

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерного проектирования

Кафедра экологии

И. А. Телеш

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ

*Рекомендовано УМО по экологическому образованию в качестве пособия
для студентов второй ступени получения высшего образования,
обучающихся по специальности 1-33 80 02 «Геоэкология»*

Минск БГУИР 2015

УДК 502.1(076)
ББК 20.18я73
Т31

Р е ц е н з е н т ы:
кафедра географической экологии
Белорусского государственного университета
(протокол №6 от 22.01.2015);

доцент кафедры физической географии учреждения образования
«Белорусский государственный педагогический университет имени
Максима Танка», кандидат географических наук, доцент
О. Ю. Панасюк

Телеш, И. А.
Т31 Современные проблемы геоэкологии : пособие / И. А. Телеш. –
Минск : БГУИР, 2015. – 103 с.
ISBN 978-985-543-118-4.

Изложены теоретические и методологические основы геоэкологии, рассматриваются геоэкологические аспекты природопользования и охраны окружающей среды, современные глобальные геоэкологические проблемы, обусловленные нерациональным использованием природных ресурсов и их возможные последствия, особенности природно-техногенных геосистем, а также направления международного сотрудничества в области геоэкологии. Даны методические указания для решения задач по оценке геоэкологического состояния территории, расчету вредных выбросов в результате техногенного загрязнения окружающей среды.

УДК 502.1(076)
ББК 20.18я73

ISBN 978-985-543-118-4

© Телеш И. А., 2015
© УО «Белорусский государственный
университет информатики
и радиоэлектроники», 2015

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
---------------	---

Теоретическая часть

1. Геоэкология как новое междисциплинарное направление на стыке географии и экологии.....	8
2. Теоретические и методологические основы геоэкологии.....	11
2.1. Теория и методология геоэкологии.....	11
2.2. Значение геосистемной концепции в геоэкологии.....	12
2.3. Основные закономерности сложения геосистем.....	15
2.4. Перемещение вещества и энергии внутри геосистем.....	17
3. Принципы и методы геоэкологических исследований.....	19
3.1. Основные принципы геоэкологических исследований.....	19
3.2. Методы геоэкологических исследований.....	20
4. Геоэкологические аспекты природопользования и охраны окружающей среды.....	25
4.1. Геоэкология и природопользование.....	25
4.2. Понятие ресурсного цикла и принципы рационального использования природных ресурсов.....	28
5. Глобальные проблемы рационального использования природных ресурсов и их возможные геоэкологические последствия.....	31
5.1. Геоэкологические проблемы использования ресурсов литосферы.....	31
5.2. Геоэкологические проблемы атмосферы.....	32
5.3. Геоэкологические проблемы использования ресурсов гидросферы.....	34
5.4. Геоэкологические последствия использования природных ресурсов.....	35
5.5. Методы и направления защиты компонентов окружающей среды от антропогенного загрязнения.....	38
6. Геоэкологические проблемы природно-техногенных геосистем.....	40
7. Геоэкологические особенности неблагоприятных и опасных природных процессов и явлений.....	45
8. Международное сотрудничество в решении геоэкологических проблем и стратегия развития человечества.....	54
8.1. Направления международного сотрудничества в области решения геоэкологических проблем.....	54
8.2. Концепция устойчивого развития и стратегия развития человечества.....	58
8.3. Международное сотрудничество Республики Беларусь в решении региональных геоэкологических проблем.....	59

Расчетно-аналитический практикум. Задания для практических занятий

1. Оценка геоэкологической емкости территории.....	64
2. Техногенное загрязнение окружающей среды вредными выбросами.....	73

2.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от работы двигателей автотранспорта	73
2.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива	77
3. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух	83
3.1 Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ с учетом их рассеивания в атмосфере.....	84
3.2. Расчет предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосфере.....	87
4. Геоэкологические проблемы урбанизированных территорий	93
Приложение	100
Литература	101

Библиотека БГУИР

Введение

Перспективы геоэкологического образования в настоящее время связаны с устранением ряда разногласий в методических подходах в смежных областях знаний и повышении роли геоэкологии в создании новых отношений человека с окружающей средой. Развитие геоэкологии происходит на стыке многих наук: естественных, социально-экономических, технических, т. к. для решения геоэкологических проблем необходим синтез нескольких научных направлений, позволяющий получать комплексную оценку окружающей среды. Именно такая комплексная оценка, включающая в себя различные аспекты изучения изменений окружающей среды, является основой для принятия рациональных решений по планированию хозяйственной деятельности и сохранению благоприятных условий для жизнедеятельности человека.

Происходящие изменения в окружающей среде являются результатом воздействия природных, антропогенных и техногенных факторов. Познание закономерностей природных процессов и управление уровнем воздействия на них со стороны человека служит одной из приоритетных задач геоэкологии. В связи с этим для комплексного решения проблем в системе «окружающая среда – человек» необходимо совершенствовать систему подготовки специалистов широкого профиля, способных в соответствующей обстановке применять полученные геоэкологические знания.

Пособие подготовлено в соответствии с учебной программой по дисциплине «Современные проблемы геоэкологии» специальности 1-33 80 02 «Геоэкология» второй ступени высшего образования УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» и предназначено для подготовки магистрантов. В нем содержатся необходимые теоретические сведения и материал для практических занятий, способствующих формированию системных знаний при профессиональной подготовке специалистов в области геоэкологии. Пособие предназначено для обеспечения общей грамотности в области оптимизации взаимодействия человека с окружающей средой, направлено на формирование представлений о неразрывном единстве всех компонентов окружающей среды и получение знаний о геоэкологических аспектах функционирования природных и природно-антропогенных систем.

Для более полного освоения изучаемого курса приводятся теоретические основы геоэкологии, дается характеристика методов геоэкологических исследований, рассматриваются вопросы изменения состояния окружающей среды в результате природно-антропогенных воздействий, которые в совокупности создают ряд серьезных геоэкологических проблем, приводится классификация антропогенных воздействий на окружающую среду, рассматриваются современные проблемы международного сотрудничества в области геоэкологии. Даны методические указания для решения задач по оценке геоэкологического состояния территории, расчету вредных выбросов и техногенному загрязнению окружающей среды.

Изучение дисциплины «Современные проблемы геоэкологии» с помощью данного пособия позволит магистрантам углубить свои знания в области оптимизации взаимодействия человека, общества и природы, будет способствовать развитию творческого потенциала, формированию геоэкологического мышления.

Библиотека БГУИР

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Библиотека БГУИР

1. ГЕОЭКОЛОГИЯ КАК НОВОЕ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ НА СТЫКЕ ГЕОГРАФИИ И ЭКОЛОГИИ

На всем пути развития человеческого общества деятельность людей в большей или меньшей мере всегда была антагонистична природе. С развитием общества степень антропогенного воздействия постоянно возрастает. В этой связи увеличивается необходимость более четкого теоретического обоснования определения методологии изучения окружающей среды с целью оптимизации взаимодействия общества и природы.

Сложность выполнения научных разработок в области природопользования, обусловленная необходимостью учета при их реализации целого ряда природных закономерностей и антропогенных факторов, вызывает необходимость проводить исследования, идти различными путями к их решению, используя для этой цели материалы и методы смежных с географией наук. Традиционные подходы к решению проблемы оптимизации взаимодействия общества и природы не могут удовлетворить постоянно возрастающие запросы практики и не всегда соответствуют современному уровню развития науки. Этими причинами и обусловлено появление в рамках наук географического цикла нового научного направления – геоэкологии.

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

Позднее уже с другой смысловой нагрузкой это понятие стало использоваться не только географами, но и биологами, и геологами. Впервые термин «геоэкология» был опубликован в 1966 г. В настоящее время он применяется в географических, геологических, социальных и других науках при решении проблем природоохранной направленности.

Современные географы – сторонники нового научного направления – трактуют содержание геоэкологии более широко, чем К. Тролль. Во-первых, в объект исследования включаются не только природные, но и антропогенные ландшафты. Во-вторых, обозначается целевая направленность науки – оптимизация природопользования.

Среди наиболее известных определений геоэкологии как самостоятельной науки следует упомянуть некоторые из них.

В. С. Преображенский, Т. Д. Александрова и другие считают, что экологический подход при изучении природных систем необходимо сочетать с подходом географическим, который предполагает исследование связей внутри

геосистем как равнозначных. Они предлагают применять обобщающий геоэкологический подход.

В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг, Т. И. Аверкина определяют геоэкологию как междисциплинарную науку, изучающую состав, структуру, закономерности функционирования и эволюции естественных (природных) и антропогенно преобразованных экосистем высоких уровней организации. Объектом исследования геоэкологии, по их мнению, являются природные и антропогенно нарушенные (преобразованные) экосистемы высокого уровня организации, предметом исследования – закономерности функционирования и эволюции естественных и антропогенно измененных экосистем высокого уровня организации.

По В. И. Осипову, геоэкология – междисциплинарная наука об экологических проблемах геосфер, объектом которой являются геосферные оболочки Земли, а предметом – все знания о них, включая изменения под влиянием природных и техногенных факторов.

С. П. Горшков определяет новую отрасль знаний – геоэкологию – как науку о «современных ландшафтах (естественных, преобразованных и созданных человеком), геологической среде, о способах и возможностях использования природных ресурсов и экологических ограничениях при социально-экологическом развитии». В качестве предмета этой науки называется «проблема макроорганизации биосферы, вопросы иерархического соподчинения ее макросистем в связи с необходимостью научно обоснованного использования естественных ресурсов, охраны природы».

По Н. Ф. Реймерсу, геоэкология – «раздел экологии (по другим воззрениям – географии), исследующий экосистемы (геосистемы) высоких иерархических уровней – до биосферы включительно».

Согласно К. М. Петрову, геоэкология – «наука о взаимодействии географических, биологических и социально-производственных систем».

В. Г. Морачевский и другие считают, что геоэкология – это «наука, изучающая необратимые процессы и явления в природной среде и биосфере, возникающие в результате интенсивного антропогенного воздействия, а также близкие и отдаленные во времени последствия этих воздействий».

По мнению Т. С. Комиссаровой и А. М. Макарского, геоэкология – «современное интегрированное направление географической науки, изучающее пространственно-временные изменения природных систем в результате антропогенной деятельности и их экологическое состояние, а также ландшафты как среду обитания человека».

Согласно Г. И. Швебсу, «геоэкология видится как научное направление, рассматривающее географические проблемы социальной экологии и устойчивого развития (рационального природопользования и охраны природы) путем раскрытия взаимоотношения между природно-общественными системами разного уровня и окружающей средой, изучаются процессы, возникающие в результате антропогенной деятельности и чрезвычайных естественных явлений (колебаний климата, извержений вулканов,

опустынивания и др.), а также последствия этих воздействий. Геоэкология является теоретической основой практической деятельности по поддержанию экологической стабильности и экологической оптимизации».

По Г. Н. Голубеву, «геоэкология – это междисциплинарное научное направление, изучающее экосферу как взаимосвязанную систему геосфер в процессе ее интеграции с обществом».

В рассмотренных выше определениях четко видна географическая проблематика, которая должна решаться современной географией. Основываясь на специфике геоэкологического подхода, многие географы пересечение своей науки с экологией связывают с формированием новой дисциплины – геоэкологии.

Геоэкология – наука о свойствах и закономерностях развития географической среды и слагающих ее природных и природно-антропогенных геосистем, занимающаяся разработкой теоретических основ, принципов и нормативов рационального природопользования, устойчивого развития и оптимизации взаимодействия общества с окружающей средой. В связи с этим *объектом* исследования геоэкологии является географическая среда как часть географической оболочки, преобразованная человеком. *Предметом* изучения геоэкологии выступают природные и природно-антропогенные геосистемы различного иерархического уровня. Геоэкология предусматривает сочетание следующих научно-исследовательских подходов: географического (пространственного), экологического (системного: субъект – среда) и гуманитарно-экологического.

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

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

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

рекомендаций по сохранению целостности географической среды путем оптимизации хозяйственной деятельности человеческого общества и др.

Современные технологии в области геоэкологии, такие, как моделирование природных и природно-антропогенных систем, геоэкологический мониторинг и аналитические исследования окружающей природной среды, создание географических информационных систем, геоэкологическое прогнозирование и другие позволяют существенно усовершенствовать возможности научно обоснованного природопользования, дают возможность проводить геоэкологические исследования в рамках решения геоэкологических проблем и разработки стратегии рационального природопользования.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОЭКОЛОГИИ

2.1. Теория и методология геоэкологии

Теория и методология геоэкологии базируются на законах *диалектического материализма* (о реальности мира, его единстве, всеобщей связи явлений, о его движении и изменении); *трех общенаучных аксиомах* (системной, иерархической, временной); *двух космо- и геогенетических аксиомах* (планетарной, землеведческой).

