, выбросов в атмосферу, технологий хранения, утилизации и переработки отходов.

Улучшение экологической обстановки, санитарно-гигиенических условий жизнедеятельности и состояния здоровья населения предполагает в первую очередь модернизацию режима функционирования ***жилищно-коммунального комплекса***, в котором необходимо проведение мероприятий по следующим направлениям:

– совершенствование систем водоподготовки и очистки от вредных примесей питьевой воды с применением высокоэффективных стационарных и передвижных модулей и учетом региональных особенностей состава используемых подземных и поверхностных вод;

– создание, реконструирование канализационных систем и внедрение прогрессивных технологий в системах очистных сооружений;

– внедрение рациональных систем ливневой канализации с учетом структуры и устойчивости геологической среды, динамики грунтовых и поверхностных вод;

– уменьшение выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух малыми и средними котельными в результате их перевода на газообразное топливо;

– внедрение локальных систем теплоснабжения жилых домов и общественных зданий на основе зарубежных аналогов с освоением их производства на заводах;

– рационализация сбора, хранения и переработки бытовых отходов;

– предоставление населению садово-огородных участков в экологически чистых районах;

– внедрение нетрадиционных источников получения энергии.

В **промышленном комплексе** снижение техногенной нагрузки предприятий на окружающую среду может быть обеспечено при решении следующих задач:

– внедрение современного оборудования, технологий и локальных методов очистки, обеспечивающих снижение выбросов и сбросов, внедрение замкнутого цикла водообеспечения, интенсификация биоочистных сооружений;

– реконструкция производств и обеспечение снижения выбросов и сбросов в окружающую среду, увеличение объемов замкнутого водоснабжения производственных линий;

– создание экологически безопасных производств и оборудования;

– комплексное использование полезных ископаемых;

– рекультивация почв.

В **энергетическом комплексе** целесообразно предусмотреть проведение следующих мероприятий:

– внедрение энергосберегающих технологий;

– перевод котлоагрегатов с угля на природный газ;

– использование новейших разработок для ионизации примесей в отходящих газах с целью их эффективного улавливания.

В целях изменения сложившейся ситуации в **утилизации и переработке отходов** необходимо проведение работ по следующим основным направлениям:

– проведение комплекса организационных и нормативно-правовых мероприятий, обеспечивающих управление движением отходов и их безопасное хранение;

– обеспечение контроля за загрязнением окружающей среды в районах действующих полигонов хранения твердых промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов;

– создание полигонов хранения твердых бытовых отходов, отвечающих санитарным и природоохранным требованиям и требованиям мусороперерабатывающих заводов;

– строительство полигонов хранения токсичных промышленных и сельскохозяйственных отходов, удобрений и ядохимикатов;

– разработка и внедрение технологий по переработке твердых отходов в экологически безопасную продукцию.

Приоритетным направлением в развитии **транспортного хозяйства** является проведение профилактических мероприятий, обеспечивающих снижение загрязнения атмосферы городских районов выбросами от автотранспорта. В число этих мероприятий входят:

- создание ремонтно-профилактической сети обеспечения автомобильного парка новейшим оборудованием;
- организация системы мониторинга автотранспортных городских магистралей и регулировка транспортных потоков при превышении загрязнения воздуха сверх установленных норм;
- создание пунктов оперативной регулировки автотранспортных средств;
- строительство объездных дорог для транзитного автотранспорта;
- создание вдоль основных магистралей защитных зеленых зон.

Геоэкологическое развитие **агропромышленного комплекса** предполагает решение следующих блоков задач:

- реализация мероприятий по рациональному землепользованию в условиях сложившейся экологической обстановки;
- организация полевых наблюдений и экспериментальных исследований с целью осуществления мониторинга земель, инвентаризации загрязненных, деградированных и нарушенных земель, разработка и реализация технологий восстановления земель;
- стимулирование специалистов сельского хозяйства и смежных с ним отраслей в аспекте внедрения новых технологий, уменьшения потерь при уборке урожая, его транспортировке, переработке и хранении;
- создание складских помещений для хранения минеральных удобрений и ядохимикатов;
- разработка мероприятий по оптимизации использования эродированных земель;
- разработка и внедрение технологий производства экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Формирование экологического каркаса региона и оптимизация сохранения и восстановления природных ресурсов.

Пространственная структура экологического каркаса определяется двумя группами факторов: природными и социально-экономическими. Формирование функциональных зон в структуре каркаса носит исторический характер.

Это проявляется в изменении селитебной освоенности, динамике лесистости, распространении населенных пунктов разной величины и др. Зоны различаются по проявлению и интенсивности развития неблагоприятных процессов плоскостной и линейной эрозии, загрязненности природных компонентов, истощении природных ресурсов.

В связи с этим необходима интеграция основных направлений геоэкологических исследований: изучение ландшафтов, эволюции производственно-территориальных систем и экологических процессов. Разработка модели структуры экологического каркаса предусматривает:

- моделирование структуры и закономерностей функционирования типичных ландшафтов для сохранения и восстановления биологического разнообразия;

- выявление геоэкологических ограничений развития хозяйственного комплекса, обусловленных литогенной основой ландшафтов;

- анализ и оценка ресурсов питьевых вод как лимитирующего фактора хозяйственного освоения территории;

- создание научных основ управления природными ресурсами.

Система экологического каркаса призвана обеспечить возобновление водных ресурсов, стабилизацию геолого-геоморфологических процессов, сохранение биологического разнообразия.

Разработка методов и оптимизация системного регионального мониторинга состояния здоровья населения и среды его обитания.

Система регионального мониторинга создается на основе государственной системы мониторинга состояния атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, растительного покрова, животного мира, особо охраняемых территорий, контроля за изменением ландшафтов и состоянием здоровья населения.

Оптимизацию мониторинга состояния окружающей среды, природных ресурсов и здоровья населения предусматривается обеспечить за счет создания комплексной системы регионального мониторинга в реальном и ретроспективном масштабе времени. Это позволит:

– реализовать оперативный контроль за состоянием окружающей среды и здоровья населения для своевременного принятия необходимых мер административно-правового характера;

– создать информационные основы для выявления долгосрочных пространственно-временных закономерностей функционирования окружающей среды геотехнических систем для разработки прогнозов их развития и подготовки предложений по совершенствованию природоохранительного законодательства и законодательства в области здравоохранения;

– обеспечить население объективной информацией о региональных факторах, негативно влияющих на здоровье, исключить потребление экологически опасных продуктов питания. Для этого необходимо создать эффективную систему сертификации всех продуктов питания и пищевого сырья и соответствующие системы контроля.

Экологическое воспитание и образование.

Важнейшим направлением решения экологических проблем является совершенствование системы непрерывного экологического обучения, обеспечение целенаправленной подготовки специалистов в области экологии.

Базой для развертывания работ по этим направлениям является комплекс научных организаций и учебных заведений республики.

Перечень тем для самостоятельного изучения

1. Экологический кризис современной цивилизации.
2. Системные особенности предмета геоэкологии. Глобальные и универсальные проблемы геоэкологии.
3. История геоэкологии как научного направления.
4. Международное сотрудничество по глобальным проблемам геоэкологии.
5. Экосфера Земли как сложная динамическая система. Гомеостазис экосферы. Роль живого вещества.
6. Население как геоэкологический фактор.
7. Антропогенные изменения атмосферы и их последствия. Загрязнение воздуха. Асидификация атмосферы и ландшафтов. Парниковый эффект атмосферы.
8. Природные, экономические, социальные и политические последствия изменения климата.
9. Деграция озонового слоя: факторы и процессы. Озоновые «дыры». Международное сотрудничество.
10. Геоэкологические проблемы использования водных ресурсов.
11. Основные проблемы качества воды. Геоэкологические проблемы замкнутых морей России.
12. Современные ландшафты. Классификация и распространение.
13. Проблемы обезлесения и опустынивания.
14. Проблема сохранения генетического разнообразия.
15. Геоэкологические аспекты глобальных кризисных ситуаций: деграция систем жизнеобеспечения экосферы. Ресурсные проблемы.
16. Устойчивое развитие. Этапы и механизмы устойчивого экологически сбалансированного развития экосферы.
17. Выживание человечества. Несущая способность (потенциальная емкость) территории.
18. Геоэкологические вопросы урбанизации.

Темы для презентаций по дисциплине «Геоэкологическая оценка территорий и реабилитация»

1. Объект и предмет геоэкологии.
2. Системные особенности предмета геоэкологии. Глобальные и универсальные проблемы геоэкологии.
3. История геоэкологии как научного направления.
4. Международное сотрудничество по глобальным проблемам геоэкологии
5. Экосфера как сложная динамическая система. Гомеостазис экосферы. Роль живого вещества.
6. Население как геоэкологический фактор.
7. Принципы геоэкологических исследований.
8. Методы геоэкологических исследований.
9. Антропогенные изменения состояния атмосферы и их последствия. Загрязнение воздуха. Асидификация атмосферы и ландшафтов. Парниковый эффект атмосферы.
10. Природные, экономические, социальные и политические последствия изменения климата.
11. Деграция озонового слоя: факторы и процессы. Озоновые «дыры». Международное сотрудничество.
12. Основные проблемы качества воды. Геоэкологические проблемы замкнутых морей России.
13. Современные ландшафты. Классификация и распространение.
14. Проблемы обезлесения и опустынивания.
15. Проблемы сохранения генетического разнообразия.
16. Геоэкологические аспекты глобальных кризисных ситуаций: деграция систем жизнеобеспечения экосферы. Ресурсные проблемы.
17. Устойчивое развитие. Выживание человечества.
18. Несущая способность (потенциальная емкость) территории.
19. Геоэкологические вопросы урбанизации.
20. Стратегия выживания человечества.

Тесты для самостоятельной работы

1. Геоэкология – наука, изучающая:

- 1) загрязнение Мирового океана;
- 2) загрязнение атмосферы;
- 3) взаимоотношения живых организмов с окружающей средой;
- 4) экосферу как систему геосфер в процессе ее интеграции с обществом.

2. Концентрические сплошные или прерывистые оболочки Земли, различные по химическим свойствам и физическому составу:

- 1) ноосфера;
- 2) геосфера;
- 3) биосфера;
- 4) антропосфера.

3. Окружающая среда:

- 1) совокупность природных и частично измененных деятельностью человека абиотических и биотических естественных факторов, оказывающих влияние на организм;
- 2) синоним понятия «природная среда»;
- 3) не совпадает по объему с понятием природная среда, но только потому, что последняя не включает в себя «артеприродную среду» (здания, сооружения, асфальт дорог и т. п.);
- 4) понятие, означающее то же, что и «внешняя среда», но находящаяся в непосредственном контакте с объектом или субъектом.

4. Термин «экология» был введен в науку впервые:

- 1) Ж. Б. Ламарком;
- 2) В. И. Вернадским;
- 3) Э. Геккелем;
- 4) Ч. Элтоном.

5. Термин «геоэкология» впервые ввел в науку:

- 1) В. И. Вернадский;
- 2) К. Мебиус;
- 3) В. В. Докучаев;
- 4) К. Тролль.

6. Природная среда:

- 1) совокупность абиотической, биотической и социальной сред;
- 2) понятие, совпадающее по объему с понятием «природа»;

3) понятие, означающее то же, что и окружающая человека природная среда, но вне зависимости от непосредственных ее контактов с человеком;

4) одна из составляющих окружающей человека среды, обладающая свойством самоподдержания и саморегуляции без корректирующего воздействия человеком;

5) весь материально-энергетический и информационный мир Вселенной;

6) комплекс абиотических и биотических факторов, влияющих на человека и его хозяйство.

7. Самая крупная экосистема Земли:

- 1) биосфера;
- 2) экосистема континента;
- 3) экосистема Мирового океана;
- 4) атмосфера.
- 5) человек – хозяин природы.

8. Постоянство кислорода в атмосфере поддерживается:

- 1) животными;
- 2) растениями;
- 3) человеком;
- 4) почвой.

9. Ограничивающий фактор, в большей степени препятствующий существованию жизни в верхних слоях атмосферы:

- 1) ультрафиолетовое излучение;
- 2) температура;
- 3) состав воздуха;
- 4) влажность.

10. Газ, преобладающий в атмосфере Земли:

- 1) кислород;
- 2) аргон;
- 3) азот;
- 4) углекислый.

11. Главный виновник уничтожения озонового слоя:

- 1) угарный газ;
- 2) углекислый газ;
- 3) сернистый газ;
- 4) фреон.