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

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

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

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

былых тектонических процессов и распределения солнечного тепла, а также историей существования.

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

2.2. Значение геосистемной концепции в геоэкологии

Возникновение и становление системного подхода в современном естествознании связано с объективной потребностью в упорядочении и осмыслении множества новых фактических данных о природных объектах, изучении их внутренних и внешних связей с целью синтеза естественнонаучных представлений об окружающей среде, о конструировании целостной картины живой природы и прогнозирования ее развития.

Системный подход – это направление в методологии познания объектов как систем. Система – это целенаправленное множество взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность, единство. Система основывается на связи между объединенными элементами. Элемент, не имеющий хотя бы одной связи с другими, не входит в рассматриваемую систему. Состав, структура и свойства системы изучают посредством *системного анализа*, являющегося основой системного подхода и представляющего собой совокупность методологических средств, используемых для решения сложных научных проблем. В эту совокупность средств входит комплекс методов от простых описательных, логических до весьма сложных математических. Технической основой системного анализа являются современные электронно-вычислительные устройства и информационные системы с широким использованием методов математического программирования, теории и т. д.

Основными системными принципами являются: целостность, структурность, взаимосвязанность системы и среды, иерархичность, множественность описания системы и др. *Целостность* – обобщенная характеристика системы, свойства которой не сводимы к сумме свойств ее элементов и не выводимы из этих свойств. *Структурность* – установление структуры и взаимозависимости структурных элементов, обусловленности поведения системы ее структурой. *Взаимозависимость системы и среды* выражается в формировании и проявлении ее свойств в результате этого взаимодействия. *Иерархичность* – когда каждый компонент системы может

рассматриваться как самостоятельная система, а сама исследуемая система является составной частью более широкой системы.

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

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

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

Все понятия, характеризующие геосистемы, разделяются на две группы. К первой группе относятся понятия, характеризующие их внутреннее строение: «элемент», «компонент», «связь», «отношение», «среда», «целостность», «структура», «организация» и др. Ко второй – относящиеся к функционированию: «функция», «устойчивость», «равновесие», «регулирование», «обратная связь», «управление» и др. Кроме того, геосистемы характеризуются с точки зрения формирующих их процессов: «генезис», «эволюция», «становление» и др.

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

отличиями состояния и различиями связей со средой образующих их компонентов.

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

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

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

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

С функционированием и динамикой геосистем тесно связан ряд их свойств, таких, как *устойчивость* (способность сохранять инвариантные свойства и характер функционирования при внешних воздействиях); *саморегулирование* (способность поддерживать на определенном уровне типичные состояния, режимы и связи между компонентами); *гетерохронность* (сосуществование в геосистеме элементов различного возраста); *унаследованность* (сосуществование элементов, которые включены в систему

энергомассообмена геосистем, но возникшие и оптимально функционировавшие при иных условиях); *инерционность* (способность некоторых элементов прошлой геосистемы существовать в условиях современного режима); *транзитивность* (способность элементов геосистемы при различных гидротермических условиях переходить из зонального состояния в провинциальное); *лабильность* (способность отдельных элементов геосистемы изменяться с различной скоростью).

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

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

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

2.3. Основные закономерности сложения геосистем

Учение о системах является одним из выражений фундаментального принципа диалектического материализма о всеобщей взаимосвязи и взаимодействии предметов и явлений природы.

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

Закон подобия части и целого, или биоголографический закон, – часть является миниатюрной копией целого, а потому все части одного уровня иерархии систем похожи друг на друга.

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

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

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

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

Закономерности внутреннего развития систем

Закон вектора развития – развитие однонаправленно.

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

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

Биогенетический закон (Э. Геккель) – онтогенез всякого организма есть краткое и сжатое повторение филогенеза данного вида, т. е. индивид в своем развитии повторяет (в сокращенном и закономерно измененном виде) историческое (эволюционное) развитие.

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

Закон анатомической (или структурной) корреляции (Ж. Кувье) – в организме, как в целой системе, все его части соответствуют друг другу как по строению (закон соподчинения органов), так и по функциям (закон соподчинения функций).

Закон аллометрии (Дж. Хаксли) – неравномерности роста частей в процессе развития организма.

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

Закономерности термодинамики систем

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

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

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

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

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

Закономерности отношения «система – среда»

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

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

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

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

2.4. Перемещение вещества и энергии внутри геосистем

Динамические явления, связанные с перемещением вещества и энергии внутри геосистем и между ними в процессе их функционирования, описываются энергетическим, водным и биогеохимическим балансами.

Энергетический баланс. В функционировании геосистем огромное значение имеет лучистая энергия солнца. Обеспеченность солнечной радиацией, ее способность превращаться в тепловую, химическую или механическую энергию определяет интенсивность функционирования геосистем. Трансформация солнечной энергии обеспечивает вертикальные и горизонтальные связи в геосистемах, обуславливает пространственную и временную упорядоченность метаболизма в геосистемах.

Радиационный баланс и его составляющие являются важнейшими геоэкологическими характеристиками геосистем. Составляющими радиационного баланса являются: прямая радиация, рассеянная радиация, отраженная радиация (коротковолновая), излучение земной поверхности, встречное излучение атмосферы. Радиационный баланс может быть положительным (днем, летом) и отрицательным (ночью, зимой). Положительные или отрицательные величины радиационного баланса компенсируются

несколькими потоками тепла. В результате перемещения этих потоков тепла в геосистемах происходит цикличное изменение температуры воздуха и почвы. Величина и интенсивность теплообмена зависят от влажности воздуха и почвы, литологического состава грунтов, растительного покрова и других факторов. Значительное количество радиационного баланса затрачивается на физическое испарение и транспирацию, т. е. суммарное испарение. Алгебраическая сумма потоков тепла между земной поверхностью и окружающим пространством описывается уравнением теплового баланса: $R + P + B + LE = 0$. В число этих потоков входит радиационный баланс R как разность между поглощенной коротковолновой солнечной радиацией и длинноволновым эффективным излучением с земной поверхности. Положительная или отрицательная величина радиационного баланса компенсируется несколькими потоками тепла. Так как температура земной поверхности обычно не равна температуре воздуха, то между подстилающей поверхностью и атмосферой возникает поток тепла P . Аналогичный поток тепла B наблюдается между земной поверхностью и более глубокими слоями литосферы или гидросферы. При этом поток тепла в почве определяется молекулярной теплопроводностью, тогда как в водоемах теплообмен, как правило, имеет в большей или меньшей степени турбулентный характер. Поток тепла B между поверхностью водоема и его более глубокими слоями численно равен изменению теплосодержания водоема за данный интервал времени и переносу тепла течениями в водоеме. Существенное значение в тепловом балансе земной поверхности обычно имеет расход тепла на испарение LE , который определяется как произведение массы испарившейся воды E на теплоту испарения L . Величина LE зависит от увлажнения земной поверхности, ее температуры, влажности воздуха и интенсивности турбулентного теплообмена в приземном слое воздуха, которая определяет скорость переноса водяного пара от земной поверхности в атмосферу.

Влагооборот в геосистемах. Влагооборот в геосистемах включает в себя обмен водными потоками между их компонентами и элементами. Интенсивность влагооборота и его структура индивидуальны для различных геосистем и зависят от энергообеспеченности, климатических условий, характера литогенной основы, почв, растительности и других факторов.

Процесс влагооборота в геосистемах отражает соотношение между его составляющими прихода и расхода воды. Основной приходной статьей водного баланса является сумма осадков, поступающих в геосистемы из атмосферы. Часть этих осадков перехватывается растительным покровом, остальные в основном поступают на поверхность почвы и расходуются на поверхностный сток, инфильтрацию в почву и подземный сток. К расходным статьям влагооборота геосистем также относятся затраты тепла на физическое испарение с поверхности почвы и растений и транспирацию. Кроме того, заметную роль во влагообороте геосистем могут играть различные горизонтальные адвекции влаги.

При рассмотрении основных составляющих влагооборота геосистем не было учтено количество воды, расходуемое на фотосинтез и некоторые другие процессы, т. к. ее количество, как правило, меньше точности определения всех

остальных составляющих влагооборота. Однако ее роль в функционировании геосистем, формировании их геоэкологического потенциала весьма значительна.

Биогеохимический цикл превращения веществ в геосистемах. Немаловажное значение в формировании геосистем играют процессы образования и разрушения органического вещества, протекающие в рамках биогеохимического цикла. Под биогеохимическим круговоротом понимается вся совокупность процессов обмена веществом между биотическими и абиотическими компонентами геосистем. Основные потоки движения органического вещества в процессе биогеохимического круговорота в геосистемах обусловлены последовательностью происходящих процессов, включающих поступление химических элементов с осадками, вынос химических элементов с транспирацией, переход химических элементов из опада в почву и поступление элементов питания в растения, вынос или поступление органического вещества с поверхностным, внутрипочвенным и подземным стоком, потребление химических элементов животными при поедании растений или поступление химических элементов в почву с трупами животных или их экскрементами и другими выделениями, вынос или поступление органического вещества с воздушными массами, антропогенное внесение или изъятие органического вещества.

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

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

3. ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1. Основные принципы геоэкологических исследований

Принципы – основные правила, положения, которых придерживаются при изучении научных проблем. Основными принципами геоэкологических исследований являются: экологический, комплексный, региональный, историко-генетический, структурно-системный, принцип иерархичности систем и др.

Основой *экологического принципа* является учет состояния организмов в геосистеме, оценка влияния различных экологических факторов на биоту. *Региональный принцип* направлен на учет местных специфических

геоэкологических условий. Учет единства всех геокомпонентов или составных частей и взаимосвязей между ними представляет *комплексный (географический) принцип*. *Историко-генетический принцип* заключается в учете генезиса (происхождения) геокомпонентов и геосистемы в целом, а также учете основных этапов их развития. При *структурно-системном принципе* объектом исследования выступает система, учет ее структуры, процессов функционирования и динамики.

3.2. Методы геоэкологических исследований

Научное исследование включает два уровня: эмпирический и теоретический.

Эмпирические методы представляют собой приемы получения информации и ее обработки в результате целенаправленной познавательной деятельности. В сложившуюся систему научных наблюдений входят: методы непосредственных наблюдений (наблюдатель находится в прямом контакте с объектом наблюдения); методы опосредованные (контакт с объектом наблюдения осуществляют специальные устройства и датчики, преобразующие температуру, давление, состав, свойства вещества и иные контролируемые величины в сигналы, удобные для передачи и регистрации); методы дистанционные или бесконтактные (информация о состоянии объекта наблюдения регистрируется на расстоянии от него).

Теоретические методы включают приемы выявления закономерностей по результатам накопленных наблюдений и выводы из них. Они основаны на приемах абстрагирования, анализа и синтеза.

Абстрагирование – выделение существенных свойств и связей предмета и отвлечение от других частных его свойств и связей. Абстрагирование необходимо для того, чтобы во множестве конкретных наблюдений и фактов выделить нечто общее, типичное.

Анализ – расчленение объекта (мысленное или реальное) на элементы. Анализ состоит, как правило, в исследовании результата абстрагирования, часто изолированно от других явлений.

Синтез – соединение элементов в единое целое. Синтез сводится к поиску рациональной картины мира, которая объединяет в целостную систему множество данных и частных абстракций.

При абстрагировании, анализе и синтезе пользуются правилами абстрактной логики, различными общенаучными и конкретно-научными принципами. Основными методами логического действия являются дедукция (исследования от «общего» к «частному») и индукция (исследования от «частного» к «общему»). Посылками дедукции (аксиоматического метода) являются аксиомы, постулаты или гипотезы, имеющие характер общих утверждений («общее»), а завершением – следствия из посылок, теоремы («частное»). Дедукция является основным средством научного доказательства. Индукция представляет собой

умозаключение от фактов («частного») к некоторой гипотезе (общему утверждению).

Методологическую установку геоэкологических исследований можно сформулировать как набор следующих подходов:

– *гуманитарно-экологического*, рассматривающего совокупность взглядов и действий, выражающихся в уважении достоинства и прав человека, его ценности как личности, заботе о благе людей, их всестороннем развитии, создании благоприятных для человека условий среды жизнедеятельности с учетом экологических ограничений;

– *системного*, ядром которого является рассмотрение объекта как системы, ориентирующее исследователя на раскрытие целостности объекта, выявление многообразия типов связей и сведение разнородных элементов в единую теоретическую картину;

– *экологического*, рассматривающего представления о сложных системах, в которых одновременно с множеством разнородных элементов различают две подсистемы: «хозяина» и окружающую его среду;

– *функционального (факторного)*, в основе которого лежит представление о том, что состояние одного из компонентов рассматривается как функция масштаба активности других компонентов, анализируемых в качестве факторов. Функциональный подход опирается на развитый аппарат статистического анализа и прежде всего на факторный анализ, а также позволяет понять и описать с помощью математического аппарата многие связи в природе. Однако он имеет и ряд существенных ограничений в применении;

– *ландшафтного*, выражающего идею взаимной связи и взаимной обусловленности природных географических компонентов и элементов в природно-территориальных комплексах;

– *информационного анализа*, строящегося на основе представлений о передаче информации в географической среде;

– *структурного анализа*, в основе которого лежит изучение взаимодействия составных частей геосистемы в целом. Основные элементы и аппарат этого анализа заимствованы из кибернетики, и ключевым понятием в нем является понятие «обратная связь»;

– *структурно-морфологического анализа*, направленного на изучение морфологического характера объекта и его компонентного или элементного состава;

– *позиционного анализа*, определяющего положение объекта относительно природных и антропогенных потоков вещества и энергии, природных и антропогенных тел.

К основным общенаучным методам исследования относятся также моделирование и эксперимент.

Моделирование – исследование каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения и изучения их моделей; использование моделей для определения или уточнения характеристик и рационализации способов построения конструируемых объектов.

Модель рассматривается как любой образ, аналог (мысленный или условный) какого-либо объекта, процесса или явления – «оригинала» данной модели. На идее моделирования базируется любой метод научного исследования – как теоретический, при котором используются различного рода идеальные модели, так и экспериментальный, использующий предметные модели. Идеальные модели подразделяются на следующие виды: *образные* (фотографии, зарисовки с натуры); *образно-знаковые*, включающие вербальные (дефиниции, законы); *графические* (диаграммы, схемы); *картографические*; *знаковые* или *математические* (математическая обработка данных, математическое моделирование и прогноз). Предметные модели включают пространственно и физически подобные.

При разработке геоэкологической модели геосистем исследовать абсолютно все связи практически невозможно и вряд ли целесообразно, т. к. многие из них несущественны и незначительно влияют на их функционирование и динамику. При построении модели необходимо стремиться к достижению оптимального уровня ее сложности.

Экспериментом называют чувственно-предметную деятельность в науке, опыт, построение предметных моделей, воспроизводящих объект и позволяющих произвести проверку гипотез.

В географических исследованиях к числу экспериментальных методов относятся *натурные эксперименты*, связанные с организацией направленных воздействий на природные системы и изучением реакции (откликов) систем; *модельные эксперименты*, которые осуществляются на аналогах определенных природных систем.

Среди *междисциплинарных методов* выделяют геохимический, геофизический, геоэкологический и математические методы.

Геохимический метод связан с применением законов общей геохимии в изучении геосистем. Специфическим выражением геохимического метода является *метод сопряженного анализа*, заключающийся в одновременном изучении химического состава всех компонентов природно-территориального комплекса (ПТК) с последующим сравнением полученных результатов между собой как в пределах одного элементарного геохимического ландшафта, так и смежных с ним. Теория, методология и методика ландшафтно-геохимических исследований составляют основу нового научного направления – геохимии окружающей среды.

Геофизический метод. Специфическим выражением геофизического метода является *метод балансов*, в основе которого лежит универсальный физический закон сохранения вещества и энергии. Геофизические исследования отличаются трудоемкостью сбора геофизического материала, использованием сложной аппаратуры, преимущественно стационарными условиями наблюдения. Балансовый метод используется для изучения радиационных и тепловых условий подстилающей поверхности, водного режима почв, продуктивности биоценозов природных и природно-антропогенных геосистем.

Эколого-геофизические исследования направлены на оценку соотношения природных и антропогенных потоков вещества и энергии, изменения геофизического состояния территории под влиянием теплового, динамического, электрического полей.

Геоэкологический метод. В настоящее время наблюдается активное формирование этого метода. Его суть заключается в изучении природных и природно-антропогенных геосистем с позиций гуманитарно-экологического подхода, в оценке окружающей среды как среды жизнедеятельности человека. Отличительной чертой этого метода является качественно новый уровень синтеза знаний физико-географических и экономико-географических наук, экологического и системного подходов.

Математические методы. В той или иной форме математические методы применяются практически во всех естественных и социальных науках. В настоящее время все активнее применяются методы и принципы теории вероятности, теории информации, теории игр. Конкретное содержание приемов анализа выбирается под влиянием избранной модели, представлений о характере связей и практической цели исследования.

Важную роль в геоэкологических исследованиях играет математическая обработка полученных результатов. Полученные в результате наблюдения фактические данные обрабатываются с использованием приемов статистического анализа. Математическая обработка определяет правила составления выборок и обработки вариационных рядов. Характеристика вариационных рядов дается по группам показателей среднего положения, разнообразия признаков, формы распространения, точности опыта, достоверности различия.

Объяснение эмпирических фактов, выявление закономерностей и взаимосвязи наблюдаемых явлений решается с применением различных видов математического анализа: корреляционного, факторного, кластерного, регрессионного, информационного.

Мониторинг – система наблюдений, оценки и контроля за состоянием окружающей человека природной среды с целью разработки мероприятий по ее охране, рациональному использованию природных ресурсов и предупреждению о критических ситуациях, вредных или опасных для здоровья людей, за существованием живых организмов и их сообществ, природных объектов и комплексов, прогнозирования масштабов неизбежных изменений.

В настоящее время классы, или уровни, мониторинга выделяются либо в соответствии с пространственно-временными параметрами контролируемых процессов (при этом выделяют три класса систем мониторинга: локальный, региональный, глобальный), либо в соответствии с целями контроля (предполагают выделять три уровня: биоэкологический (санитарно-гигиенический), геоэкологический (геосистемный) и биосферный. Кроме этого, мониторинг различают по методам ведения и объектам наблюдения (авиационный, космический, окружающей среды и др.).

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

ГИС различаются по охвату обслуживаемой территории (глобальные, международные, региональные, национальные, областные и локальные); по проблемной ориентации и цели (охрана природной среды и управление природопользованием). Кроме того, ГИС могут быть картографическими; библиографическими (содержат каталогизированную информацию об опубликованных или неопубликованных источниках данных); тематическими (посвящены сбору информации, например, о состоянии вод или атмосферы) и др.

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

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

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

Главная задача геоэкологического прогнозирования состоит в геоэкологическом обосновании долгосрочного развития народного хозяйства в его региональном аспекте, а главная общая для геоэкологов научная проблема – предвидение изменений окружающей среды в естественных и техногенных условиях.

Выбор проблемы геоэкологического прогнозирования должен основываться на следующих критериях: соответствии проблемы современным общественным и научно-техническим потребностям; актуальности значения

проблемы на большой период времени (25–30 лет и более); наличии научных предпосылок, в частности, соответствующих методов решения проблемы.

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

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

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

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

4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ И ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

4.1. Геоэкология и природопользование

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

Геоэкология и природопользование тесно взаимосвязаны: без понимания процессов (как естественных, так и антропогенных) на глобальном уровне невозможно устойчивое использование природных ресурсов. Основное различие между геоэкологией и природопользованием в том, что геоэкология в большей степени направлена на понимание сверхсложных природных систем (геосистем), а природопользование – на рациональное использование ресурсов.

Природопользование включает извлечение и переработку природных ресурсов, их возобновление или воспроизводство; использование и охрану природных условий окружающей среды; сохранение, воспроизводство и рациональное изменение геоэкологического баланса природных систем. Природопользование бывает *нерациональным*, когда деятельность человека не обеспечивает сохранения природно-ресурсного потенциала, и *рациональным*, когда она обеспечивает экономную эксплуатацию природных ресурсов и условий, а также наиболее эффективный режим их воспроизводства с учетом перспективных интересов развивающегося хозяйства и сохранения здоровья людей.

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

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

Природные ресурсы – пространственно-временная категория. Объем природных ресурсов различается по регионам земного шара и в зависимости от стадии социально-экономического развития общества. Тела и явления природы выступают в качестве определенного ресурса в том случае, если в них возникает потребность. Но потребности в свою очередь появляются и расширяются по мере развития технических возможностей освоения природных богатств.

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

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

экономическим соображениям (например, залежи бурого угля на больших глубинах, запасы пресной воды в ледниках).

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

Кроме того, потребности в природном ресурсе могут полностью блокироваться технологической невозможностью их освоения в наши дни, например производство энергии на основе управляемого термоядерного синтеза. Поэтому потенциальные ресурсы образно называют «ресурсами будущего». С развитием научно-технического прогресса потенциальные ресурсы переходят в категорию доступных.

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

Природные ресурсы условно подразделяют на неисчерпаемые и исчерпаемые, заменимые и незаменимые.

Исчерпаемые природные ресурсы, в свою очередь, подразделяются на невозобновимые, относительно возобновимые и возобновимые. К невозобновимым природным ресурсам относятся богатства недр (полезные ископаемые), т. к. после их добычи и использования они не могут стать тем, чем были раньше, а условия на Земле сегодня для их возникновения или восстановления практически отсутствуют. Почва является относительно возобновимым природным ресурсом, т. к. только при грамотном ее использовании сохраняется плодородие, способность получения высоких урожаев возделываемых культур. К возобновимым природным ресурсам относят растительный и животный мир. Они по мере использования могут восстанавливаться.

К *неисчерпаемым природным ресурсам* относят: космические (солнечная радиация, морские приливы и др.), климатические (атмосферный воздух, тепло и влага атмосферы, энергия ветра), водные.

В последние годы в делении природных ресурсов по признаку исчерпаемости произошли изменения. К исчерпаемым и невозобновимым относят минеральные ресурсы, к исчерпаемым и возобновимым – земельные, водные и биологические. Биологические ресурсы подразделяются на растительные и животные.

По отношению к тем или иным компонентам природы различают геологические, минеральные, климатические, водные, земельные, биологические и другие ресурсы. В зависимости от характера использования в производственной и непроизводственной сферах выделяют минерально-сырьевые, топливно-энергетические, промышленные, сельскохозяйственные, рекреационные и другие природные ресурсы.

В зависимости от сектора материального использования природные ресурсы подразделяют на ресурсы промышленного и сельскохозяйственного производства. Ресурсы промышленного производства включают в себя все виды сырья, используемого промышленностью: энергетические (горючие полезные ископаемые, гидроэнергоресурсы, биоконверсионная энергия, ядерная энергия) и неэнергетические (ресурсы металлургии, химии и нефтехимии, лесопереработки и т. п.).

Несомненный познавательный и практический интерес, особенно с геоэкологических позиций, представляет характеристика природных ресурсов по источникам и местонахождению. При этом различают следующие ресурсы: энергетические, атмосферные, водные, литосферы, растений-продуцентов, консументов, редуцентов, климатические, рекреационные, познавательно-информационные, пространства и времени.

Основные отличительные признаки природных ресурсов:

– способность некоторых важных видов в известных пределах и при определенных условиях к самовоспроизводству (саморегулированию) количественного и качественного состояния; способность переходить из одного качественного состояния в другое в результате естественной эволюции и под воздействием человека;

– связь конкретных состояний и оценок природных ресурсов с условиями жизнедеятельности человека; зависимость качественных состояний от технологического способа, характера, интенсивности производственной и непроизводственной деятельности людей;

– зависимость (количественная и качественная) каждого природного ресурса от других.

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

4.2. Понятие ресурсного цикла и принципы рационального использования природных ресурсов

Ресурсный цикл – это совокупность превращений и пространственных перемещений определенного вещества или группы веществ, происходящих на

всех этапах использования его человеком. Ресурсный цикл, иногда называемый антропогенным круговоротом вещества, фактически не замкнут. На всех этапах ресурсного цикла в окружающей среде рассеивается около 98 % добываемого минерального сырья.

Ресурсный цикл включает, во-первых, обмен веществ между природой и обществом, включающий извлечение естественных ресурсов из природной среды, вовлечение их в хозяйственный оборот с последующей утилизацией, а также возвращение трансформированной природной субстанции в окружающую среду; во-вторых, совокупность превращений и пространственных перемещений определенного вещества или группы веществ на всех этапах использования его человеком, включая его влияние, подготовку к эксплуатации, извлечение из природной среды, переработку, превращение и возвращение в природу.