12. «Парниковый эффект», связанный с накоплением в атмосфере углекислого газа, сажи и других твердых частиц вызывает:

- 1) повышение температуры и приведет к неблагоприятным изменениям в биосфере;
- 2) уменьшение прозрачности атмосферы, что приведет в конечном счете к похолоданию;
- 3) повышение средней температуры и будет способствовать улучшению климата на планете;
- 4) не приведет к заметным изменениям в биосфере.

13. Последовательность источников пылевого загрязнения атмосферы в порядке увеличения:

- 1) сельское хозяйство;
- 2) промышленные источники энергии;
- 3) промышленное производство;
- 4) традиционные источники энергии.

14. Последовательность источников в порядке возрастания загрязнения ими среды оксидами азота:

- 1) атомная промышленность;
- 2) сельское хозяйство;
- 3) промышленные источники энергии;
- 4) традиционные источники энергии.

15. Озоновый слой сохранится если:

- 1) уменьшить количество выхлопных газов двигателей внутреннего сгорания;
- 2) отказаться от использования фреонов;
- 3) снизить дозы азотистых минеральных удобрений;
- 4) снизить токсичность выхлопов.

16. К природным источникам, не способствующим возникновению кислотных дождей, относят:

- 1) вулканическую деятельность;
- 2) грозовые разряды и молнии;
- 3) силу и направление ветра;
- 4) биогенные выделения.

Вопросы к экзамену

1. Понятие о геоэкологии.
2. Динамика роста городов и численности жителей.
3. История образования и развития городов.
4. Демографический «взрыв» и его экологические последствия.
5. Плотность распределения урбанизированных систем.
6. Отличительные черты городских территорий.
7. Модель возможных негативных экологических и социальных последствий урбанизации.
8. Экологические проблемы городской среды.
9. Необходимость поддержания рекреационных зон на территории селитебных районов городских конгломератов.
10. Взаимодействие города и природной среды, качественная модель типа «затраты – выпуск».
11. Полиморфность городской экосистемы.
12. Приоритетные загрязнения урбанизированных территорий.
13. Виды смога и пути их возникновения.
14. Зависимость между ростом городских территорий и уровнем накопления парниковых газов.
15. Характер накопления загрязняющих веществ в воздушном бассейне городов, сельской местности и естественных ландшафтах.
16. Виды индустриальных загрязняющих веществ.
17. Способы снижения влияния индустриальных загрязняющих веществ на урбанизированные территории.
18. Физическое загрязнение территорий.
19. Химическое загрязнение территорий.
20. Биологическое загрязнение территорий.
21. Радиологическое загрязнение территорий.
22. Виды транспорта, динамика их роста.
23. Степень влияния транспорта на социум.
24. Основные физические, химические, биологические показатели современного городского жилища.
25. Экологические проблемы урбанизированных территорий.
26. Значение экобиотехнологий в защите окружающей среды городов.
27. Экологические проблемы урботерриторий на примере города Уфы.

28. Город – сложный многофункциональный объект. Направления развития городов. Экологическая реконструкция городских территорий.

29. Средаобразующая и экологическая роль зеленых насаждений города.

30. Шумозащитная роль зеленых насаждений.

31. Санитарно-гигиенические функции зеленых насаждений.

32. Основные нормы и правила озеленения города.

33. Биоэкологические исследования растительных сообществ города.

34. Воздух урбанизированных территорий.

35. Проблемы загрязнения атмосферного воздуха в регионе.

36. Источники загрязнения воздуха города Уфы.

37. Водные объекты городов.

38. Экологические проблемы, связанные с качеством воды городских территорий на примере города Уфы.

39. Оценка токсичности сточных промышленных вод методом биотестирования.

40. Наблюдение за загрязнением поверхностных вод городов.

41. Экологические проблемы городского автотранспорта и пути их решения.

42. Альтернативное топливо.

43. Сокращение выбросов автотранспорта, работающего на углеводородном топливе.

44. Городские отходы и обращение с ними.

45. Проблемы утилизации ТБО и их решение на примере города Уфы.

46. Сжигание ТБО – диоксиновая опасность.

47. Актуальность перехода на энергосберегающий тип развития городов.

48. Проблемы экореконструкции городов и рекреации.

49. Экологическая реконструкция городских территорий.

50. Городские почвы и их реабилитация.

51. Экореабилитация малых рек и водоемов на территории города.

52. Принципы и направления экологически устойчивого развития городов.

Информационно-исследовательские темы

1. Последствия изменения экологических функций геологической среды на урбанизированных территориях РБ.
2. Последствия изменения экологических функций литосферы на урбанизированных территориях РБ.
3. Тема по своему выбору.

Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия / В. А. Алексеенко. М.: Логос, 2000. 636 с.
2. Бахур А. Е. Научно-методические основы радио-экологической оценки геологической среды: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М.: ВИМС, 2008. 34 с.
3. Маслов И. В. Градостроительная экология / И. В. Маслов. М.: ВШ, 2002. 284 с.
4. Трансформация экологических функций литосферы в эпоху техногенеза / [В. Т. Трофимов и др.]. М.: Ноосфера, 2006. 720 с.
5. Хомич В. А. Экология городской среды: учеб. пособие / В. А. Хомич. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2006. 240 с.
6. Языков, Е. Г. Геоэкологический мониторинг / Е. Г. Языков, А. Ю. Шатилов. Томск: Изд-во ТПУ, 2004. 276 с.
7. Яшин И. М., Шишов Л. Л., Раскатов В. А. Почвенно-экологические исследования в ландшафтах. М.: МСХА. 2000. 560 с.
8. Яшин И. М., Кауричев И. С., Черников В. А. Экологические аспекты гумусообразования // Известия ТСХА. 1996. Вып. 2. С. 110–129.
9. Поздеев В. Б. Становление и современное состояние геоэкологии / В. Б. Поздеев. Смоленск: Маджента, 2004. 324 с.

Дополнительная литература

1. Акимова Т. А., Хаскин В. В. Основы экоразвития. М.: Изд-во РЭА, 1994.
2. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика / под ред. А. П. Хаустова. М.: РУДН, 2006.
3. Сравнительный анализ и оценка экологического состояния Московской области / под ред. Т. А. Акимовой. М., 1994.

4. Эколого-экономическая стратегия развития региона / под ред. В. В. Буфала, В. И. Гурмана. Новосибирск: Наука, 1990.

5. Природно-хозяйственные регионы Беларуси / под науч. ред. А. Н. Витченко. Мн.: БГПУ, 2005.

6. Церенова М. П. Комплексная геоэкологическая оценка урбанизированной территории в Приморской зоне (на примере г. Туапсе и Туапсинского района): автореферат дис. ... канд. геогр. наук. Специальность 25.00.36 Геоэкология. СПб., 2016.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, основной задачей геоэкологии является изучение взаимодействия природных территориальных комплексов и территориально-хозяйственных систем в их историческом развитии на разных уровнях организации – локальном, региональном, глобальном. В качестве основных объектов на локальном уровне должны выступать отдельные геотехнические системы или их элементы.

На региональном уровне геоэкологические исследования направлены в основном на анализ взаимодействия геотехнических систем, выделение проблемных геоэкологических ситуаций значительных территорий для координации деятельности по оптимизации природопользования в крупных природных, административно-территориальных регионах или производственных комплексах.

Геоэкологическое исследование на глобальном (межрегиональном) уровне предполагает изучение и картографирование трансграничных переносов продуктов техногенеза, оценку крупных проблем охраны окружающей среды.

Базовой теоретической основой исследования геоэкологического состояния ПСПС являются отраслевые направления ландшафтоведения – структурно-генетическое, функционально-динамическое, геофизическое, геохимическое, историческое, антропогенное, эстетическое (пейзажное) и прикладное.

На основе комплексного ландшафтоведения в контакте с другими географическими науками, экологией и информатикой в конце XX в. сформировались предпосылки для развития интегрального научного направления – геоэкологического, изучающего вопросы пространственной организации ПСПС и оценки устойчивости их функционирования для целей планирования культурных ландшафтов. Интеграцию данных об особенностях природы, населения и хозяйства региона, результатов мониторинга состояния геосистем целесообразно осуществлять на базе региональных геоинформационных систем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия: учебник. М.: Изд. Логос, 2000, 627 с.
2. Антипова А. В. Россия. Эколого-географический анализ территорий / А. В. Антипова. М.: Смоленск: Маджента, 2011. 384 с.
3. Бадтиев Ю. С., Барков В. А., Усов Г. П. Биоиндикация поверхностных водоемов // ЭКИП, июль 2003. С. 24–26.
4. Бахур А. Е. Научно-методические основы радио-экологической оценки геологической среды: автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. М.: ВИМС, 2008. 34 с.
5. Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учетом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов / Л. П. Рихванов и др. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017. 437 с.
6. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О. П. Мелеховой, Е. И. Сарапульцевой. М.: Академия, 2010. 288 с.
7. Биоиндикация загрязнителей наземных экосистем / под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988, 350 с.
8. Братков В. В. Геоэкология: учеб. пособие / В. В. Братков, Н. И. Овдиенко. М.: Высш. шк., 2006. 271 с.
9. Виноградов Б. В. Растительные индикаторы. М.: Высш. Школа, 1964.
10. Голубев Г. Н. Геоэкология: учебник / Г. Н. Голубев. М.: Геос, 2006. 338 с.
11. Геоэкологические подходы к проектированию природно-технических систем. М.: Наука, 1985. 120 с.
12. Двораковский М. С. Экология растений: учеб. пособие для вузов / М. С. Двораковский. М.: Высшая школа, 1983.
13. Емельянов А. Г. Ландшафтно-экологические основы природопользования: учеб. пособие / А. Г. Емельянов; Тверской ун-т. Тверь, 1992. 92 с.
14. Емельянов А. Г. Основы природопользования: учеб. для студ. высш. учеб. завед. / А. Г. Емельянов. М.: Академия, 2004. 304 с.
15. Егорова Е. И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды. Обнинск, 2000.

16. Егоренков Л. И. Геоэкология: учеб. пособие / Л. И. Егоренков, Б. И. Кочуров. М.: Финансы и статистика, 2005. 320 с.
17. Жиров А. И. Теоретические основы геоэкологии / А. И. Жиров. СПб.: Изд-во Санкт-Петербург. ун-та, 2001. 377 с.
18. Заболотских В. В. Биоиндикация и биотестирование: лабораторный практикум / В. В. Заболотских, Л. В. Нюхтина, О. В. Бынина. Тольятти: ТГУ, 2011. 135 с.
19. Ковальский В. В., Адрианова Г. А. Микроэлементы в почвах СССР. М.: Наука, 1970. 180 с.
20. Комарова Н. Г. Геоэкология природопользование: учеб. пособие для высш. пед. учеб. заведений / Н. Г. Комарова. М.: Академия, 2003. 192 с.
21. Кочуров Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. 154 с.
22. Курамшина Н. Г., Имашев У. Б. Геохимическое, эколого-социальное состояние основных техногенных зон Башкортостана: монография / Н. Г. Курамшина, У. Б. Имашев. Уфа: Гилем, 2013. 236 с.
23. Курамшина Н. Г., Ребезов М. Б., Курамшин Э. М. Геохимия экотоксикантов Южного Урала: монография. СПб.: Изд-во Недра, 201. 204 с.
24. Красногорская Н. Н., Кострюкова Н. В., Исаева О. Ю. Основы радиационной безопасности: учеб. пособие. Уфа: УГАТУ. 2011. 155 с.
25. Маслов И. В. Градостроительная экология / И. В. Маслов. М.: ВШ, 2002. 284 с.
26. Назиров Р. А. Радиоэкологическое сопровождение строительства / Р. А. Назиров, С. А. Кургуз, В. В. Коваленко. Красноярск: Изд-во КрГУ, 2002. 146 с.
27. Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009): Гигиенические нормативы. М.: Центр СЭН, ГСиЭ Минздрава России, 2009. 116 с.
28. Переведенцев Ю. П. Введение в геоэкологию атмосферы: учеб. пособие / Ю. П. Переведенцев, Р. Х. Салахова. Казань: Изд-во КГУ, 2007. 112 с.
29. Петров К. М. Геоэкология: учебник / К. М. Петров. СПб.: Роза мира, 2003. 274 с.

30. Поздеев В. Б. Становление и современное состояние геоэкологии: учеб. пособие / В. Б. Поздеев. Смоленск: Маджента, 2004. 324 с.

31. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие для вузов. Т. 1. М.: БИНОМ, 2010. 630 с.

32. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие для вузов. Т. 2. М.: БИНОМ, 2010. 486 с.

33. Родзевич Н. Н. Геоэкология природопользования: учеб. для вузов / Н. Н. Родзевич. М.: Дрофа, 2003. 256 с.