Ресурсные циклы близки к естественным и представляют собой две дуги единого естественно-ресурсного цикла, протекающего в различных средах: природной и социально-экономической. Предполагается, что ресурсные циклы будут постепенно преобразовываться (трансформироваться) на основе тех же принципов, что и естественные циклы – взаимосвязи и замкнутости. Данная организация ресурсных циклов получила название безотходных производств, понимаемых как совокупность технологических процессов, из которых отходы одних используются в качестве сырья для других, что обеспечивает их полную утилизацию.

По мере прохождения через ресурсный цикл вещества, ранее сконцентрированные в том или ином месте локализации, рассеиваются. Рассеиваются не исходные, а трансформированные или утраченные в процессе ресурсного цикла вещества, которые загрязняют окружающую природную среду. Таким образом, главной объективной причиной загрязнения окружающей среды является незамкнутость ресурсного цикла.

Важными моментами в деле рационального природопользования являются планирование и прогнозирование использования природных ресурсов. При планировании следует учитывать все возрастающие темпы использования природных ресурсов и производить перспективный расчет их потребления на базе математических методов прогнозирования.

Бурное развитие научно-технического прогресса сопровождается интенсивным использованием невозобновимых ресурсов, к которым относятся большинство полезных ископаемых. Первоочередными задачами становятся охрана и рациональное использование природных ресурсов, широкое вовлечение в ресурсный цикл возобновляемых источников энергии.

Совершенствование ресурсных циклов базируется на ряде общих принципов.

Принцип системного подхода предусматривает комплексную всестороннюю оценку воздействия производства на среду и ее ответных реакций.

Принцип оптимизации природопользования заключается в принятии наиболее целесообразных решений в использовании природных ресурсов и

природных систем на основе одновременного экологического и экономического подходов, прогноза развития различных отраслей и географических регионов.

Принцип опережения темпов заготовки и добычи сырья темпами выхода полезной продукции основан на снижении количества образующихся отходов в процессе производства, т. е. на более полном использовании одного и того же количества исходного сырья.

Принцип гармонизации отношений природы и производства используется при создании и эксплуатации природно-технических, геотехнических или эколого-экономических систем. Эти системы обеспечивают, с одной стороны, высокие производственные показатели, а с другой – поддержание в зоне своего влияния благоприятной экологической обстановки, максимально возможное сохранение и воспроизводство естественных ресурсов. Своевременное и точное обнаружение опасных ситуаций достигается непрерывным сбором информации о состоянии окружающей среды с помощью наблюдений за ее изменениями, вызванными антропогенными причинами, что позволяет прогнозировать их развитие.

Принцип комплексного использования природных ресурсов и концентрации производства заключается в том, что на базе имеющихся в данном экономическом районе сырьевых и энергетических ресурсов создаются территориально-производственные комплексы, которые позволяют более полно использовать указанные ресурсы и тем самым снизить вредную нагрузку на окружающую среду.

С природопользованием тесно связана и *охрана окружающей природной среды*, которая включает:

- охрану, возобновление и воспроизводство природных ресурсов, их извлечение и переработку;
- использование и охрану природных условий среды жизни человека;
- сохранение, восстановление и рациональное изменение экологического равновесия природных систем.

Принципы рационального использования природных ресурсов и охраны окружающей природной среды включают:

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

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

5. ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ИХ ВОЗМОЖНЫЕ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

5.1. Геоэкологические проблемы использования ресурсов литосферы

Геоэкологические проблемы использования ресурсов литосферы связаны с негативным влиянием природных и техногенных факторов. *Природные факторы* связаны с естественными катаклизмами: периодами активизации вулканической деятельности, тектонических движений, столкновением Земли с астероидами и планетами. *Техногенное загрязнение* чаще всего связано с извлечением из недр Земли токсичных элементов, накоплением в процессе переработки и обогащения первичного минерального сырья высокотоксичных соединений; низкой культурой производства (небрежное хранение и технологически необоснованное использование в сельском хозяйстве химических соединений, ядохимикатов); местами захоронения промышленных и бытовых отходов; авариями на промышленных объектах (прорывы ограждающих дамб с дальнейшим сбросом токсичных отходов в реки и водоемы, аварии на нефтепроводах и т. д.).

Все геоэкологические функциональные зависимости между природной и техногенно преобразованной литосферой, с одной стороны, и человеком – с другой, можно свести к четырем основным группам: ресурсной, геодинамической, геофизической и геохимической.

Ресурсная функция литосферы представлена горными породами, включающими в себя минеральные, органические и органоминеральные элементы. В среднем из недр Земли к поверхности поступает $32,3 \cdot 10^{12}$ Вт геотермальной энергии. Переработка минерального сырья (уголь, нефть, природный газ и др.) является базой формирования нефтехимических, газохимических, углехимических и других комплексов. Рудное сырье используется в черной и цветной металлургии, в химической промышленности (апатиты, фосфориты, поваренная и калийные соли, сера и др.) Некоторые минералы и продукты после химической переработки применяются в виде лекарств и радиоактивных веществ для лечебных целей.

К числу основных антропогенных воздействий на горные породы относятся: статические (нагрузки от зданий и сооружений) и динамические нагрузки (вибрации, удары, толчки при работе транспорта, заводских механизмов, ударных и вибрационных строительных машин), тепловое воздействие (при подземной газификации угля) и др.

Геодинамическая функция литосферы определяется эндогенными (землетрясение, извержение вулканов, цунами и др.) и экзогенными процессами

(деградация мерзлоты, дефляция и ветровая эрозия, заболачивание, термокарст, водная эрозия и др.)

Геофизическая функция литосферы отражает свойства внешних и внутренних геофизических полей (гравитационного, магнитного, электрических, радиационных, тепловых и т. п.) природного и техногенного происхождения, способных во многом влиять на условия функционирования живых организмов в целом и состояние комфортности человека в том числе. К примеру, магнитные поля относятся к сильным и специфическим раздражителям, действующим непосредственно на нервные клетки мозга. Сильные электрические поля неблагоприятно влияют на человеческий организм, особенно на центральную нервную систему. Вибрационные поля отрицательно сказываются на физиологическом состоянии человека, приводя к повышенной утомляемости, торможению двигательных реакций, нарушению координации движения. Длительное воздействие вибрации приводит к нарушению сердечно-сосудистой системы, опорно-двигательного аппарата, нервным расстройствам, поражению мышечных тканей и суставов. При землетрясениях и сейсмических напряжениях возникают ультразвуковые и инфразвуковые волны (акустические поля).

Геохимическая функция литосферы отражает способность геохимических полей (неоднородностей) природного и техногенного происхождения влиять на состояние биоты в целом и здоровье человека в частности. Геохимические неоднородности литосферы – это геохимические зоны и геохимические аномалии. Геохимические неоднородности литосферы делятся на *литохимические*, обусловленные составом горных пород, почв, донных осадков, техногенных грунтов; *гидрохимические* – подземных вод; *атмохимические* – газовым составом почв, горных пород, подземных вод; *сноухимические* – снегового покрова; *биохимические* – биоты. По генезису среди геохимических неоднородностей литосферы следует выделять: *природные*, сформировавшиеся в ходе геологической жизни планеты; *природно-техногенные* (новообразованные), формирование которых произошло в эпоху техногенеза вследствие использования высокоотходных технологий при низком уровне внедрения защитных мероприятий.

5.2. Геоэкологические проблемы атмосферы

Природно-антропогенное воздействие на атмосферу обусловлено привнесением в нее различных загрязнителей. Рост концентрации загрязняющих веществ в атмосфере свидетельствует о том, что естественный экологический баланс нарушен и природная поглотительная емкость атмосферы исчерпана.

Различают естественное (природное) и искусственное (антропогенное) загрязнения атмосферы.

Естественное загрязнение обуславливается природными процессами, таким как вулканическая деятельность, эрозия (разрушение, выветривание

горных пород), дым от лесных пожаров. В воздух попадают частицы морской воды, различные продукты растительного, животного и микробиологического происхождения. Естественные загрязнения носят либо распределительный характер (выпадение космической пыли), либо кратковременный стихийный (лесные и степные пожары, извержение вулканов и др.). Уровень загрязнения атмосферы от естественных источников является фоновым и мало изменяется с течением времени. *Антропогенные трансформации* газового состава атмосферы влекут за собой изменения физических особенностей атмосферы.

Загрязнение атмосферного воздуха может быть локальным, региональным и глобальным. При *локальном* загрязнении концентрация загрязняющих веществ увеличивается на незначительной территории (город, район). При *региональном* загрязнении атмосферного воздуха происходит на территории в сотни километров, которая находится под воздействием выбросов крупных производственных комплексов. *Глобальное* загрязнение соизмеримо с площадью континентов и всего мира.

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

Наряду с химическим загрязнением большую опасность представляет радиоактивное загрязнение воздуха, источниками которого являются испытание ядерного оружия, действующие атомные электростанции, предприятия по производству ядерного топлива, аварии на атомных электростанциях и др.

Крупномасштабные антропогенные изменения поверхности Земли (обезлесение, опустынивание, деградация внутренних морей и озер и др.) обуславливают изменения особенностей энергетического и водного режима атмосферы. Хозяйственная деятельность человека способствует повышению концентрации в атмосфере газов, обладающих парниковым эффектом. Реакция атмосферы на этот процесс заключается в антропогенном усилении естественного парникового эффекта. Наряду с изменениями физических особенностей атмосферы, происходят антропогенные трансформации ее газового состава, в совокупности создающие ряд серьезных геоэкологических проблем. К их числу относятся антропогенное изменение климата и его последствия, нарушение естественного состояния озонового слоя, асидификация окружающей среды, включая кислотные осадки, и локальное загрязнение атмосферы.

5.3. Геоэкологические проблемы использования ресурсов гидросферы

Наращение дефицита водных ресурсов и прогрессирующее ухудшение их качества объединяются под общим понятием деградации природных вод. В пределах крупных речных водосборов и обширных территорий, расположенных в наиболее освоенных в хозяйственном отношении районах Земли, на водные объекты оказывают влияние одновременно многие *антропогенные факторы*. По характеру воздействия на ресурсы, режиму и качеству водных объектов суши их можно объединить в несколько групп:

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

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

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

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

Природные воды могут быть загрязнены различными примесями, которые разделяются с учетом их биологических и физико-химических свойств и приводят к нарушению естественного баланса водных экосистем. Загрязнение *бактериального* или *биологического характера* выражается в появлении в воде патогенных бактерий, вирусов, простейших, грибов и др. С поступлением в водоемы биогенных веществ (азот, фосфор и другие элементы в виде удобрений, моющих средств, отходов животноводческих комплексов, атмосферных аэрозолей и т. д.) возникает антропогенная *эвтрофикация*, которая приводит к резкому возрастанию биомассы фитопланктона благодаря массовому размножению сине-зеленых водорослей, вызывающих «цветение» воды и ухудшающих ее качество и условия жизни гидробионтов.

Химическое загрязнение может быть органическим (фенолы, нефть и нефтепродукты, пестициды, минеральные удобрения) и неорганическим (соли, кислоты, щелочи, металлы и их соединения). Большинство из них являются токсичными (мышьяк, соединения ртути, свинца, кадмия и др.).

Глобальный характер носит загрязнение водных ресурсов *тяжелыми металлами* – прежде всего ртутью, свинцом, кадмием. Ртуть попадает с

бытовыми и промышленными стоками, а также в результате утечек со свалок в водоемы. Накапливаясь в слоях донного ила и грязи, она медленно превращается бактериями в ядовитую метиловую ртуть и затем включается в пищевые цепи.

Физическое загрязнение обусловлено тепловыми (теплоэлектростанции, теплоцентрали), механическими (продукты разрушения почв, мусор, взвеси) и радиоактивными примесями, что приводит к изменению физических свойств воды (прозрачность, цветность, запах, вкус и т. д.).

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

5.4. Геоэкологические последствия использования природных ресурсов

Геоэкологическими последствиями использования природных ресурсов являются: загрязнение природной среды; истощение природных ресурсов; нарушение структуры естественных ландшафтов; сокращение биоразнообразия; антропогенное обезлесение и опустынивание.