34. Рихванов Л. П. Радиоактивные элементы в окружающей среде и проблемы радиозащиты: учеб. пособие / Л. П. Рихванов. Томск: СТУ, 2009. 430 с.

35. Сапожников Ю. А. Радиоактивность окружающей среды. Теория и практика / Ю. А. Сапожников, Р. А. Алиев, С. Н. Калмыков. М.: Бином, 2006. 286 с.

36. Трофимов А. М. Региональный геоэкологический анализ / А. М. Трофимов, В. А. Рубцов. Казань: Меддок, 2005. 228 с.

37. Ясаманов Н. А. Основы геоэкологии: учеб. пособие для эколог. спец. вузов / Н. А. Ясаманов. М.: Академия, 2003. 352 с.

38. Словарь геоэкологических понятий. URL:
<http://allrefrs.ru/1-57748.html>;
<https://studfiles.net/preview/4639986/page:2/>;
https://studopedia.ru/5_130486_lektsiya--osnovnie-ponyatiya-geoeologii.html (дата обращения 18.11.2020).

39. Сайт YouTube. URL: <https://www.youtube.com/> (дата обращения 18.11.2020).

40. Хостинг презентаций. URL: <http://ppt4web.ru/nachalnaja-shkola/prezentacija-k-uroku-okruzhajushhego-mira-vo-klasse-cto-takoe-ehkonomika.html> (дата обращения 18.11.2020).

Карты геоэкологической оценки территории

Распределение объемов забора воды и сброса загрязненных сточных вод без очистки в поверхностные воды по субъектам РФ в

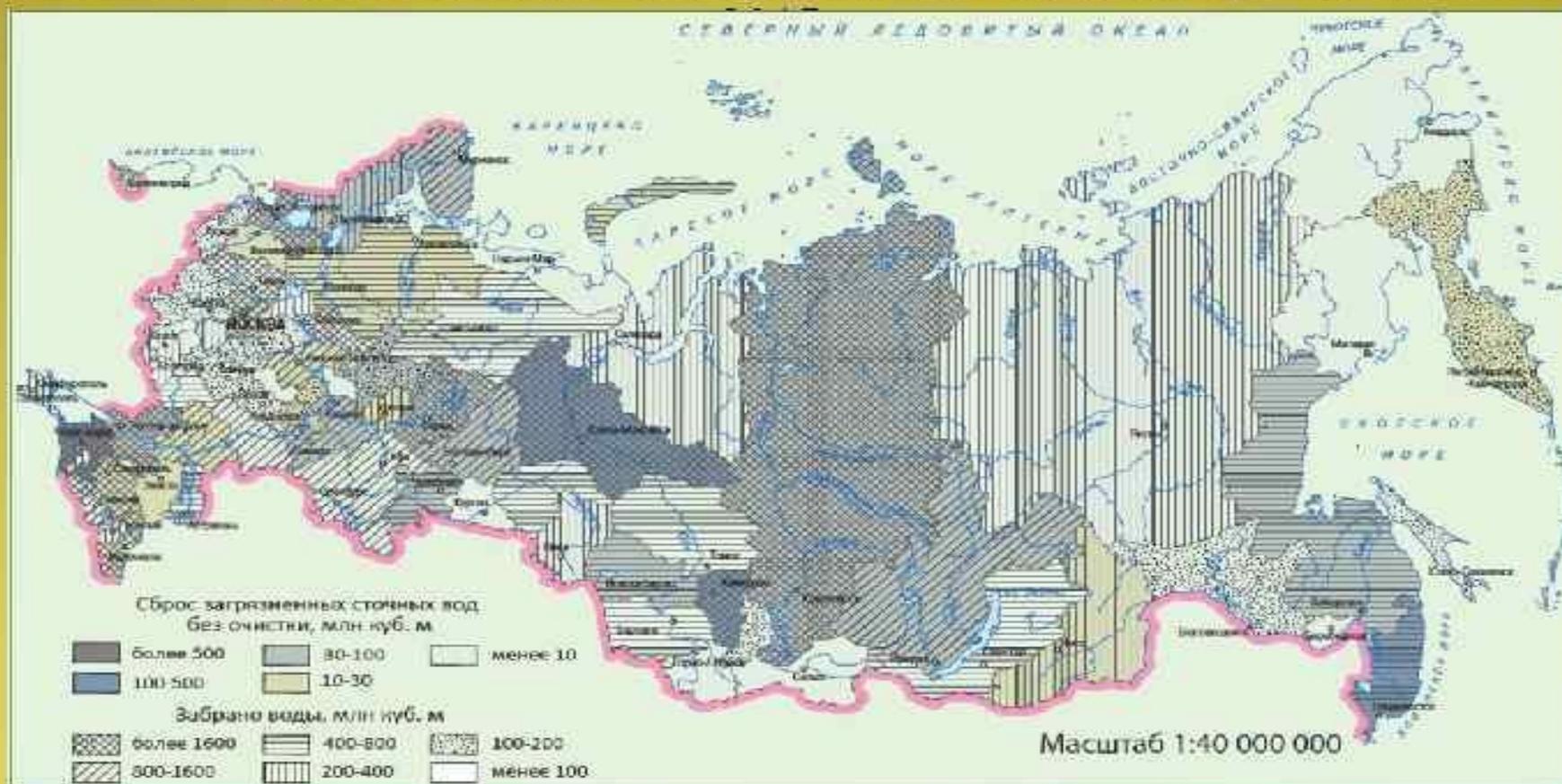


Рис. 1. Геоэкологические аспекты промышленности (1)

Выбросы, улавливание и обезвреживание загрязняющих веществ в 2015 г.



Рис. 2. Геоэкологические аспекты промышленности (2)

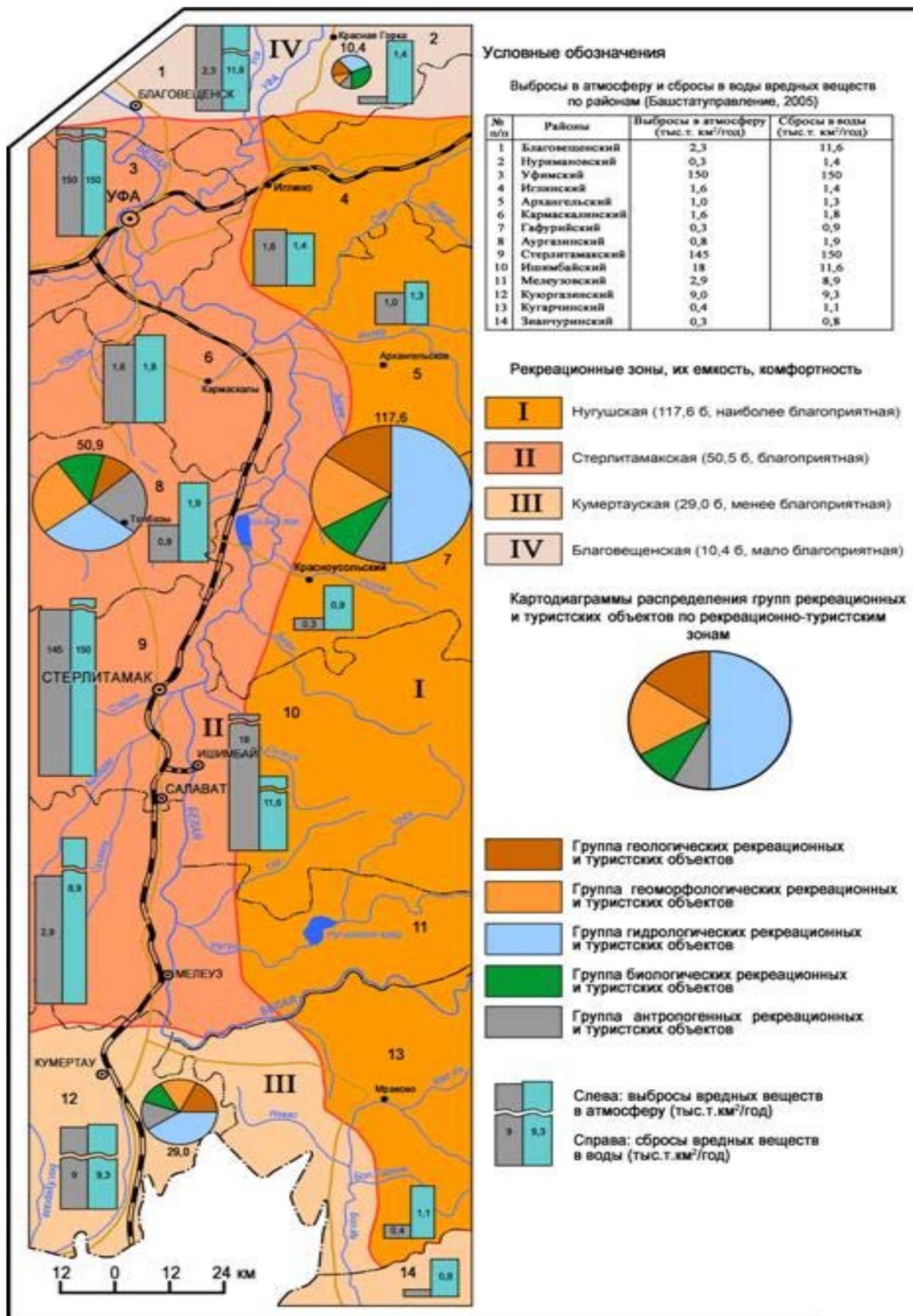


Рис. 3. Карта-схема рекреационной нагрузки территории Республики Башкортостан

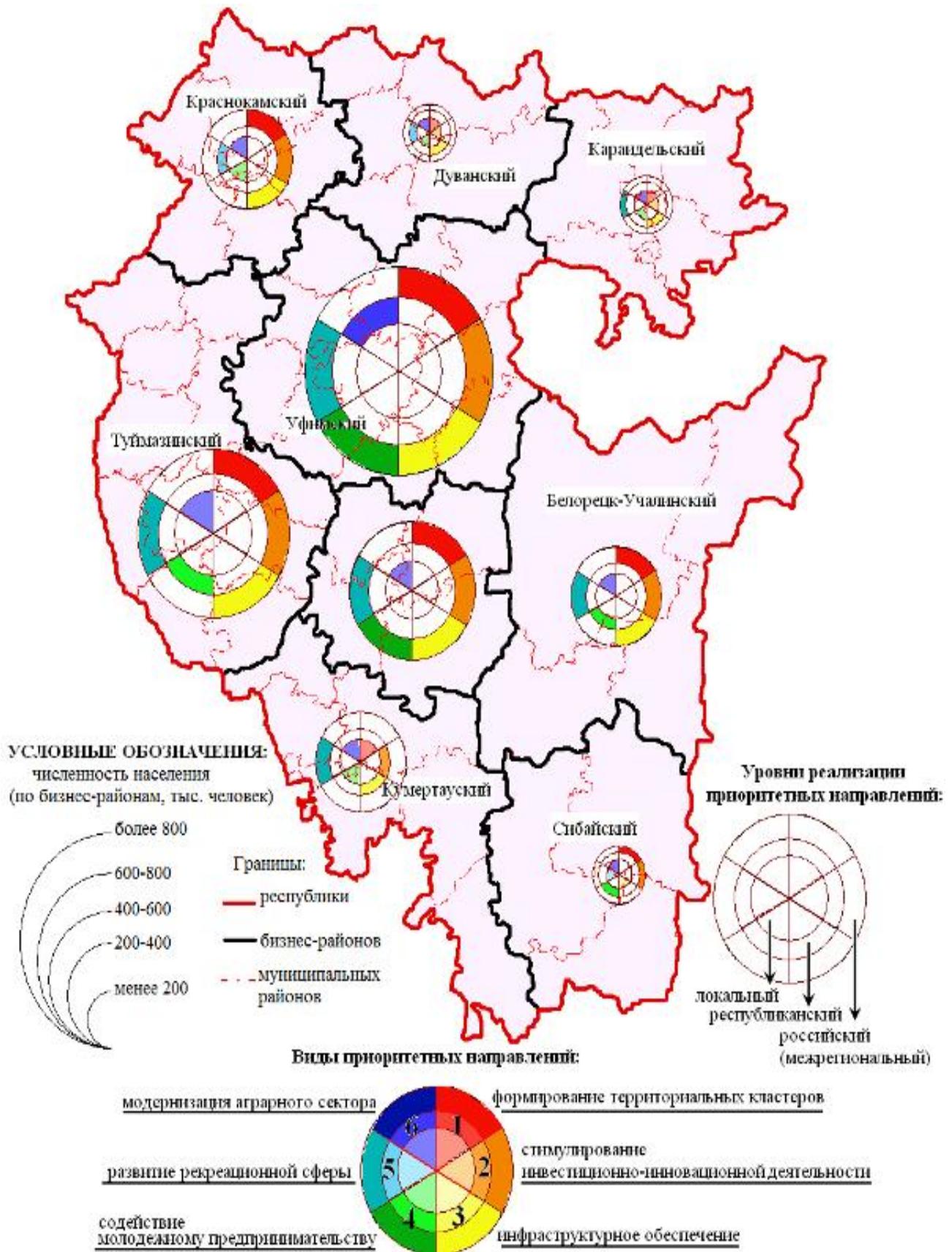


Рис. 4. Карта-схема реализации приоритетных направлений бизнес районов Республики Башкортостан по численности проживающего населения

Где в Башкирии больше всего карстовых провалов

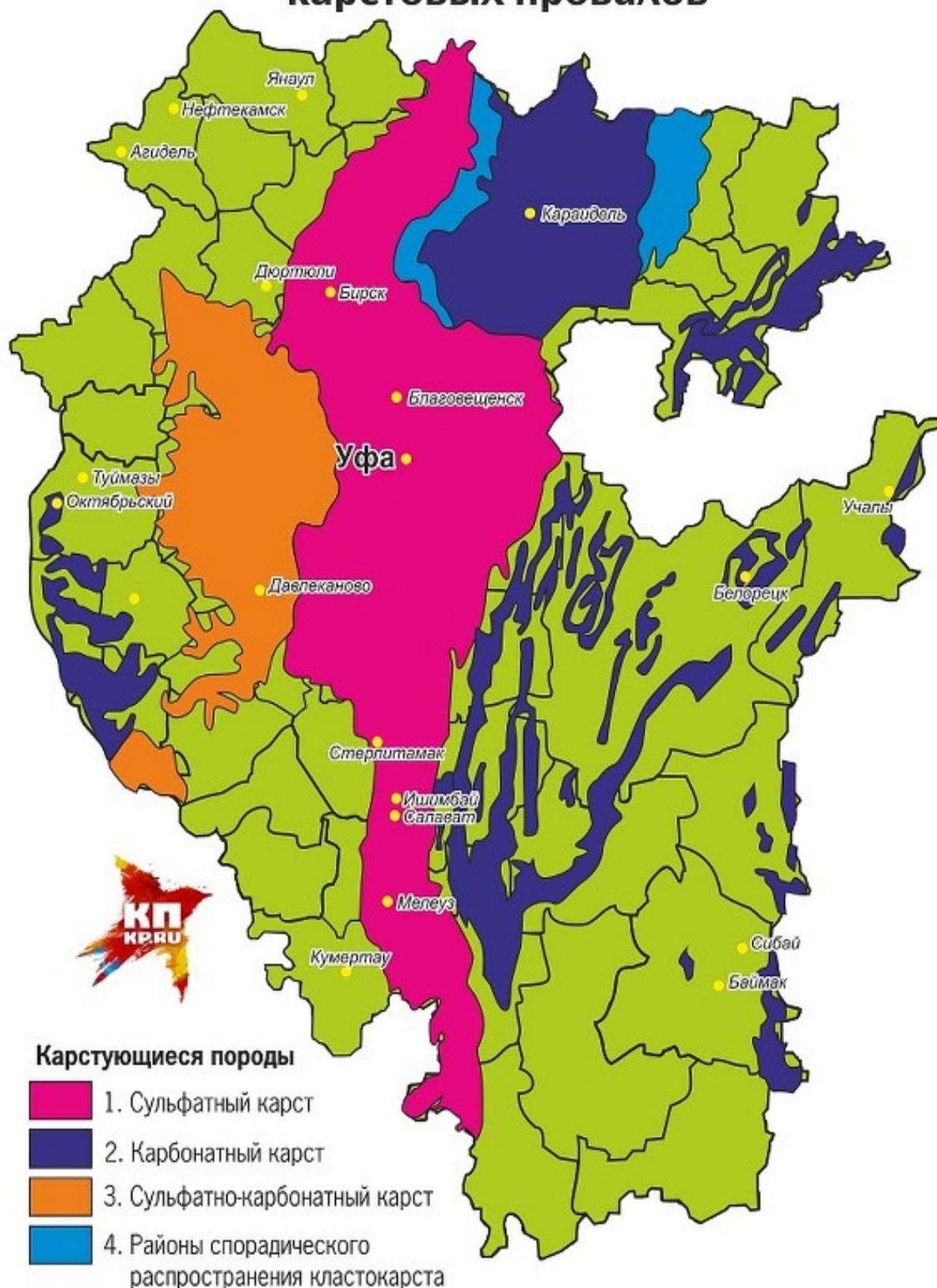


Рис. 5. Карта-схема расположения карстовых пород на территории Республики Башкортостан