Загрязнение природной среды – процесс привнесения в среду или возникновения в ней новых обычно не характерных для нее физических, химических, биологических агентов или превышение в рассматриваемое время естественного среднесуточного уровня концентрации названных выше агентов в среде, приводящих к негативным последствиям. Загрязнение может быть природным и антропогенным. По видам загрязняющих агентов различают физическое (тепловое, радиоактивное, шумовое, электромагнитное, световое и др.), химическое (тяжелые металлы, пестициды, СПАВ, пластмассы, аэрозоли, детергенты и др.) и биологическое или микробиологическое (патогенные микроорганизмы, продукты генной инженерии и др.) загрязнение природной среды. По масштабам загрязнение может быть глобальным, региональным, локальным. По объектам загрязнения различают загрязнение атмосферы, поверхностных и подземных вод, почв, околоземного пространства и т. п. Кроме того, выделяют:

- ингредиентное загрязнение – совокупность веществ, количественно или качественно чуждых естественным биогеоценозам (бытовые стоки, ядохимикаты, минеральные удобрения и др.);
- параметрическое загрязнение – изменение качественных параметров окружающей природной среды (шумовое, тепловое, световое, радиационное, электромагнитное);

– биоценотическое загрязнение – воздействие, вызывающее нарушение в составе и структуре популяций живых организмов (перепромысел, направленная интродукция и акклиматизация видов и т. д.);

– стационально-деструкционное загрязнение – воздействие, приводящее к нарушению и преобразованию ландшафтов и экосистем в процессе природопользования (вырубка лесов, эрозия почв, урбанизация, зарегулирование водотоков).

Загрязнение опасно тем, что загрязнители, попадая в организмы, вызывают их заболевание или гибель. Загрязнение наносит материальный ущерб хозяйственной деятельности.

Истощение природных ресурсов – сокращение количества и ухудшение качества природных ресурсов, нередко приводящее к нарушению экологической безопасности и возникновению экологических проблем. Истощение природных ресурсов приводит к удорожанию ресурсов. Особенно опасно истощение энергетических и жизненно важных природных ресурсов (питьевая вода, почвенно-земельные ресурсы).

Истощение ресурсов идет по нескольким направлениям. Во-первых, истощаются невозобновимые ископаемые энергоресурсы биогенного происхождения – уголь и нефть, хотя их запасы пока достаточно велики. Однако биосфера имеет и альтернативные нескерпаемые источники энергии: ветер, приливы и отливы, солнечную радиацию.

Во-вторых, истощаются такие относительно возобновимые ресурсы, как почва и леса. Почвенный покров планеты страдает от эрозии, в результате которой убывает плодородный слой. Катастрофичной в данное время является вырубка тропических лесов, которые являются одним из крупнейших источников кислорода, жизненно важного ресурса нашей планеты. Тропические леса исчезают в силу увеличения населения в этих районах и обусловлены выружкой реликтовых пород деревьев и кустарников. Другим значительным источником кислорода является фитопланктон океана. Но и этот источник кислорода находится под угрозой, т. к. океан с громадной скоростью загрязняется отходами промышленного и сельскохозяйственного производства. Таким образом, биогенные ресурсы кислорода хотя и являются возобновимыми, но в настоящий момент находятся под угрозой истощения.

В третьих, из-за загрязнения водоемов под угрозой исчезновения оказались запасы чистой пресной воды. Загрязняясь биогенами, водоемы подвергаются эвтрофикации, многие из них превращаются в болота, становясь непригодными для жизни рыб ценных промысловых пород. При загрязнении абиогенными продуктами сельскохозяйственного и промышленного производства (тяжелыми металлами и ксенобиотиками) воды становятся токсичными для своих обитателей.

Поскольку самовосстановление и саморегуляция являются природными свойствами экосистем, то почвы, воздух и вода в природных экосистемах способны к самоочищению. Однако из-за вымирания под натиском деятельности человека многих биологических видов – звеньев трофических

цепей – экосистемы теряют способность к восстановлению и начинают разрушаться сами.

Нарушение структуры естественных ландшафтов – изменение соотношения естественных и антропогенных ландшафтов, приводящее к нарушению экологической устойчивости природной среды (проявление водной эрозии, дефляции, образование оползней, карста, термокарста и др.).

Сохранение биологического 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: разнообразие среди представителей одного вида, между различными видами, между экосистемами. Под генетическим разнообразием понимаются вариации генов внутри видов. 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.

Причинами ускоренного снижения биологического разнообразия являются: быстрый рост народонаселения и экономики; неспособность рыночной экономики оценить истинную ценность современного биоразнообразия; увеличение миграции населения, рост международной торговли и туризма; увеличение объемов загрязняющих веществ, поступающих в среду; интродукция новых видов, сопровождающаяся вытеснением или истреблением местных видов; разрушение местообитаний; браконьерство.

Право всех видов живых организмов на существование, а также наличие возможности наслаждения природой, ее красотой и разнообразием являются *основными причинами необходимости сохранения биоразнообразия*, т. к. оно имеет высочайшую ценность. Разнообразие – основа эволюции жизненных форм. Снижение генетического и видового разнообразия подрывает дальнейшее совершенствование форм жизни. Экономическая целесообразность биоразнообразия заключается в том, что дикая природа – источник селекции домашних растений и животных.

Антропогенное опустынивание и обезлесение. Под *обезлесением* понимают исчезновение леса в результате естественных причин или антропогенных воздействий.

Леса составляют около 85 % фитомассы мира. Они играют важнейшую роль в формировании глобального цикла воды, а также биогеохимических циклов углерода и кислорода. Леса мира регулируют климатические процессы и водный режим мира. Экваториальные леса являются важнейшим резервуаром биологического разнообразия, сохраняя 50 % видов животных и растений мира на 6 % площади суши.

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: активизируются эрозионные процессы; мелеют и заиливаются реки; лесная почва быстро теряет свое плодородие; изменяется микроклимат территории; животные лишаются своего привычного местообитания и пищевых ресурсов.

Пустыни в отличие от лесов являются экосистемами с низкой биологической продуктивностью. Общая площадь пустынь и полупустынь на земном шаре составляет 48,4 млн км² или 43 % площади жизнепригодной суши. Под *опустыниванием* понимается деградация земель в засушливых районах вследствие причин колебания климата и деятельности человека. Оно связано с потерями местностью сплошного растительного покрова и 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 [6].

Признаками опустынивания являются: сокращение степени покрытости почвы растительностью; увеличение отражательной способности поверхности почвы; значительная потеря многолетних растений, особенно деревьев и кустарников; деградация и эрозия почвы; наступление песков и засоление почв. Все эти природные процессы типичны для аридных ландшафтов, и они регулируются естественным образом. Но когда они усиливаются в результате действий человека, то многие изменения становятся необратимыми.

5.5. Методы и направления защиты компонентов окружающей среды от антропогенного загрязнения

Рациональное использование ресурсов верхней части литосферы (недр) обеспечивается комплексом мероприятий, которые включают: комплексное геологическое изучение недр и предотвращение самовольного их использования; наиболее полное извлечение из недр запасов основных полезных ископаемых и попутных компонентов; предотвращение вредного влияния на окружающую среду работ, связанных с использованием недр, и снижение потерь при транспортировке полезных ископаемых; контроль за сохранением элементов ландшафта; охрана месторождений полезных ископаемых от затопления, обводнения, пожаров и других вредных воздействий; предотвращение загрязнения недр при подземном хранении нефти, газа и иных веществ, захоронении отходов производства.

Основными направлениями защиты атмосферного воздуха являются следующие мероприятия: *санитарно-технические* (строительство сверхвысоких труб, установка газопылеочистного оборудования, герметизация производственных процессов и др. Основная масса очищаемых и улавливаемых веществ – твердые частицы); *технологические* (внедрение малоотходных или безотходных технологий, соответствующая подготовка сырья, замена сухих

технологических способов на мокрые и т. п.); *пространственно-планировочные* (выделение санитарно-защитных зон, планировка городской и промышленной застройки в соответствии с преобладающими ветрами, озеленение и пр.); *контрольно-запретительные* (введение величин предельно допустимых концентраций веществ и выбросов в окружающую среду, запрещение производства отдельных веществ, временная приостановка загрязняющей деятельности, мониторинг загрязнения воздуха).

Наиболее эффективной мерой по защите воздушного бассейна от загрязнения является *экологизация технологических процессов*. Она предусматривает создание замкнутых технологических циклов, малоотходных технологий, исключающих попадание в атмосферу вредных веществ, а также замену местных котельных установок на централизованное теплоснабжение, предварительное очищение топлива и сырья от вредных примесей, применение гидрообеспыливания, перевод машин на электропривод и др.

Для очистки газовых выбросов от аэрозолей (пыли, золы, сажи) и токсичных газо- и парообразных примесей в настоящее время применяют различные типы устройств в зависимости от степени запыленности воздуха, размеров частиц и требуемого уровня очистки (сухие и мокрые пылеуловители, электрофильтры и др.).

В настоящее время разработаны и применяются различные *методы* очистки газов от загрязнителей: *абсорбция* (растворение вредной газовой примеси сорбентом, как правило, водой); *адсорбция* (улавливание поверхностью микропористого адсорбента – активированного угля, силикагеля, цеолитов – молекул вредных веществ); *хемосорбция* (улавливание газовых примесей нерастворимых или плохо растворимых в воде); *термическое дожигание* (пиролиз – процесс окисления вредных веществ кислородом воздуха при температурах 900–1200 °С); *каталитические методы* (осуществляются в термokatалитических реакторах изменением катализаторов – палладий, платина, которые ускоряют протекание реакции или делают их возможными при температурах 250–400 °С).

Методы защиты водных ресурсов от загрязнения сточными водами. В настоящее время наиболее актуальные вопросы в решении проблем образования больших объемов сточных вод связаны с проведением различных организационно-планировочных, технологических и санитарно-технических мероприятий.

Среди *организационно-планировочных мероприятий*, которые способствуют предотвращению истощения водных ресурсов и улучшению качества поверхностных и подземных вод, является очистка сточных вод. Проведение очистки сточных вод заключается в рациональном размещении устройств водозабора и водоотвода. Для увеличения интенсивности перемещения и кратности разбавления стоков применяются рассредоточенные выпуски стоков через трубы, расположенные поперек русла реки.

Технологические мероприятия включают в себя разработку и внедрение малоотходных и безводных производств, сокращение объемов потребления за счет внедрения систем водооборотного водоснабжения; строительство

разделительных систем хозяйственного и бытового водоснабжения; применение некоторых видов сточных вод для сельскохозяйственного орошения, охлаждения энергетических установок и др.

Для ликвидации бактериального загрязнения применяется обеззараживание сточных вод (дезинфекция).

Санитарно-технические мероприятия включают механические, биологические, физико-химические методы очистки сточных вод.

Механический метод очистки предназначен для удаления нерастворимых примесей, твердых частиц и частиц жиро-, масло-, нефтепродуктов и осуществляется процеживанием, отстаиванием, обработкой в поле центробежных сил, фильтрованием и др.

Физико-химические методы используют для очистки от растворенных примесей (солей тяжелых металлов, цианидов, фторидов и др.), а в некоторых случаях и от взвешенных веществ. Из них наиболее распространены: *флотация* (обволакивание частиц примесей мелкими пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду, и поднятие их на поверхность, где образуется слой пены); *коагуляция* (физико-химический процесс по удалению мутности воды); *реагентный метод* (применяется для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов, цианидов, хрома, фторидов и т. д.); *озонирование* (одновременное окисление примесей, обесцвечивание, дезодорация, обеззараживание сточной воды и насыщение ее кислородом); *мембранный метод* (основан на использовании специальных полупроницаемых селективных мембран, отделяющих фильтрат от очищаемого раствора) и др.

Биологический метод основан на процессе биохимического разрушения органических загрязнений в очистных сооружениях под воздействием комплекса бактерий и простейших микроорганизмов, развивающихся в данном сооружении. При этом органические соединения окисляются до воды и углекислого газа. Биохимическая очистка производственных сточных вод производится в аэрофильтрах (биофильтрах), аэротенках и биологических прудах.

Одним из основных направлений работы по охране водных ресурсов является внедрение новых технологических процессов производства, переход на замкнутые (бессточные) циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах. Замкнутые циклы промышленного водоснабжения дадут возможность полностью ликвидировать сбрасывание сточных вод в поверхностные водоемы, а свежую воду использовать для пополнения безвозвратных потерь.

6. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ

Для оценки характера и глубины техногенного воздействия, определения допустимого предела воздействия или допустимой антропогенной нагрузки на геосистему, за которыми наступают необратимые и нежелательные ее

изменения, необходимо в каждом конкретном случае определять устойчивость геосистемы к техногенным нагрузкам.

Всякая геосистема приспособлена к определенным условиям, в пределах которых она устойчива и нормально функционирует даже при возмущениях внешних природных факторов, что обуславливает динамичность геосистемы.