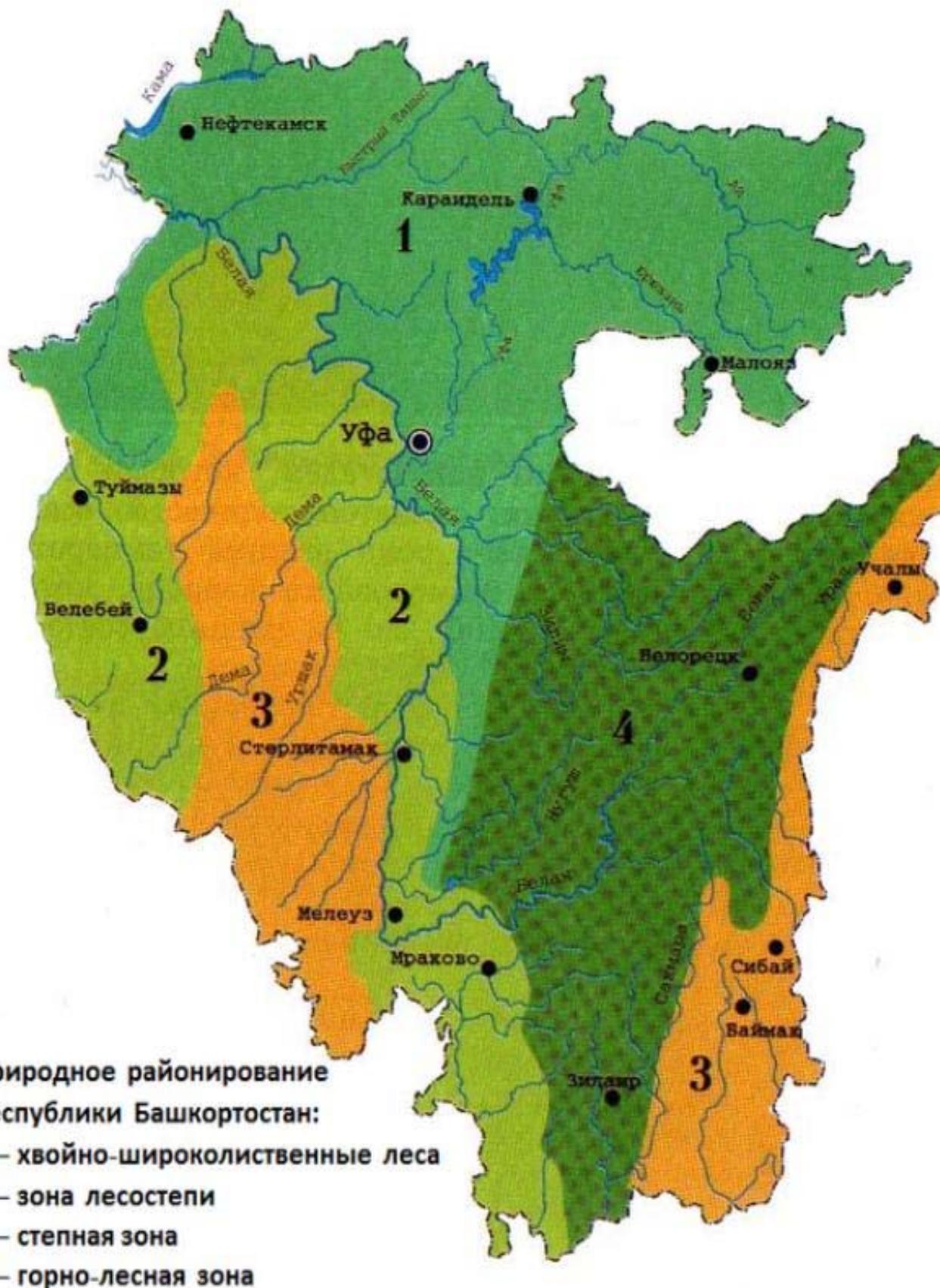


Рис. 6. Природное районирование Республики Башкортостан

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА
Масштаб 1 : 2 500 000

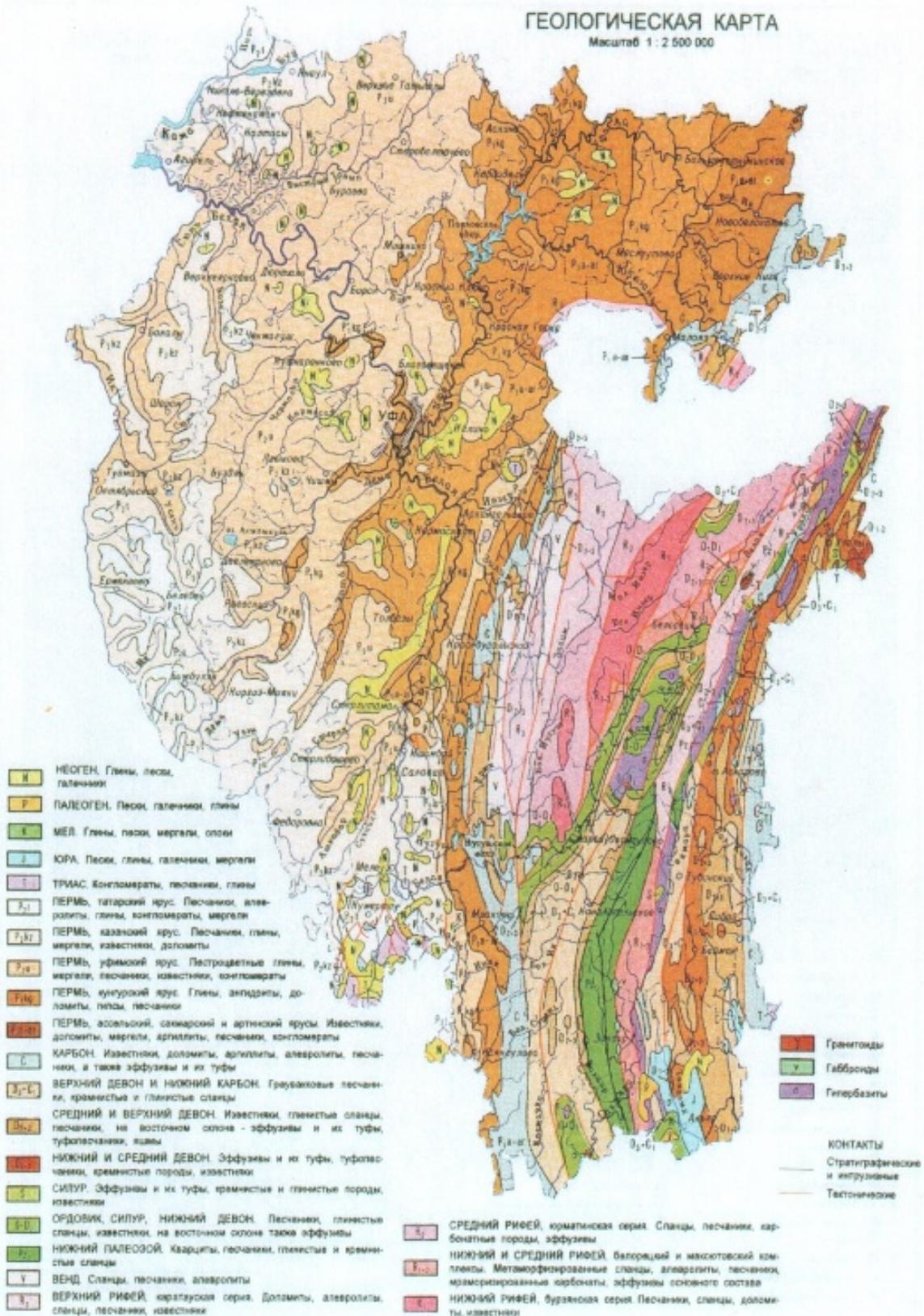


Рис. 8. Геологическая карта

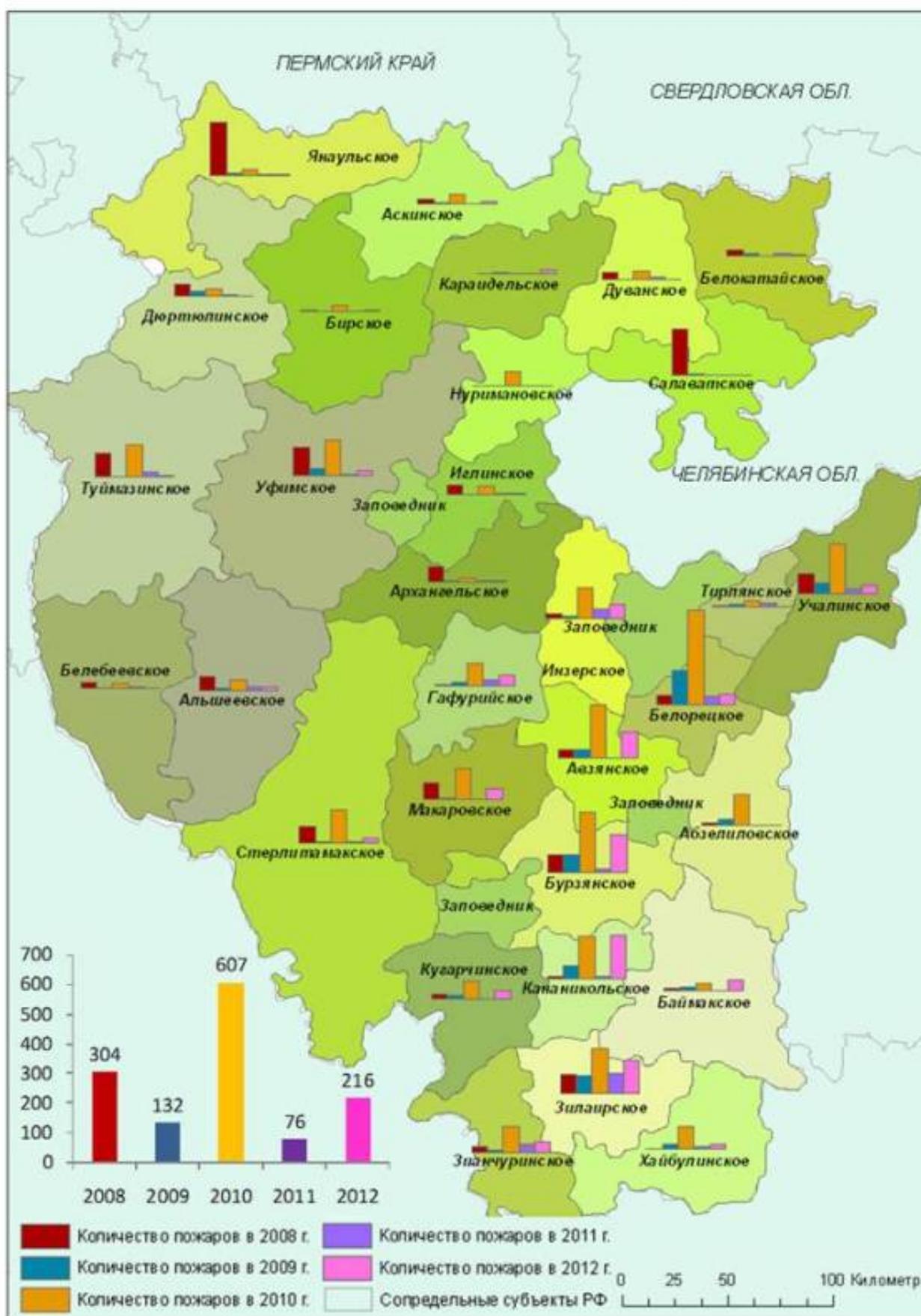


Рис. 9. Районирование территории РБ по частоте возникновения природных пожаров за период 2008–2012 гг.

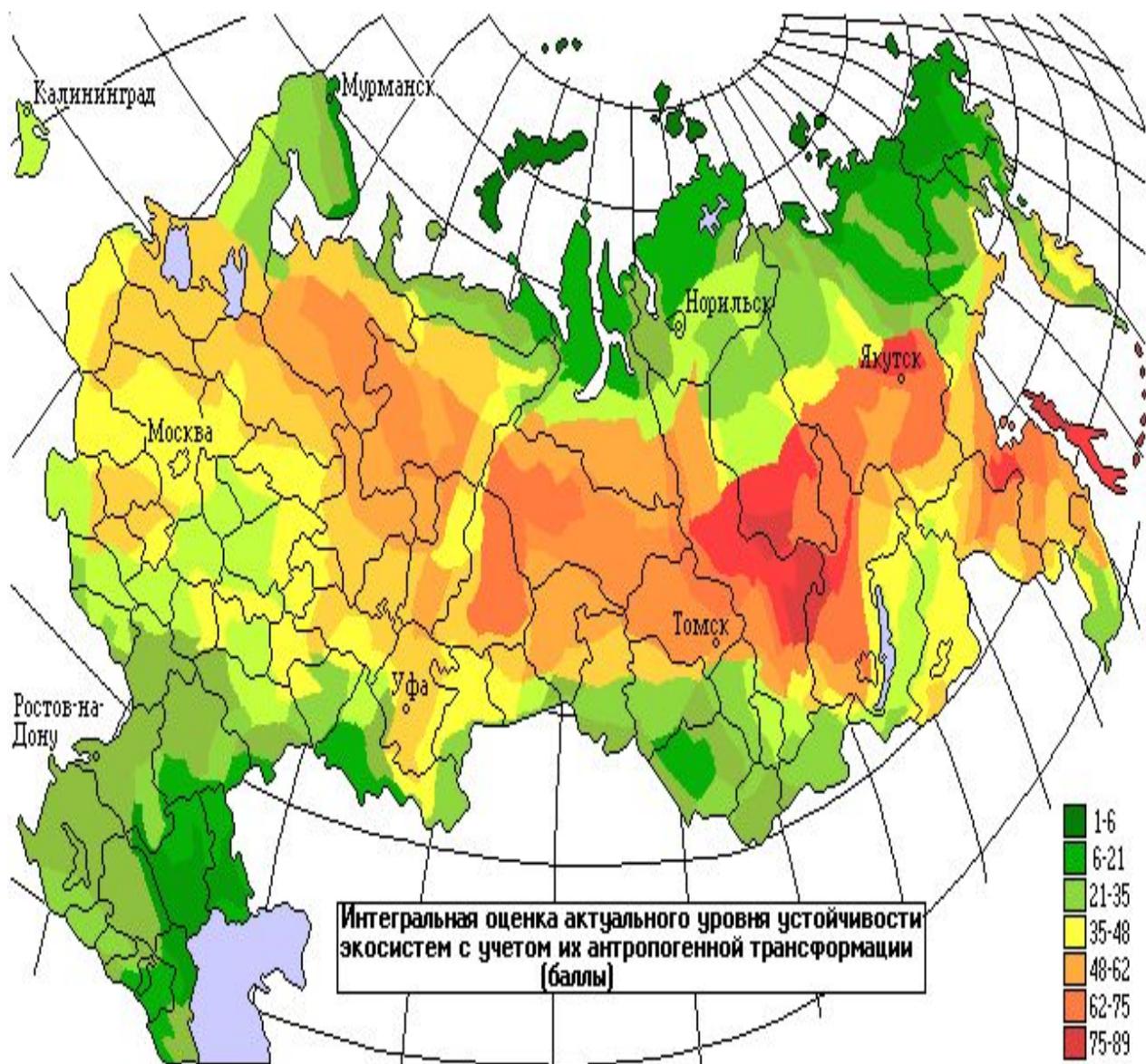


Рис. 10. Интегральная оценка актуального уровня устойчивости экосистем с учетом их антропогенной трансформации (баллы)

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Варианты заданий (к практическим работам № 1–5)

№	Параметры	Варианты					
		1	2	3	4	5	6
Структура земельных угодий территории							
1	Общая площадь, км ²	222,3	1670,8	781,4	2161,1	802,3	1726,3
2	Селитебные, транспортные и промзоны, км ²	49,6	188,8	248,5	248,5	123,6	110,5
3	Леса и насаждения, км	71,6	524,6	190,7	1004,9	273,6	944,4
4	Сельскохозяйственные земли, км ²	70,5	902,0	312,5	721,8	318,5	600,6
Население							
5	Население, тыс. чел.	342,67	55,91	159,13	157,17	124,54	106,08
6	Процент городского населения, %	95,2	48,6	77,0	65,2	70,8	73,7
7	Рождаемость, на 1000 чел.	9,4	11,1	11,8	10,5	9,8	1-1,4
8	Смертность, на 1000 чел.	10,8	13,7	11,7	12,7	11,2	15,7
9	Детская смертность, на 1000 чел.	14,9	16,0	15,9	18,8	11,1	14,0
10	Общая заболеваемость, на 1000 чел.	920	960	950	980	890	970
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. т. у.т.*	563	90	5238	616	251	257
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т	933	6897	2656	12349	3606	13855
13	Продукция фитомассы, тыс. т/год	96	880	342	1221	374	1293
14	Поглощенная радиация, ПДж/год **	577	4177	2030	5402	2085	4660
Атмосферные характеристики							
15	Биопродукция O ² , тыс. т/год	109	1000	388	1387	425	1469
16	Потребление O ² , тыс. т/год	1192	197	11360	1315	546	568
17	Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год	14,6	1,8	1507,2	38,6	3,7	6,3
Гидрологические характеристики							
18	Речной сток и проток, млн. м ³ /год	40	624	2243	1477	212	275
19	Объем поверхностных вод, км ³	0,05	0,64	1,82	1,25	0,23	0,26
20	Водозабор, млн. м ³ /год	34	19	79	37	22	22
21	Загрязненные стоки, млн. м ³ /год	1	6	39	21	15	2
Климатические характеристики							
22	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год	70	76	88	78	85	94
23	Радиационный баланс, ккал/см ² год	28	34	40	29	35	42
24	Годовое количество осадков, мм	500	630	680	650	540	570
25	Средняя скорость ветра, м/с	2,3	3,8	4,5	2,0	4,6	3,7

№	Параметры	Варианты					
		7	8	9	10	11	12
Структура земельных угодий территории							
1	Общая площадь, км ²	2000,1	954,7	1294,5	628,5	1985,2	1098,8
2	Селитебные, транспортные и промзоны, км ²	268,1	78,3	173,4	106,2	131,0	183,5
3	Леса и насаждения, км ²	870,0	103,1	639,5	52,1	823,8	287,9
4	Сельскохозяйственные земли, км ²	692,0	697,9	372,8	441,8	1015,2	536,2
Население							
5	Население, тыс. чел.	239,70	45,38	126,35	79,52	143,24	207,71
6	Процент городского населения, %	78,5	39,9	55,9	75,9	77,7	80,6
7	Рождаемость, на 1000 чел.	11,5	12,9	10,1	10,1	10,8	10,2
8	Смертность, на 1000 чел.	10,9	14,4	11,7	12,6	13,8	12,8
9	Детская смертность, на 1000 чел.	20,6	6,8	13,3	11,2	16,7	18,9
10	Общая заболеваемость, на 1000 чел.	1010	890	920	930	989	1008
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. т.у.т.*	933	79	255	3821	440	2814
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т	11868	1758	7873	941	10263	3895
13	Продукция фитомассы, тыс. т/год	1127	497	734	304	1179	553
14	Поглощенная радиация, ПДж/год **	5000	2626	3237	1695	4764	2967
Атмосферные характеристики							
15	Биопродукция O ₂ , тыс. т/год	1280	564	833	345	1339	628
16	Потребление O ₂ , тыс. т/год	2088	177	543	11920	985	6275
17	Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год	14,8	0,8	3,7	212,6	22,4	178,7
Гидрологические характеристики							
18	Речной сток и проток, млн. м ³ /год	388	4800	574	3746	715	2440
19	Объем поверхностных вод, км ³	0,38	2,73	0,62	1,84	0,57	1,22
20	Водозабор, млн. м ³ /год	55	12	28	839	40	66
21	Загрязненные стоки, млн. м ³ /год	36	6	19	16	33	1
Климатические характеристики							
22	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год	70	77	86	98	78	83
23	Радиационный баланс, ккал/см ² год	29	32	38	42	30	38
24	Годовое количество осадков, мм	600	500	700	630	550	640
25	Средняя скорость ветра, м/с	2,0	3,1	2,5	4,2	2,4	4,3

№	Параметры	Варианты					
		13	14	15	16	17	18
Структура земельных угодий территории							
1	Общая площадь, км ²	282,1	481,1	974,8	1317,2	329,8	2580,0
2	Селитебные, транспортные и промзоны, км ²	66,6	107,3	53,6	212,0	63,6	242,5
3	Леса и насаждения, км	66,0	127,5	167,7	367,5	47,2	1055,2
4	Сельскохозяйственные земли, км ²	110,3	163,4	671,9	578,2	117,1	1196,1
Население							
5	Население, тыс. чел.	142,38	129,63	18,55	65,78	357,21	73,20
6	Процент городского населения, %	82,5	46,2	48,5	62,5	97,3	47,3
7	Рождаемость, на 1000 чел.	10,2	9,7	13,9	10,6	9,5	11,1
8	Смертность, на 1000 чел.	11,0	12,7	12,7	13,1	11,6	14,2
9	Детская смертность, на 1000 чел.	13,1	14,4	11,7	21,4	10,9	12,3
10	Общая заболеваемость, на 1000 чел.	1015	925	895	945	987	928
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. т.у.т.*	275	308	70	97	6259	90
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т	854	1653	2285	5131	636	13323
13	Продукция фитомассы, тыс. т/год	107	183	422	715	98	1454
14	Поглощенная радиация, ПДж/год **	733	1250	2340	3687	858	6450
Атмосферные характеристики							
15	Биопродукция O ² , тыс. т/год	121	208	479	812	111	1652
16	Потребление O ² , тыс. т/год	607	698	157	220	19465	207
17	Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год	4,5	64,8	0,6	2,5	377,0	0,2
Гидрологические характеристики							
18	Речной сток и проток, млн. м ³ /год	1092	470	583	6008	678	1150
19	Объем поверхностных вод, км ³	0,95	0,51	0,72	3,42	0,84	1,24
20	Водозабор, млн. м ³ /год	27	19	32	17	31	13
21	Загрязненные стоки, млн. м ³ /год	2	3	2	6	17	7
Климатические характеристики							
22	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год	92	71	87	93	85	78
23	Радиационный баланс, ккал/см ² год	41	28	36	42	35	30
24	Годовое количество осадков, мм	670	500	560	710	620	570
25	Средняя скорость ветра, м/с	3,3	2,6	3,5	2,9	4,0	3,8

№	Параметры	Варианты					
		19	20	21	22	23	24
Структура земельных угодий территории							
1	Общая площадь, км ²	465,1	1906,9	928,0	1284,8	526,3	1765,2
2	Селитебные, транспортные и промзоны, км ²	126,0	358,5	280,2	328,9	44,7	323,0
3	Леса и насаждения, км	224,6	867,6	303,4	567,9	65,8	703,2
4	Сельскохозяйственные земли, км ²	91,6	675,0	282,1	370,0	399,5	524,3
Население							
5	Население, тыс. чел.	330,30	172,13	243,97	276,92	40,24	269,05
6	Процент городского населения, %	91,3	60,8	83,6	66,9	70,6	78,0
7	Рождаемость, на 1000 чел.	8,9	10,6	10,7	9,0	11,9	11,1
8	Смертность, на 1000 чел.	11,3	11,8	12,8	10,5	15,2	14,2
9	Детская смертность, на 1000 чел.	12,5	14,2	17,2	9,0	14,7	15,1
10	Общая заболеваемость, на 1000 чел.	994	972	1012	903	930	968
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. т.у.т.*	1390	378	1055	433	79	543
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т	2725	10967	3849	7194	1038	10346
13	Продукция фитомассы, тыс. т/год	210	1107	409	630	230	941
14	Поглощенная радиация, ПДж/год **	1206	4958	2320	3341	1420	4589
Атмосферные характеристики							
15	Биопродукция O ² , тыс. т/год	238	1258	465	738	261	1069
16	Потребление O ² , тыс. т/год	3170	844	2315	933	179	1284
17	Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год	56,3	11,9	74,8	7,0	1,2	13,9
Гидрологические характеристики							
18	Речной сток и проток, млн. м ³ /год	544	1025	1209	1573	6182	515
19	Объем поверхностных вод, км ³	0,56	0,92	1,12	1,58	3,67	0,68
20	Водозабор, млн. м ³ /год	44	30	119	54	16	64
21	Загрязненные стоки, млн. м ³ /год	20	17	58	15	2	56
Климатические характеристики							
22	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год	83	92	71	86	92	96
23	Радиационный баланс, ккал/см ² год	37	40	31	38	40	42
24	Годовое количество осадков, мм	660	610	580	570	700	600
25	Средняя скорость ветра, м/с	4,3	3,8	2,6	3,6	2,9	4,1

№	Параметры	Варианты					
		25	26	27	28	29	30
Структура земельных угодий территории							
1	Общая площадь, км ²	572,7	1071,7	612,3	1322,8	1558,9	875,9
2	Селитебные, транспортные и промзоны, км ²	84,7	149,0	192,3	257,9	205,8	99,8
3	Леса и насаждения, км	283,5	516,5	237,0	425,9	689,0	54,3
4	Сельскохозяйственные земли, км ²	183,3	366,1	137,1	572,8	628,5	682,3
Население							
5	Население, тыс. чел.	111,35	401,65	251,73	242,39	68,77	24,91
6	Процент городского населения, %	85,2	84,3	87,4	60,0	57,1	36,5
7	Рождаемость, на 1000 чел.	10,8	10,0	9,3	10,6	10,6	12,8
8	Смертность, на 1000 чел.	13,9	11,7	12,1	12,8	13,0	13,3
9	Детская смертность, на 1000 чел.	18,7	16,4	15,4	18,7	11,0	18,7
10	Общая заболеваемость, на 1000 чел.	987	964	995	973	930	908
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. т.у.т.*	906	2574	394	385	169	35
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое в-во), тыс. т	3553	6607	2895	5646	8558	1111
13	Продукция фитомассы, тыс. т/год	336	656	267	699	871	463
14	Поглощенная радиация, ПДж/год **	1432	2787	1530	3440	3897	2453
Атмосферные характеристики							
15	Биопродукция O ₂ , тыс. т/год	382	745	303	794	989	526
16	Потребление O ₂ , тыс. т/год	1984	5868	900	868	370	129
17	Выбросы аэрополлютантов, тыс. т/год	10,8	124,4	5,5	15,6	4,6	0,8
Гидрологические характеристики							
18	Речной сток и проток, млн. м ³ /год	673	448	590	926	980	500
19	Объем поверхностных вод, км ³	0,72	0,46	0,65	0,89	0,96	0,58
20	Водозабор, млн. м ³ /год	30	88	41	77	12	21
21	Загрязненные стоки, млн. м ³ /год	45	67	8	29	3	2
Климатические характеристики							
22	Суммарная солнечная радиация, ккал/см ² год	77	94	88	84	74	86
23	Радиационный баланс, ккал/см ² год	28	40	35	32	27	34
24	Годовое количество осадков, мм	580	650	610	560	500	630
25	Средняя скорость ветра, м/с	3,8	3,5	2,8	3,7	2,3	3,8

* т.у.т. – тонна условного топлива, соответствующая примерно количеству тепла, выделяемого при сгорании одной тонны высококачественного каменного угля, 1 т.у.т. = 29,3 • 10⁹ Дж.

** 1 ПДж = 10¹⁵ Дж.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Варианты для выполнения расчетов (к практической работе № 5)

Вариант	Площадь, S , га	K_1	Θ , м ³ /сут·га	E , м ³ /сут	L , %	B , км	K_3	K_4	Π
1	305 086	0,05	0,10	4 300 000			0,20	0,25	
2	283 948	0,04	0,08	3 600 000			0,50	0,25	1000
3	180 375	0,06	0,09	4 100 000			0,31	0,25	
4	250 917	0,05	0,09	3 200 000			0,30	0,25	1500
5	204 725	0,04	0,10	4 200 000			0,41	0,25	
6	344 314	0,03	0,08	4 000 000			0,29	0,30	2000
7	195 674	0,05	0,09	3 000 000			0,25	0,30	
8	281 577	0,04	0,07	3 500 000			0,16	0,30	
9	216 650	0,06	0,07	3 600 000			0,55	0,30	
10	437 836	0,03	0,07	4 400 000			0,47	0,30	
11	178 590	0,05	0,10	4 000 000			0,50	0,25	
12	187 082	0,05	0,10	3 800 000			0,58	0,25	
13	97 011	0,05	0,09	3 000 000			0,60	0,20	
14	255 724	0,03	0,08	3 100 000			0,40	0,20	1250
15	203 278	0,04	0,07	3 100 000			0,56	0,20	1500
16	149 562	0,05	0,07	2 900 000			0,66	0,20	1000
17	187 434	0,04	0,08	2 800 000			0,25	0,30	
18	163 299	0,04	0,09	2 800 000			0,26	0,30	
19	187 136	0,04	0,10	2 700 000			0,46	0,20	
20	265 937	0,05	0,10	2 700 000			0,36	0,20	
21	118 010	0,05	0,10	2 900 000			0,65	0,20	1100
22	261 184	0,03	0,09	3 000 000			0,16	0,30	
23	267 502	0,03	0,08	3 000 000			0,39	0,25	
24	321 610	0,03	0,09	4 300 000			0,28	0,25	
25	238 507	0,03	0,09	4 200 000			0,17	0,30	1000

Экосистемные и геосистемные законы

Общеизвестно, что природа действует в согласии со своими законами, а человек – в соответствии со своими представлениями о законе. Практически все неудачи и катастрофы в истории взаимоотношений человека и природы связаны с игнорированием общегеографических, биогеографических, экосистемных законов и незнанием законов, правил и принципов природопользования.

Это произошло потому, что закономерности развития и формирования географической оболочки и биосферы, выявленные естественными науками, не были положены в основу практики природопользования. Все последствия хозяйственной деятельности в природной среде развиваются по природным законам и могут быть устранены и оптимизированы только на основе использования общих закономерностей функционирования ландшафтов и экосистем.

1. Периодический закон географической зональности

Важнейшее значение для анализа строения географической оболочки имеет периодический закон географической зональности, который, развивая учение о природных зонах В. В. Докучаева, свидетельствует о том, что *со сменой физико-географических поясов Земли аналогичные ландшафтные зоны и некоторые общие свойства повторяются.*

Периодическое повторение свойств в рядах систем одного уровня – это общий закон мироздания. Он распространяется не только на геосистемы (ландшафты), но и на экосистемы и биоценозы. Каждая природная система, независимо от того, кто ее изучает, характеризуется определенными взаимоотношениями энергии, вещества и информации внутри этих систем, формирующих их динамические качества.

2. Закон внутреннего динамического равновесия

Обобщая эти взаимоотношения, Н. Ф. Реймерс (1975) вывел закон внутреннего динамического равновесия, а затем установил вытекающие из него четыре основных следствия.

Закон сформулирован так: вещество, энергия, информация и динамические качества отдельных природных систем и их иерархии взаимосвязаны настолько, что любое изменение одного из этих показателей вызывает сопутствующие функционально-структурные количественные и качественные перемены, сохраняющие общую сумму вещественно-энергетических, информационных и динамических качеств систем, где эти изменения происходят, или в их иерархии.

Справедливость закона внутреннего динамического равновесия доказывается всей практикой ведения хозяйства и особенно характером региональных экологических катастроф типа приаральской, волжско-каспийской или пыльных бурь в земледельческих зонах Канады и США в 30-х гг. XX в., России – в 60-х. Этот закон – одна из путеводных нитей в управлении природопользованием.

Следствия:

1. Любое изменение среды (вещества, энергии, информации, динамических качеств экосистем) неизбежно приводит к развитию природных цепных реакций, идущих в сторону нейтрализации произведенного изменения или формирования новых природных систем, образование которых при значительных изменениях среды может принять необратимый характер. Это следствие согласуется с **принципом Ле-Шателье-Брауна**: *при внешнем воздействии, выводящем систему из состояния устойчивого равновесия, последнее смещается в том направлении, при котором эффект воздействия ослабляется.*

На основе этого можно сделать вывод: поскольку биосфера имеет лишь одно устойчивое состояние, единственный способ восстановить действие принципа Ле-Шателье-Брауна – сократить площади антропогенно измененных земель.

2. Взаимодействие вещественно-энергетических экологических компонентов (энергии, газов, жидкостей, субстратов, организмов-продуцентов, консументов и редуцентов), информации и динамических качеств природных систем количественно нелинейно, т.е. слабое воздействие или изменение одного из показателей может вызвать сильные отклонения в других (и во всей системе в целом). Например, малое отклонение в составе газов атмосферы, ее загрязнение окислами серы и азота вызывают огромные изменения в экосистемах.