К общим критериям устойчивости геосистем относятся: высокая организованность, интенсивное функционирование и сбалансированность функций геосистем, включая биологическую продуктивность и возобновимость растительного покрова. Измененные человеком геосистемы, как правило, менее устойчивы, чем первичные, поскольку естественный механизм саморегулирования в них нарушен. Поэтому экстремальные отклонения параметров внешней среды, которые «гасятся» в естественной геосистеме, могут оказаться разрушительными для антропогенной модификации: один заморозок может погубить культурную растительность, пыльная буря за несколько дней может разрушить почвенный слой на распаханной территории.

Техногенные воздействия часто превосходят природные, они более разнообразны (например, загрязнение нефтью и нефтепродуктами, твердым отходами и др.). Все это вызывает необходимость в специальных исследованиях реагирования геосистемы на конкретные воздействия, которые должны быть положены в основу проектов по природопользованию.

Техногенез – совокупность процессов техногенного воздействия общества на природную среду. Примерами техногенеза служит трансформация рельефа и литологического фундамента природных систем в процессе добычи минеральных ресурсов и строительства, а также вырубка леса, осушение болот, загрязнение водного и воздушного бассейнов отходами различных производств и др.

Основные причины возникновения техногенеза – эксплуатация природных ресурсов и функционирование технических систем, осуществляющих сброс отходов в природную среду. Источниками техногенеза являются различные технологические процессы промышленных и сельскохозяйственных производств, транспорт, объекты строительства, производственной и социально-бытовой инфраструктуры, рекреации и т. п.

Образование техногенных ландшафтов характеризуется техногенной миграцией элементов, необратимо исключаящихся из круговорота веществ, и включением в них не свойственных данной природной среде техногенных элементов; механическим нарушением целостности ландшафтной среды. Это приводит к изменению рельефа, физико-химических и механических свойств почвы, исчезновению присущих данной природной среде растений и животных во всем их многообразии, полной трансформации ранее существующего ландшафта. В связи с этим сформировались такие системы, в которых большую, если не определяющую, роль играют не только естественные, но и техногенные процессы. Эти системы можно назвать природно-техногенными.

Природно-техногенная система (ПТС) представляет собой структурированную пространственно-временную систему взаимодействующих

природных и техногенных компонентов окружающей среды, взаимообусловленных в своем размещении, характеризующаяся антропогенной нагрузкой на природные компоненты среды.

Природно-техногенные системы отличаются двойственностью. *С одной стороны*, первоначальные природные их особенности в значительной степени изменены и состояние ПТС определяется антропогенной нагрузкой на них. *С другой стороны*, основные особенности их функционирования во многом зависят от природных условий, в которых эти системы размещаются. Основные компоненты ландшафта, такие, как рельеф, геологическое строение, климат и до некоторой степени природные воды сохраняют свои основные особенности и в пределах ПТС, оказывая решающее влияние на состояние природно-техногенной системы.

Геоэкологические проблемы урбанизации. Одна из важнейших общемировых проблем – урбанизация, или быстрый рост городов и городского населения. Городские системы потребляют, перерабатывают и превращают в отходы значительную массу воды, продовольствия и топлива. При этом города развитых стран отличаются повышенным потреблением всех услуг систем жизнеобеспечения. С развитием урбанизации связаны специфические типы использования земель. Территория занимает под объекты, не имеющие аналогов в природном ландшафте, – населенные пункты с промышленными предприятиями и жилыми кварталами, дороги, трубопроводы и другие инженерные сооружения. Важнейшая качественная особенность воздействия урбанизации на природную среду состоит в том, что главным фактором оказываются производственные и коммунально-бытовые отходы, а основной механизм влияния – ландшафтно-геохимический. Данный механизм приводит в действие систему техногенной миграции химических элементов, затрагивающую практически все компоненты ландшафта. В системе техногенных химических потоков особая роль принадлежит наиболее подвижной среде – атмосфере, обеспечивающей перенос загрязняющих веществ на дальние расстояния и, в конечном счете, на всю географическую оболочку.

Геоэкологические проблемы сельского хозяйства. Сельскохозяйственное использование земель ведет к уничтожению естественных экосистем и к насаждению монокультур на значительных территориях. Окультуренные пастбища в значительной степени представляют собой деформированные естественные системы. Наконец, выращивание лесов с целью быстрого получения древесины практически никогда не позволяет лесным экосистемам полностью восстановить свой потенциал регуляции окружающей среды. Сельское хозяйство обеспечивает устойчивость в получении продуктов питания, но оно экологически опасно, т. к. агроценозы (агроэкосистемы) дестабилизируют окружающую среду за счет размыкания биохимического круговорота, которое человек стремится компенсировать энергетическими вложениями. Внесение больших доз минеральных удобрений и пестицидов ведет к интенсивному загрязнению почвы и водных объектов. Поэтому главная задача сельского хозяйства – создание устойчивых агросистем, обеспечивающих не

только высокую продуктивность земель, но и снижающих их дестабилизирующую роль.

Сущность управления сельскохозяйственными геосистемами состоит в установлении и поддержании оптимального режима их функционирования. Конкретно это выражается в применении наиболее эффективной (для определенных физико-географических условий) системы севооборотов, разумном использовании техники и удобрений, соблюдении допустимой нагрузки на сельскохозяйственные угодья, выборе оптимальных норм и способов осушения и орошения, правильном проведении культурно-технических мероприятий и других приемов сельскохозяйственного производства. Управление включает меры по предотвращению или ограничению негативных природно-антропогенных процессов (эрозии, вторичного засоления и заболачивания и др.); предупреждению загрязнения биогеоценозов удобрениями, пестицидами и нефтепродуктами; формированию оптимальной структуры сельскохозяйственных угодий. Наконец, важным элементом управления выступает геоэкологический мониторинг, который включает наблюдение и контроль за состоянием плодородия почв, биологической продуктивностью и степенью загрязнения сельскохозяйственных ландшафтов.

Геоэкологические аспекты промышленности. К промышленным геосистемам относят различные технические объекты промышленного назначения в совокупности с окружающей их природной средой, на которую эти объекты существенно влияют. Ими могут быть отдельные промышленные предприятия (например, рудники, фабрики по первичной обработке сырья, химические заводы, электростанции и др.) или сложные производственные комплексы (например, горнометаллургические и горнохимические комбинаты, лесопромышленные комплексы и др.). Воздействие промышленных объектов на природные системы выражается в загрязнении воздуха, почв, в отчуждении земель, уничтожении растительности, нарушении пространственной структуры ландшафтов и т. д.

Управление промышленными геосистемами представляет собой сложную задачу. В каждом конкретном случае в зависимости от типа предприятия и состояния природной среды оно осуществляется разными путями. В первую очередь следует выделить мероприятия, нуждающиеся в производственно-технологической перестройке, для чего необходимо внедрение новых ресурсо- и средосберегающих технологий и методов производства; применение более совершенных способов очистки и улавливания отходов производства и их утилизации; комбинирование производств на базе комплексного использования сырья и полуфабрикатов. При высокой территориальной концентрации промышленных предприятий и неблагоприятных природно-экологических условиях (например в случае дефицита водных ресурсов) один из путей регулирования состояния геосистем – территориальное рассредоточение некоторых производств, проектирование и размещение промышленных объектов в других более благоприятных условиях. Особое значение

приобретает установление (или расширение) санитарно-защитных зон, размеры которых должны соответствовать перспективной мощности предприятий, виду, количеству и дальности распространения выбросов. В районах размещения горнодобывающей промышленности (особенно открытой добычи руд, угля, торфа, строительных материалов и других полезных ископаемых) необходимы мероприятия по рекультивации нарушенных природных комплексов.

Геоэкологические проблемы транспорта. Загрязнители воздуха, непосредственно продуцируемые автомобилями, такие, как окись углерода, оксиды азота, углеводороды или свинец, главным образом накапливаются по соседству с источниками загрязнения, т. е. вдоль шоссе и дорог, улиц, в тоннелях, на перекрестках и пр. Таким образом, создаются *локальные* геоэкологические воздействия транспорта. Часть загрязнителей транспортируется на большие расстояния от места эмиссии и вызывает *региональные* геоэкологические воздействия. Двуокись углерода и другие газы, обладающие парниковым эффектом, распространяются на всю атмосферу, вызывая *глобальные* геоэкологические воздействия.

Вследствие значительных воздействий транспорта на локальном, региональном и глобальном уровнях необходимо стремиться к осуществлению следующих направлений: потребление горючих ископаемых для транспорта должно сокращаться; должны быть установлены, основанные на передовой технологии, общемировые стандарты выбросов в атмосферу для всех видов транспорта; каждой стране следует разработать и осуществлять программу контроля эмиссии всех источников и видов транспорта; совершенствовать и развивать надежную и общедоступную систему общественного транспорта; при планировании развития транспортных систем использовать системный подход, направленный на комплексное решение экологических проблем; устранять причины, а не следствия геоэкологических проблем на транспорте.

Общая цель в системном управлении транспортом заключается в нахождении оптимального соотношения между обеспечением потребностей общества и снижением загрязнения окружающей среды.

Геосистемы транспортного назначения (автомобильные, железнодорожные, трубопроводные и др.) включают созданные человеком коммуникации и прилегающие к ним измененные природные комплексы. Они имеют преимущественно линейный характер распространения и соответственно воздействия их технических элементов на природную среду. Следует различать воздействие на природу стационарных инженерных сооружений, транспортных средств и транспортируемых грузов, мероприятий по ремонту и содержанию дорог. Влияние эксплуатации объектов транспортной инфраструктуры на окружающую природную среду возрастает по мере увеличения интенсивности их использования. Следует отметить факторы, затрудняющие управление транспортными геосистемами: расчленение коммуникациями природно-территориальных комплексов, ведущее к нарушению сложившихся связей между их структурными элементами; низкие

показатели экологической безопасности транспортных средств (особенно автомобилей) на малых территориях; трудность локализации неблагоприятных последствий воздействия транспорта (прежде всего загрязнения) на природную среду; отставание темпов развития дорожной сети от темпов автомобилизации.

Таким образом, в общем плане сущность антропогенного воздействия на природно-техногенные системы можно определить как изъятие вещества и энергии из окружающей среды; привнесение в природу различных отходов производства и других веществ; трансформацию компонентов и процессов в природных системах; привнесение в природу чуждых для нее технических и техногенных объектов.

7. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ И ОПАСНЫХ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ И ЯВЛЕНИЙ

К неблагоприятным и опасным природным процессам и явлениям (НОЯ) относятся все те, которые отклоняют состояние окружающей среды от диапазона, оптимального для жизни человека и ведущегося им хозяйства. Число и разнообразие видов НОЯ растут по мере усложнения производства и проникновения человека в районы с непривычной природной обстановкой.

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

Воздействия НОЯ на ПАГ и отдельные объекты различаются по характеру физической сути природного явления, длительности и площади воздействия, величине наносимых потерь, предсказуемости и типу самой ПАГ.

По форме воздействия на те или иные объекты НОЯ могут быть разрушительными, парализующими (останавливающими движение транспорта и др.) и истощающими (снижающими урожай, плодородие почв, запасы воды и других природных ресурсов). Это подразделение, однако, весьма условно, поскольку форма воздействия зависит также от типа затронутого объекта.

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

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

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

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

Социальный ущерб обычно измеряют числом жертв, раненых и пострадавших (например потерявших кров) в очаге ЧС. Можно также

принимать во внимание число людей, так или иначе затронутых последствиями ЧС за пределами ее очага.

Потери в виде жертв и увечий (утраты трудоспособности) могут быть оценены в денежной форме несколькими способами: через стоимость содержания инвалида; утрату прибыли от потери работника; величину доплаты за профессиональный риск; стоимость мер, необходимых для снижения смертности.

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

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

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

Экономический ущерб от слабых, рассеянных воздействий НОЯ создается множеством мелких поломок, ускоренным износом зданий и коммуникаций, повышенными потерями тепла и выступает в форме предвидимого увеличения эксплуатационных расходов, снижения производительности труда, средней многолетней урожайности в сравнении с ее величиной в лучшие годы.

Геоэкологический ущерб природе возможен при событиях природно-антропогенного характера. Прямые потери эксплуатируемых природных

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

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

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

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

Виды антропогенной деятельности могут быть объединены в группы, отличающиеся по технологии, характеру, масштабу, скорости, продолжительности, месту воздействия на природу. В целом они соответствуют основным отраслям и секторам хозяйства. Рассматриваемая классификация антропогенных воздействий (АВ) состоит из трех классов, подразделяющихся на подклассы и группы.