3. Производимые в крупных экосистемах изменения относительно необратимы: проходя по их иерархии снизу-вверх – от места воздействия до биосферы в целом, – они меняют глобальные процессы и тем самым переводят их на новый эволюционный уровень. Это следствие свидетельствует о том, что развитие однонаправленно, т. к. действует закон вектора развития. Нельзя прожить наоборот – от смерти к рождению, от старости к юности, нельзя повернуть историю вспять, остановить эволюционный процесс планеты. Эта невозвратность сформулирована в виде закона необратимости эволюции Л. Долло для живого: организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков.

4. Любое местное преобразование природы вызывает в глобальной совокупности биосферы и в ее крупнейших подразделениях ответные реакции, приводящие к относительной неизменности эколого-экономического потенциала (так называемое правило «тришкиного кафтана»), увеличение которого возможно лишь путем значительного возрастания энергетических вложений.

Какое заключение можно сделать из этого закона и его следствий? Пока изменения среды слабы и произведены на относительно небольшой площади, они или ограничиваются конкретным местом, или «гаснут» в цепи иерархии экосистем. Но как только перемены достигают существенных значений для крупных экосистем (например, в масштабах больших речных бассейнов), они приводят к существенным сдвигам в этих обширных природных образованиях,

а через них – и во всей биосфере в целом. Иногда возникает даже ситуация «чем больше пустынь мы превратим в цветущие сады, тем больше цветущих садов мы превратим в пустыни». При этом в силу нелинейности процессов (следствие 2) опустынивание по темпам значительно опережает создание «цветущих садов», поскольку базируется на нарушении компонентного равновесия в экосистемах.

3. Закон развития природной системы за счет окружающей ее среды

Ценные выводы для практики природопользования можно сделать из закона развития природной системы за счет окружающей ее среды, который гласит: *любая природная система может развиваться только за счет использования материально-энергетических и информационных возможностей окружающей ее среды; абсолютно изолированное саморазвитие невозможно.* Закон есть следствие из начал термодинамики. Он имеет важное теоретическое и практическое значение благодаря основным своим *следствиям*.

1. Абсолютно безотходное производство невозможно (оно равнозначно созданию «вечного двигателя»). Это означает, что мы можем рассчитывать лишь на малоотходное производство. Поэтому первым этапом развития технологий должна быть их малая ресурсоемкость (как на входе, так и на выходе – экономичность и незначительные выбросы). Второй этап – создание цикличности производства (т. е. отходы одних могут быть сырьем для других). Третий этап – организация разумного депонирования (захоронения) неминуемых остатков и нейтрализации неустраняемых энергетических отходов. Все три этапа могут быть одновременными. Представление, будто биосфера работает по принципу безотходности, ошибочно (!), так как в ней всегда накапливаются выбывающие из биологического круговорота вещества, формирующие осадочные породы.

2. Любая более высокоорганизованная биотическая система (например, вид живого), используя и видоизменяя среду жизни, представляет потенциальную угрозу для более низкоорганизованных систем. Кстати, благодаря этому в земной биосфере невозможно повторное зарождение жизни – она будет уничтожена существующими организмами. Согласно этому следствию, воздействие человека на природу требует мероприятий по нейтрализации антропогенных воздействий, поскольку они могут оказаться разрушающими для остальной природы, а также угрожать самому человеку. В связи с этим охрана природы – одна из обязательных составляющих социально-экономического развития высокоразвитого общества.

3. Биосфера Земли (как система Земли) развивается не только за счет ресурсов планеты, но опосредствованно и за счет и под управляющим воздействием космических систем (прежде всего Солнечной). Это следствие закона имеет особое значение для долгосрочного прогнозирования.

Кроме законов внутреннего динамического равновесия и развития природной системы (за счет окружающей ее среды) в биосфере и экосистемах функционируют десятки других законов и закономерностей, которые в конечном счете обуславливают законы системы «человек – природа».

4. Закон незаменимости биосферы

Неизбежность платежей подчеркивается также законом незаменимости биосферы. Поэтому сокращение естественной биоты в объеме, превышающем пороговое значение, лишает устойчивости окружающую среду, которая не может быть восстановлена за счет создания очистных сооружений и перехода к безотходному производству. Биосфера представляет собой единственную систему, обеспечивающую устойчивость среды обитания при любых возникающих возмущениях. Необходимо сохранить естественную природу на большей части поверхности земли, а не в генных банках и ничтожных по своей площади резерватах, заповедниках и зоопарках.

Незаменимая биосфера до поры до времени работала в рамках принципа Ле-Шателье-Брауна, который проявляется в том, что биосфера стремится к восстановлению экологического равновесия тем сильнее, чем больше давление на нее. На определенной стадии взаимодействия человека с биосферой возобновимые природные ресурсы делаются невозобновимыми. Происходит глубокое изменение среды, значительная переэксплуатация, доходящая до полного уничтожения или крайнего истощения. Такова фаза развития в наши дни. Современная цивилизация и культура не обеспечивают стабильных условий существования жизни на Земле, в частности человека.

5. Правило меры преобразования природных систем

В связи с этим человек должен придерживаться правила меры преобразования природных систем: в ходе эксплуатации природных систем нельзя переходить некоторые пределы, позволяющие этим системам сохранять свойства самоподдержания (самоорганизации и саморегуляции). Эти свойства природных систем поддерживаются двумя механизмами – соотношением экологических компонентов внутри системы и взаимодействием пространственно выраженных подсистем, систем того же уровня и надсистем в их иерархии. Например, черноземы, возникшие в результате биогенотического процесса в луговых степях, после их распашки зонально поддерживаются, но постепенно деградируют, сохраняя при этом тенденцию к восстановлению лишь при создании естественных условий их образования. Из правила меры преобразования природных систем можно сделать ряд важных **выводов**.

1. Единица (возобновимого) ресурса может быть получена лишь в некоторый отрезок времени, определяемый скоростью функционирования системы. В этот период нельзя переходить рубежи ограничений, диктуемых всеми теоремами экологии.

2. Перешагнуть через фазу последовательного развития природной системы с участием живого, как правило, невозможно (закон последовательности прохождения фаз развития).

3. Проведение хозяйственных мероприятий рационально лишь в рамках некоторых оптимальных размеров, выход за которые в меньшую или большую стороны снижают их эффективность. Размер системы должен соответствовать выполняемым ею функциям. Обычно такой размер называют **характерным**

размером системы. Например, определенная система земледелия может эффективно действовать только в определенных природных границах, выходя за которые она превращается в антисистему.

4. Преобразовательная деятельность не должна выводить природные системы из состояния равновесия путем избытка какого-то из средообразующих компонентов, требуется компенсация в виде непреобразованных систем (например, оптимальной лесистости, особо охраняемых территорий как экологического противовеса антропогенным ландшафтам и т. д.).

5. Преобразование природы (если оно невосстановительное, «мягкое») дает локальный или региональный выигрыш за счет ухудшения каких-то показателей в смежных местностях или в биосфере в целом (это также следствие закона внутреннего динамического равновесия и закона бумеранга).

Законы природопользования

1. Закон ограниченности природных ресурсов

Долгие годы в отечественной природоохранной и экономико-географической литературе было широко распространено деление природных ресурсов на возобновляемые и невозобновляемые, исчерпаемые и неисчерпаемые. Возобновимые ресурсы ограничены условиями их образования, а так называемые неисчерпаемые, или неистощимые, ресурсы в любом случае конечны, так как на ограниченной целой Земле не может быть ничего бесконечного. В связи с этим следует признать, что на Земле действует закон ограниченности (исчерпаемости) природных ресурсов, утверждающий, что *все природные ресурсы (и естественные условия) Земли конечны*. Эта ограниченность возникает либо в силу прямой исчерпаемости, либо в результате возмущения среды обитания.

2. Закон соответствия между развитием производительных сил и природно-ресурсным потенциалом

Ограниченность природных ресурсов на разных этапах развития человечества в историческом процессе влияла на производительные силы общества, а через них – на социальные отношения. На всех этапах развития общества действовал закон соответствия между развитием производительных сил и природно-ресурсным потенциалом общественного прогресса.

Природно-ресурсный потенциал – производительные силы – производственные отношения.

Когда это соответствие нарушалось, в динамической системе возникали кризисные ситуации, связанные с неминуемым изъятием вещества и изменением физических и химических характеристик природы в ходе собственного развития.

Этапы изменения природы человеком

Выделяются несколько этапов изменения природы человечеством, оканчивавшихся экологическими кризисами и сопутствующими им экологическими революциями.

1. Воздействие людей на биосферу лишь как обычных биологических видов.
2. Сверх интенсивная охота без резкого изменения экосистемы.
3. Изменение экосистем через пастьбу скота, ускорение роста трав путем их выжигания.
4. Усиление влияния на природу, влекущее за собой коренное преобразование части экосистем (посредством распашки земель, широкой вырубki лесов и т. п.).
5. Глобальное изменение всех экологических компонентов биосферы в целом в связи с неограниченной интенсификацией хозяйства (началось 300 лет назад и достигло наибольшей остроты в конце XX в.).

Экологический кризис и экологическая революция

Каждый подобный этап заканчивается обычно экологическим кризисом, которому сопутствует экологическая революция. *Экологический кризис* – напряженное состояние взаимоотношений между человечеством и природой. При этом наблюдается несоответствие между производительными силами, производственными отношениями и ресурсно-экологическими возможностями биосферы.

Данный кризис характеризуется не просто и не столько усилением воздействия человека на природу, но и резким увеличением влияния измененной людьми природы на общественное развитие.

От экологического кризиса следует отличать *экологическую катастрофу*. Кризис – обратимое состояние, здесь человек еще активен, катастрофа – необратимое явление, человек пассивно страдает.

В более широком значении экологический кризис следует понимать как фазу развития биосферы, в которой происходит качественное обновление живого вещества.

Ответная реакция человечества на кризисное состояние системы «человек – биосфера» называется *экологической революцией*. Она обычно охватывает все стороны хозяйства и приводит к изменению взглядов людей на природу, ее эксплуатацию.

В предыстории и истории человечества выделяют следующие экологические кризисы и экологические революции.

Экологические кризисы	Экологические революции
1. Изменения среды обитания живых существ, вызвавших возникновение прямоходящих антропоидов – предков человека (прибл. 3 млн лет назад)	

Экологические кризисы	Экологические революции
2. Кризис относительного обеднения доступных примитивному человеку ресурсов промысла и собирательства (прибл. 35–50 тыс. лет назад)	Стихийные биотехнические мероприятия типа выжигания раст-ти для лучшего и более раннего роста и организация массовых охот
3. Первый антропогенный экологический кризис – массовое уничтожение (перепромысел) крупных животных (кризис консументов; приблизительно 10–15 тыс. лет назад)	Сельскохозяйственная революция, приведшая к развитию орошаемого земледелия и скотоводства
4. Кризис примитивного поливного земледелия в результате засоления почв (прибл. 2–3 тыс. лет назад)	Развитие богарного земледелия, кочевничества
5. Второй антропогенный экологический кризис массового уничтожения и нехватки растительных ресурсов, кризис продуцентов, сведение лесов (приблизительно 150–350 лет назад)	Промышленная революция, переросшая в современную НТР
6. Современный глобальный экологический кризис редуцентов (загрязнение) и нехватки минерального сырья. Резкое нарушение экологического равновесия	Изменение в НТР: замыкание производственных циклов, максимальная экономия энергии, миниатюризация технических объектов, экологическое планирование

3. Правило интегрального ресурса

В связи с тем, что природопользование разделено по ведомствам, существует и действует правило интегрального ресурса. Оно гласит: *конкурирующие в сфере использования конкретных природных систем отрасли хозяйства неминуемо наносят ущерб друг другу тем сильнее, чем значительнее они изменяют совместно эксплуатируемый экологический компонент или всю экосистему в целом.* Это правило – еще одно прикладное следствие закона внутреннего динамического равновесия. Например, в водном хозяйстве гидроэнергетика, транспорт, коммунальное хозяйство, орошаемое земледелие и рыбное хозяйство взаимно снижают возможности развития.

4. Закон падения природно-ресурсного потенциала

Анализ динамического взаимодействия природно-ресурсного потенциала, производительных сил и производственных отношений свидетельствует о том, что на разных этапах истории человечества действует закон падения природно-ресурсного потенциала. Он формулируется так: *в рамках одной общественно-экономической формации, одного 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.*

5. Закон снижения энергетической эффективности природопользования

В рамках названного выше закона действует закон снижения энергетической эффективности природопользования. Его очевидность обнаруживается в том, что *с ходом исторического времени при получении из природных систем полезной продукции на ее единицу затраты энергии постоянно увеличиваются, а энергетические расходы на жизнь одного человека возрастают.*

Расход энергии (ккал/сут) на одного человека был в каменном веке порядка 4 тыс., в аграрном обществе – 12 тыс., в индустриальную эпоху – 70 тыс., а в передовых развитых странах настоящего времени 230–250 тыс., т. е. в 60 раз больше, чем у наших далеких предков.