К **первому классу** АВ относятся все виды *эмиссионных антропогенных воздействий* (ЭАВ), т. е. различные виды выбросов загрязняющих веществ во все сферы природной среды (воздушный бассейн, поверхность почвы, водоемы всех типов и т. д.). Этот класс включает в себя выбросы всех видов источников загрязнений: площадных, локальных, грунтовых. В качестве загрязнителей могут быть газообразные, жидкие и твердые вещества в диспергированном (измельченном) состоянии. *Первый подкласс* ЭАВ – газообразные выбросы в атмосферу – подразделяется на следующие группы: нейтральные газовые

выбросы, токсические газовые выбросы, термодинамически-активные газовые выбросы. Последних иногда называют малыми газовыми составляющими (МГС) атмосферы. *Второй подкласс ЭАВ* – выбросы аэрозолей в атмосферу – подразделяется на две группы: неорганические жидкие и твердые частицы, органические жидкие и твердые частицы. *Третий подкласс ЭАВ* – аэрозоли, седиментирующиеся на поверхностях литосферы, гидросферы, криосферы. Он разделяется по степени дискретности. От размера аэрозолей зависит скорость их осаждения из точек выбросов, расположенных над уровнем поверхности. *Четвертый подкласс ЭАВ* – выбросы, подразделяющиеся по степени биологической токсичности, а также по биогенным свойствам, зависящим от ионного состава.

Ко *второму классу АВ* относятся *фоново-параметрические антропогенные воздействия* (ФПАВ). Принципиальная особенность таких воздействий состоит в их распространении на значительных пространствах поверхности планеты и окружающих ее геосфер. Это тепловое, радиоактивное, ионизационное, шумовое загрязнения. Они могут быть количественно оценены в любой точке пространства путем прямых измерений. *Первый подкласс ФПАВ* – это воздействия, приводящие к нагреву всех геокомпонентов природной среды, связанному с повышением энтропии всей системы геоболочек. Причина этого явления очевидна. Сгорание углеводородного топлива, источники гидро- и ветроэнергии, атомные и тепловые станции составляют основу промышленного производства и жизнеобеспечения общества. Но отсутствие механизмов и устройств с коэффициентом полезного действия, равным единице, приводит к тому, что значительная часть энергии идет на повышение температуры среды. Другой стороной этого процесса в условиях относительной системной закрытости природной среды является повышение энтропии как меры статистической неупорядоченности. *Второй подкласс ФПАВ* связан с увеличением радиоактивного фона природной среды в результате деятельности атомной энергетики и испытаний ядерного оружия. Особо опасен процесс выброса радионуклидов при нештатных ситуациях, возникающих в реакторах атомных электростанций и в других видах реакторов. *Третий подкласс ФПАВ* на природную среду и особенно ее биосферу составляют шумовые воздействия. Этот вид загрязнения пока не привлек внимания исследователей. Между тем влияние шумов повышенного уровня катастрофически сказывается на биологических условиях жизни, сокращает продолжительность жизни и угнетает умственную деятельность человека. *Четвертый подкласс ФПАВ* выражается в изменении ионизационного состояния природной среды, главным образом верхних слоев атмосферы, под влиянием ряда производственных процессов. Невозмущенному состоянию атмосферы соответствует превышение количества отрицательных ионов над числом положительных в единице объема. Это положение благотворно сказывается на некоторых биохимических и физиологических процессах у живых организмов, в том числе и у человека. Мощным источником отрицательных ионов является растительность. В загрязненной атмосфере меняется общее число ионов. В ней начинают

преобладать положительно заряженные ионы, что приводит к эффекту токсичности воздуха. Другим негативным следствием этого вида воздействий служит снижение атмосферой проводимости коротковолновых электромагнитных колебаний в ионосфере.

Наиболее обширная группа воздействий антропогенного происхождения составляет **третий класс АВ** – это *ландшафтно-деструктивные антропогенные воздействия* (ЛДАВ). Они объединяют все виды направленного или непреднамеренного изменения ландшафтов. К ним относятся вырубка лесов, исчезновение биологических видов, урбанизация, создание агроценозов вместо естественных биоценозов и многие другие формы деструкции природных ландшафтов. ЛДАВ несут ярко выраженный географический аспект. Из огромного числа различных форм воздействий этого класса выделим три основных подкласса. *Первый подкласс* ЛДАВ – урбанизация. Отмечают три основные характеристики этого процесса: рост и развитие городов с увеличением доли городского населения, приобретение сельской местностью черт, присущих городам и, наконец, повышение роли городов в ходе развития общества. *Второй подкласс* ЛДАВ связан с заменой естественных биогеоценозов агроценозами. Создаваемые для получения высокоурожайных сельскохозяйственных культур агроценозы, по своей сути, являются деградированными экосистемами, из которых принудительно изъяты многие растительные и животные сообщества. Поэтому без систематических внесений энергетических ресурсов самостоятельное существование агроценозов как устойчивых геоэкологических систем невозможно. *Третий подкласс* ЛДАВ – мелиорация естественных ландшафтов. Основным экологическим следствием этого является изменение микро- и мезоклимата мелиорированных регионов.

Критерии оценки современного состояния окружающей среды. В настоящее время серьезные нарушения состояния окружающей среды обусловлены обострением геоэкологических проблем и, как следствие, ведут к ухудшению условий жизнедеятельности человека. В связи с этим геоэкологическая обстановка в наиболее населенных и экономически развитых регионах остается неблагоприятной, а загрязнение окружающей среды – высоким. Геоэкологическую обстановку можно классифицировать по возрастанию степени (уровня) геоэкологического неблагоприятия в результате природно-антропогенных нарушений. В основу выделения этих уровней положено ранжирование нарушений окружающей природной среды в результате антропогенной деятельности. 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 природных экосистем, ее относительной стабильности, удовлетворительного здоровья населения. Значения прямых критериев оценки ниже ПДК или фоновых (деградация земель составляет менее 5 % от общей площади);

– *геоэкологического риска*, или класс условно удовлетворительного (неблагоприятного) состояния окружающей среды, имеющей территории с заметным снижением продуктивности и устойчивости природных экосистем, их нестабильным состоянием, 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 составляет 5–20 % от общей площади);

– *геоэкологического кризиса*, или класс неудовлетворительного состояния окружающей среды или чрезвычайной геоэкологической ситуации. В эту зону входят территории с сильным снижением продуктивности, потерей устойчивости природных экосистем, труднообратимыми нарушениями. Отмечена серьезная угроза здоровью населения. Значения прямых критериев оценки значительно превышают ПДК или фон (деградация земель составляет 20–50 % от общей площади);

– *геоэкологического бедствия* – катастрофы, или класс ката-строфического состояния окружающей среды. Она включает территории с полной потерей продуктивности, глубокими практически необратимыми нарушениями природных экосистем. Здоровье населения значительно ухудшено. Происходит нарушение природного равновесия, деградация флоры и фауны, потеря генофонда. Значения прямых критериев оценки многократно превышают ПДК или фон (деградация земель составляет более 50 % от общей площади).

Характеристика зон и определение классов геоэкологического состояния окружающей среды дается с использованием и взаимным учетом тематических, пространственных и динамических критериев оценки.

Под *критерием* подразумевают описание совокупности показателей, позволяющих охарактеризовать ухудшение состояния окружающей среды. Показатели означают размер, а параметры – границы интервалов, соответствующих степеням экологического неблагополучия территорий.

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

Ботанические критерии имеют наибольшее значение, поскольку они не только чувствительны к нарушениям окружающей среды, но и наилучшим образом прослеживают зоны геоэкологического состояния по размерам в пространстве и по стадиям нарушения во времени. Ботанические показатели весьма специфичны, т. к. 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. 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 состояния окружающей среды. Зону риска определяют главным образом по геоэкологическим критериям начальной стадии нарушения – синантропизации, потере стадного поведения, изменении путей миграции, реакции толерантности. Последующие стадии нарушения оценивают дополнительно по пространственным, демографическим и генетическим критериям. Зона кризиса характеризуется нарушением структуры популяций, сужением ареала распространения и обитания, нарушением продуктивного цикла. Зона бедствия отличается исчезновением части ареала или местообитания, массовой гибелью возрастных групп, резким ростом численности синантропных и нехарактерных видов, интенсивным ростом антропо-зоонозных заболеваний.

Почвенные критерии рассматривают в статусе оценочных критериев территорий, т. к. 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 значение для оценки площади пораженности территории. 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.

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.

Динамические критерии наиболее достоверны для выявления зон геоэкологического нарушения по скорости нарастания неблагоприятных изменений окружающей среды. Статические критерии выявления зон

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

В настоящее время 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 понятия «*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, т. е. 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.

8. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В РЕШЕНИИ ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ И СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

8.1. Направления международного сотрудничества в области решения геоэкологических проблем

В основе глобальных геоэкологических проблем лежат процессы и явления глобального масштаба, которые касаются основ существования человеческой цивилизации и требующие для своего решения участия всего мирового сообщества. Находим также отметить особый международный статус некоторых природных ресурсов – ресурсов мирового океана, ландшафтов суши, атмосферного воздуха, космоса, что ставит проблему координации усилий по их рациональному использованию. Государства, нации и страны должны более ответственно подходить к решению геоэкологических проблем на основе международного сотрудничества.

В настоящее время можно выделить следующие *основные направления международного сотрудничества*: сохранение природных систем, не затронутых хозяйственной деятельностью и способствующих поддержанию планетарного геоэкологического равновесия; рациональное использование природных ресурсов; создание эффективной системы международной экологической ответственности (в том числе ответственность за разрушение окружающей среды в ходе военных действий).

Данные направления сотрудничества предусматривают ряд мероприятий, среди которых можно выделить финансовое содействие и техническую помощь развитых стран развивающимся государствам; экологизацию общественных

потребностей; структурную перестройку национальных экономик; создание системы представительства в международных организациях и на форумах экологического профиля; формирование механизмов международной ответственности в области охраны окружающей среды; экологическое налогообложение; выработку совместных стратегий и концепций.

Направления международного сотрудничества в области решения геоэкологических проблем:

– сотрудничество, ориентированное на координацию законодательной деятельности и обеспечивающее решение межгосударственных геоэкологических проблем;

– взаимодействие исполнительных структур отдельных государств, ориентированное на координацию разработки и реализацию экологических программ под эгидой ООН;

– сотрудничество конвенционного типа, предполагающее единый подход к решению конкретных геоэкологических проблем отдельных территорий и объектов;

– научно-техническое сотрудничество, ориентированное на взаимный обмен информацией научного характера, совместное выполнение природоохранных разработок, комплексное использование приборов, осуществление научных проектов, экспертиз и т. д.

Формы международного сотрудничества: международные организации по охране природы; международные договоры, соглашения, конвенции; государственные инициативы по международному сотрудничеству.

Международный механизм охраны окружающей среды и международные организации. Международный механизм охраны окружающей среды обеспечивает практическую реализацию требований и принципов права окружающей среды. Его составными элементами являются: Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП), другие специализированные учреждения и органы ООН, межправительственные региональные организации вне системы ООН и неправительственные международные организации, осуществляющие природоохранные функции.

На ЮНЕП возложены задачи по обеспечению целостного комплексного подхода государств к решению проблемы охраны окружающей среды и развитию международного природоохранительного сотрудничества. Деятельность ЮНЕП основывается на среднесрочных программах. Нынешняя программа включает следующие приоритетные области: населенные пункты и здравоохранение, экосистемы суши, окружающая среда и развитие, океаны, энергия, стихийные бедствия. Она охватывает также три функциональных направления: оценку окружающей среды, вспомогательные меры, управление окружающей средой, включая право окружающей среды.

Кроме ЮНЕП, важную роль в развитии международного природоохранительного сотрудничества играет ряд других специализированных органов и учреждений ООН. Так, ЮНЕСКО является

ведущей организацией в деле развития международного сотрудничества, касающегося естественнонаучных и образовательных аспектов охраны окружающей среды, ведет известную в мире научную программу «Человек и биосфера» (МАЕ), в выполнении которой принимает участие около ста стран. Продовольственная и сельскохозяйственная организация (ФАО) уделяет внимание вопросам охраны земель, лесов, животного мира, суши и биологических ресурсов морей и океанов. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) занимается вопросами производственной и коммунальной санитарии, борьбы с эпидемиями, оздоровления условий жизни людей. Всемирная метеорологическая организация (ВМО) координирует работу по сбору, обработке, хранению и распространению гидрометеорологической информации, а также информации о загрязнении атмосферы Земли. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) контролирует защиту окружающей среды от опасного радиоактивного заражения.