С начала XX в. количество энергии, затрачиваемое на единицу сельскохозяйственной и промышленной продукции в развитых странах мира, возросло более чем в 10 раз. И лишь в начале 80-х гг. XX в. удельные затраты на производство единицы валового национального продукта в ходе решительных мер по ее экономии стали сокращаться.

Совершенно очевидно, что рост энергетических затрат не может продолжаться бесконечно. Значит, можно рассчитать вероятный момент неизбежного перехода на новые технологии промышленного и сельскохозяйственного производства, избежав тем самым термодинамического (теплового) кризиса и ослабив ход современного экологического кризиса.

6. Правило цепных реакций «жесткого» управления природой

Но кризис усиливается и за счет коренных преобразований природных систем с помощью технических устройств. Это происходит в результате нарушения правила меры преобразования природных систем, неограниченное техногенное воздействие вызывает к жизни правило (неизбежных) цепных реакций «жесткого» управления природой.

Суть закона: *«жесткое» (обычно техническое) управление природными процессами чревато природными реакциями, значительная часть которых оказывается экологически, социально и экономически неприемлемой в длительном интервале времени.*

Техногенные изменения вызывают действие закона внутреннего динамического равновесия и значительное увеличение энергетических затрат согласно закону снижения энергетической эффективности природопользования. Это связано с тем, что энергоемкие природные процессы заменяются техногенными.

7. Принцип естественности

Помимо природных цепных реакций «жесткое» техногенное управление вызывает к жизни действие принципа естественности, или правила старого автомобиля. *Самовозобновляющиеся и саморазвивающиеся природные системы представляют из себя «вечный двигатель», не требующий экономических вложений до тех пор, пока степень давления на них не превышает их возможностей к восстановлению.* Суть правила старого автомобиля сводится к

тому, что со временем эколого-социально-экономическая эффективность технического устройства, обеспечивающего «жесткое» управление природными системами и процессами, снижается, а экономические расходы на его поддержание возрастают.

Прекрасной иллюстрацией действия естественных и антропогенных систем служит сравнение *сенокосных угодий*, практически ежегодно «орошаемых бесплатно» во время разлива весенних вод в поймах рек или лиманах, и *кормовых угодий*, создаваемых с помощью дорогостоящих ирригационных технических комплексов в той же пойме реки, лишенной весеннего половодья. Устаревшее техническое устройство требует больших затрат на реконструкцию, а затем и вообще становится ненужным.

8. Правило «мягкого» управления природой

Таким образом, очевиден вывод, что *«мягкое» управление природными процессами – системное направление их в необходимое русло с учетом законов природы – в итоге эффективнее грубых техногенных вмешательств*. В этом суть правила «мягкого» управления природой, которое способно вызывать желательные цепные реакции, и поэтому социально-экономически предпочтительнее «жесткого». «Мягкое» управление основано на восстановлении бывшей естественной продуктивности экосистем.

На таком принципе основаны биологизированные методы ведения сельского хозяйства (например, с минимальной обработкой почвы и оставлением стерни) и наиболее прогрессивные методы ведения лесного хозяйства. В сельскохозяйственном природопользовании действуют специфические законы, знание которых совершенно необходимо при перспективном освоении новой территории.

9. Закон убывающего естественного плодородия

Суть закона убывающего естественного плодородия заключается в следующем: *в связи с постоянным изъятием урожая и нарушением естественных процессов почвообразования, а также при длительной монокультуре в результате накопления токсичных веществ, выделяемых растениями, на культивируемых землях постепенно происходит снижение естественного плодородия почв – почвоутомление*.

Почва теряет свои свойства из-за антропогенного нарушения или полного разрушения естественных биогеоценозов, а также из-за снижения урожайности при монокультуре. Несмотря на внесение удобрений и сохранение их хороших физических свойств, почва снижает свое плодородие, т. к. в ней накапливаются фитопатогенные микроорганизмы или беспозвоночные животные-вредители.

10. Закон сукцессионного замедления

Важное значение для познания перспектив землепользования имеет закон сукцессионного замедления. Он гласит: *процессы, идущие в зрелых равновесных системах, которые находятся в устойчивом состоянии, как правило, имеют тенденцию к замедлению*.

Отсюда вытекает бесперспективность попыток «торопить» природу при хозяйственных мероприятиях без выведения ее систем из равновесного состояния или создавать какие-то особые условия для проведения

хозяйственных акций. Например, акклиматизация нового вида дает эффект на начальной фазе, но затем популяционный взрыв угасает, происходит саморегуляция на уровне экосистемы. Любой вид мелиорации сокращается (к примеру, при орошении вследствие засоления).

Принципы и законы охраны географической среды

На основе знаний аксиом и теорем экологии, законов и правил природопользования и исторического опыта в последние десятилетия разработаны законы и принципы охраны природы.

1. Закон шагреневой кожи

Наиболее общим принципом, или правилом охраны природы можно считать закон шагреневой 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.*

Человечество в отличие от любого другого вида живых организмов живет за счет не только возобновимых ресурсов, но и абсолютно невозобновляемого и незаменимого их запаса.

Для жизни каждого человека в год в среднем необходимо 200 т твердых веществ, которые он с помощью воды (около 800 т) и энергии (примерно 103 Вт) превращает в полезный для себя продукт.

Антропогенные процессы идут во всех подсистемах биосферы и по всей иерархии природных систем, сокращая благоприятную для человека среду жизни. Скорость сжимания природной шагреневой кожи прямо *зависит от числа людей*, «проедающих» ее.

2. Закон неустранимости отходов и (или) побочных воздействий производства

Вопреки данным науки и действию закона развития природной системы за счет окружающей ее среды многие люди свято верят в «безотходное» производство, полагая, что именно так работают экосистемы. Но даже в природе без участия человека образуются огромные «отходы» биотических процессов, которые никогда не бывают замкнутыми в абсолютной степени. В условиях же хозяйственной деятельности существует закон неустранимости отходов и (или) побочных воздействий производства. Суть закона заключается в том, что *в любом хозяйственном цикле образующиеся отходы и возникающие побочные эффекты не устранимы, они могут быть лишь переведены из одной физико-химической формы в другую или перемещены в пространстве.*

3. Закон постоянства количества отходов в технологических цепях

Закон неустранимости отходов может быть дополнен законом постоянства количества отходов в технологических цепях. Например, перевод транспорта на электротягу требует производства электроэнергии, а потому – добычи первичного энергоносителя, строительства электростанций, подстанций, контактных сетей и т. д.

Этот ряд по количеству отходов не лучше и не хуже ряда получения и переработки нефти в бензин и дизельное топливо, т. е. законы сохранения

массы и энергии не нарушаются. *Получение электроэнергии от солнечных батарей требует энергоемких и трудоемких производств этих батарей. Гидроэнергия делает воды, проходящие через турбины, мертвыми, плотины задерживают твердый сток и т. д., в результате чего резко меняется экологическая обстановка.*

Очистка как всего лишь изменение физико-химической формы вещества и перемещение загрязняющих веществ в пространство может дать очень малый общий эффект, т. к. требует резкого возрастания энергетических расходов.

Локально она всегда полезна, но следует помнить, что регионально и глобально в длительном интервале времени она неэффективна: выигрыш, получаемый в одном месте, поглощается проигрышем, возникающим в других местах. Проблема может быть решена только снижением давления общества на среду жизни.

4. Правило «экологичное – экономично»

Чем рачительнее подход к природным ресурсам и среде обитания, тем меньше вложений необходимо для успешного развития. Из этого можно вывести правило «экологичное – экономично» как один из основополагающих принципов охраны природы и среды жизни: *сохранение ресурсов в итоге выгодно в социальном и экономическом отношениях, к тому же остается время для решения местных проблем.*

Поэтому следует воздерживаться от строительства сомнительных водохранилищ на равнинных реках и разработки месторождения с использованием опасных технологий и т. д.

Соотношение экспансии в природу и ее сохранение – это исторически обусловленная норма. В наше время она приблизилась к величине, при которой экологичное делается всегда экономичным. В противном случае социальный ущерб оказывается слишком большим и общественно неприемлемым.

5. Закон компонентного и территориального экологического равновесия

Степень использования природных ресурсов упирается в лимиты закона компонентного и территориального экологического равновесия. Их несоблюдение ведет к природным дисбалансам и в итоге – к опустыниванию. В основе действия законов экологического равновесия лежат энергетические процессы, и все опирается в биогенную миграцию атомов и другие общебиосферные механизмы. Законы охраны среды обитания являются вторичными по отношению к фундаментальным законам природы. Приведем известные пять принципов или **«железных законов» охраны природы П. Р. Эрлиха.**

1. В охране природы возможны только или успешная оборона, или отступление. Наступление невозможно: вид или экосистема, однажды уничтоженные, не могут быть восстановлены.

2. Продолжающийся рост народонаселения и охрана природы принципиально противоречат друг другу.

3. Экономическая система, охваченная манией роста, и охрана природы также принципиально противостоят друг другу.

4. 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 ближайшиe цели и немедленное благо Homo sapiens*.

5. Аргументы об эстетической ценности различных форм жизни, о том интересе, который они представляют сами по себе, или призывы к сочувствию попадают в уши глухих. Охрана природы должна считаться вопросом благосостояния и в более отдаленной перспективе – выживания человека.

6. Принцип уникальности

Закон охраны природы – принцип уникальности: *неповторяющееся и неповторимое заслуживают особой охраны*. Безусловно, нужно стремиться сохранить все уникальное, обеспечив так называемое «музейное отношение» к природе. Но нужно четко осознавать, что сохранить все невозможно.

7. Принцип достаточности

Однако все хорошо в меру. В охране природы необходимо придерживаться закона оптимальности, или принципа разумной достаточности и допустимого риска – *расширение любых действий человека не должно приводить к социально-экономическим и экологическим катастрофам, подрывающим саму возможность существования людей*.

Важное значение во взаимоотношениях общества и природы имеют закономерности социальной психологии людей при оценке экологических последствий.

Несмотря на то, что уже известны негативные последствия крупнейших вторжений человека в природную среду, люди (прежде всего власти и хозяйственники) ведут себя до аномальности странно.

8. Принцип инстинктивного отрицания признания

Он состоит в том, что *факты и закономерности, отрицаемые автором идеи, заказчиком и составителем программы, заведомо исключаются в целях получения «желаемого» результата*. По сути дела, действует принцип «кто платит деньги – тот и заказывает музыку». Противоположная сторона, напротив, обязательно стремится похоронить этот проект. Следовательно, в оценке последствий должна принимать участие третья, совершенно незаинтересованная сторона.

9. Принцип обманчивого благополучия, или эйфории первых успехов

Он связан с излишней поспешностью суждений – *первые успехи или неудачи в природопользовании могут быть кратковременны: успех мероприятия по преобразованию природы или управлению им 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 по возникновению нового уровня экологического баланса*.

Нередко допинговая реакция принимается за норму, а явно аномальный временный сдвиг экологического равновесия – за желательное устойчивое состояние.

Показательный пример – эпопея освоения целинных районов степной зоны России и Казахстана, усиленно подсчитывали выигрыш, не замечая негативных последствий распашки земель, не пригодных для земледелия. Другой пример строительство волжского каскада ГЭС. Из этой же серии – попытки акклиматизации промысловых животных (енотовидной собаки, ондатры, дальневосточной пчелы и т. д.).

10. Принцип удаленности события

Состоит в том, что явления, отдаленные во времени и пространстве, психологически кажутся менее существенными. Принимая то или иное решение, власти думают, что научно-технический прогресс исправит положение, а потомки что-то придумают.

11. Правило экономико-экологического восприятия

Правильно говорится, что мы живем в кредит у внуков. К пониманию этого общество пришло длинным путем, определяемым правилом экономико-экологического восприятия. Оно сформулировано американцем Дж. М. Стайком в 1970 г. и состоит из четырех фаз восприятия проблем среды жизни.

1. Ни разговоров, ни действий.
2. Разговоры, но бездействие.
3. Разговоры, начало действий.
4. Конец разговоров, решительные действия.

Говоря о сближении экономических и экологических целей в охране природы, Реймерс (1977) сформулировал схему развития экономико-экологических общественных отношений, состоящую из четырех этапов:

1 этап – экономическое развитие при отсутствии экологических ограничений.

2 этап – возникновение экологических ограничений.

3 этап – доминанта охраны среды с экологическими и технологическими ограничениями.

4 этап – все ради выживания.