Существенный вклад в развитие международного природоохранного сотрудничества вносят и многочисленные неправительственные международные организации: Всемирный совет окружающей среды и ресурсов, Всемирная федерация по охране животных, Международный туристический союз и др. Большую работу среди них проводит Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП). В соответствии со своим уставом он содействует сотрудничеству между правительствами, национальными и международными организациями путем проведения национальных и международных природоохранных мероприятий.

Таким образом, осознание важности и актуальности проблем охраны окружающей среды в глобальном масштабе привело к тому, что природоохранная деятельность государств ныне вышла на арену широкого международного сотрудничества. Для этого уже имеются необходимая правовая база и международный механизм природоохраны. Дальнейшие шаги в этом направлении во многом зависят от доброй воли всех государств, их готовности решать собственные экологические проблемы и активно участвовать в дальнейшем развитии международного природоохранного сотрудничества.

Международно-правовая охрана окружающей среды. Совокупность международно-правовых актов, охватываемых отраслью права окружающей среды, по объекту правового регулирования можно разделить на несколько основных групп: акты общего характера, а также по охране и использованию морской среды, международных рек, атмосферы Земли, космоса, земельных ресурсов, лесов, животного мира, уникальных природных комплексов.

Из международных актов общего характера выделяются Декларация Конференции ООН по проблемам окружающей среды и Всемирная стратегия охраны природы. Несмотря на то, что эти акты имеют не обязательный, а рекомендательный характер, они оказывают положительное влияние на развитие международного природоохранительного сотрудничества. Всемирная стратегия охраны природы содержит обширный комплекс рекомендаций

правительствам государств, направленных на дальнейшую экологизацию экономического развития с целью сохранения и умножения живых ресурсов природы.

В области международного права действуют: Конвенция ООН по морскому праву, Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря нефтью, Конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов, Международная конвенция по предотвращению загрязнения моря с судов, Конвенция по защите морской среды района Балтийского моря.

В деле предотвращения загрязнения атмосферного воздуха по своей значимости выделяется подписанная в г. Женеве Конвенция о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (предусматривает комплекс мероприятий, направленных на сокращение переноса загрязняющих веществ с потоками воздуха через границы европейских государств), а также Венская конвенция об охране озонового слоя, Рамочная конвенция ООН об изменении климата и др.

Общие международно-правовые договоры могут затрагивать и вопросы окружающей природной среды. Например, в договорах о режиме государственной границы, как правило, имеются статьи, посвященные режиму приграничных водоемов, охране растительности и животного мира.

Специальные природоохранные международные договоры содержат статьи только об охране окружающей среды.

К *глобальным договорам* относятся Конвенция о запрещении военного или любого иного враждебного использования средства воздействия на природную среду, Конвенция об охране мигрирующих видов диких животных и др.

В числе *региональных договоров* можно назвать договоры европейских стран: Европейское экономическое сообщество (ЕЭС); Африканскую конвенцию по охране природы и природных ресурсов; Конвенцию по охране Средиземного моря от загрязнения; Конвенцию об охране морских живых ресурсов Антарктики; Конвенцию о рыболовстве в северо-восточной части Атлантического океана; Конвенцию о рыболовстве и сохранении живых ресурсов в Балтийском море и Датских проливах; Соглашение о сотрудничестве по борьбе с загрязнением Северного моря нефтью.

С проблемами международно-правовой охраны атмосферы Земли тесно связаны и проблемы охраны космического пространства. Здесь наиболее важное значение сейчас имеет Договор о принципах деятельности государств по исследованию и использованию космического пространства, включая Луну и другие небесные тела. Участники договора обязались осуществлять изучение и исследование космоса таким образом, чтобы, во-первых, не допустить вредного влияния на космическое пространство и, во-вторых, предотвратить отрицательные изменения земной среды вследствие доставки на Землю внеземных веществ. Договор содержит ряд норм, запрещающих использование космоса и небесных тел в военных целях.

Из крупных международно-правовых актов, направленных на охрану и рациональное использование природных ресурсов и уникальных природных комплексов, можно выделить резолюцию Генеральной Ассамблеи ООН «Международное сотрудничество по борьбе с опустыниванием», Конвенцию о международной торговле видами дикой фауны и флоры, находящихся под угрозой исчезновения, Конвенцию об охране всемирного культурного и природного наследия и др.

8.2. Концепция устойчивого развития и стратегия развития человечества

Концепция устойчивого развития впервые была провозглашена ООН в 1992 г. как идея преодоления глобального экологического кризиса. Она подразумевает такое развитие цивилизации, при котором деятельность человека будет максимально согласована с законами природы. В новом обществе главным измерением человеческого богатства должны стать духовные ценности и знания человека, живущего в гармонии с природой. Все более важными будут не материальные блага, а естественные вещи: чистый воздух и вода, здоровье самих людей и природы.

Ведущая предпосылка устойчивого развития, которая является главной составляющей всей Концепции, – это всеобщая ответственность. Всеобщая ответственность складывается из чувства личной ответственности каждого человека за свое место на планете и за последствия своей деятельности не только в том месте, где он живет, но и в глобальном масштабе. Необходимо понимать, что устойчивое развитие – это творческий процесс достижения гармонии во всех сферах развития взаимоотношений человека и природы, реализация которого должна начинаться уже со школьной скамьи.

Роль и необходимость осуществления общемировых, глобальных преобразований будет усиливаться по мере увеличения антропогенной трансформации окружающей среды. Наряду с глобальным уровнем проблем геоэкологии, многие сложные, междисциплинарные проблемы возникают на региональном и локальном уровнях. Стратегия выхода из глобального геоэкологического кризиса, его региональных и локальных проявлений требует немедленной разработки и осуществления, поскольку от этого во многом зависит дальнейшая судьба всего человечества.

Существует много определений устойчивого развития. Наиболее распространенное из них определяет *устойчивое развитие* как стратегию, обеспечивающую сбалансированное решение социально-экономических задач и проблем сохранения благоприятного состояния окружающей среды и природно-ресурсного потенциала в целях удовлетворения жизненных потребностей нынешнего и будущих поколений.

В соответствии с этим определением, *принципы устойчивого развития заключаются в следующем*: воздействие человека на географическую среду не должно превышать ее потенциальную емкость; сохранение возобновляемых ресурсов и использование в пределах их прироста; сохранение основных

процессов географической среды (биогеохимических циклов, гидрологического цикла, климатической системы, процессов почвообразования и др.); сохранение биологического разнообразия; расходование невозобновляемых ресурсов, не превышающее скорость создания их заменителей, с последующим прекращением использования невозобновляемых ресурсов.

Концепция устойчивого развития объединяет в себе три основных аспекта: экономический, социальный и экологический.

Экономическая составляющая подразумевает оптимальное использование ограниченных природных ресурсов и применение экологичных природо-, энерго- и материалосберегающих технологий, в том числе добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов.

Социальная составляющая устойчивости развития направлена на сохранение стабильности существующих социальных и культурных систем и сокращение числа разрушительных конфликтов между людьми. Важным аспектом такого подхода является справедливое распределение ресурсов и возможностей между всеми членами человеческого общества, сохранение культурного капитала и многообразия. Развитием социальной составляющей концепции устойчивого развития стала идея соблюдения прав будущих поколений, поскольку природные ресурсы Земли являются общим наследием всего человечества, включая как ныне живущие, так и те поколения, которые придут нам на смену.

С *экологической* точки зрения, устойчивое развитие должно обеспечивать целостность и жизнеспособность биологических и физических природных систем, прежде всего тех, от которых зависит глобальная стабильность всей биосферы. Основное внимание уделяется сохранению их способностей к изменениям и самовосстановлению.

Таким образом, концепция устойчивого развития является глобальной моделью будущего мировой цивилизации. Достижение устойчивого развития – процесс непростой, но тем не менее вполне реальный. Движение в этом направлении должно быть постепенным, осторожным и просчитанным. Уже сейчас в этом отношении достигнуто много (например, разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий и вторичная переработка отходов, освоение альтернативных источников энергии, попытки более справедливого распределения ресурсов и благ). Обеспечение устойчивого развития требует не только новых технологий и инвестиций, но прежде всего социальных новаций, смены приоритетов и целей развития цивилизации, готовности отказаться от сиюминутной выгоды ради будущих поколений.

8.3. Международное сотрудничество Республики Беларусь в решении региональных геоэкологических проблем

В последние годы произошли существенные изменения в мировой экономике и экономическом развитии Республики Беларусь, обострились

национальные геоэкологические проблемы, обусловленные повышением интенсивности и концентрации сельскохозяйственного производства, увеличением потребления местных видов топлива (торфа, растительных отходов и др.), строительством атомной станции и гидроэлектростанций, цементных заводов, активизацией ремонта и возведения мелиоративных систем.

Кроме того, актуальными для Республики Беларусь являются трансграничные проблемы загрязнения атмосферы и гидросферы. Важное экологическое значение имеет содержание посткиотских соглашений по сокращению выбросов в атмосферу парниковых газов и увеличению их поглощения лесными и болотными экосистемами, а также вопросы адаптации различных отраслей экономики к изменениям окружающей среды, в том числе климата. Существенным фактором воздействия на окружающую среду остаются техногенные аварии, поскольку степень износа основных фондов увеличивается, а магистральные газо- и нефтепроводы остаются источником большой опасности для природы и человека.

Приведенные выше факторы (источники) создают угрозу ухудшения качества воды, атмосферного воздуха, почв, растений, сельскохозяйственной продукции. Это может привести к ухудшению качества жизни населения, уменьшению ее продолжительности, увеличению заболеваемости и смертности, экономическим потерям в различных отраслях экономики и снижению темпов экономического развития страны.

Важное значение имеет развитие национальной системы мониторинга окружающей среды, формирование рынка экологических услуг, внедрение экологического аудита и страхования, эффективной нормативной правовой базы экологической безопасности, включая систему платежей за пользование природными ресурсами и адекватную компенсацию ущерба, причиненного природной среде.

Развитие международного сотрудничества в области охраны окружающей среды и правового разрешения геоэкологических проблем, повышение достоверности прогнозов состояния природной среды, изменений климата, опасных погодных и климатических явлений, адаптация экономики к изменениям окружающей среды, сокращение выбросов в атмосферу парниковых газов позволят обеспечить защиту от внешних угроз в экологической сфере.

В связи с этим главными направлениями международного сотрудничества Республики Беларусь являются: выполнение международных договоров в области охраны окружающей среды и природопользования и в первую очередь совместно с государствами, граничащими с Республикой Беларусь; развитие договорных отношений на двусторонней и многосторонней основе; привлечение средств международных финансовых организаций и государств-доноров для реализации мероприятий в рамках выполнения обязательств по международным правовым актам (конвенциям, протоколам и соглашениям), для реализации планов и программ природоохранной направленности.

Республика Беларусь на постоянной основе взаимодействует с основными международными организациями в сфере окружающей среды: Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП), Европейской экономической комиссией (ЕЭК ООН), Программой развития ООН (ПРООН), Всемирным банком и Глобальным экологическим фондом (ГЭФ), Всемирной метеорологической организацией (ВМО), Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) и др. Республика Беларусь является участником 13 глобальных и 9 региональных международных соглашений, а также 34 двусторонних и многосторонних договоров. Сфера международного сотрудничества страны в области охраны окружающей среды постоянно расширяется.

Основными направлениями проектной деятельности являются: сохранение биоразнообразия; формирование институциональной и законодательной базы для внедрения системы комплексных экологических разрешений; предотвращение изменения климата и реализации положений Киотского протокола; внедрение более чистых методов производства и предварительной очистки стоков на небольших предприятиях, направленных на уменьшение промышленного загрязнения бассейна реки Днепра; укрепление технического потенциала для управления водными ресурсами и мероприятия для устойчивых решений в области развития сельского хозяйства в регионе Балтийского моря; обращение со стойкими органическими загрязнителями; совершенствование сети метеорологических и радиолокационных станций в регионе Балтийского моря; устойчивое развитие на местном уровне и построение потенциала в области стратегической экологической оценки.

Республика Беларусь присоединилась к большему числу важнейших международных природоохранных конвенций: Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением; Венской конвенции об охране озонового слоя; Конвенции и Картахенскому протоколу по биобезопасности к Конвенции о биологическом разнообразии; Конвенции и Протоколам к Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния; Конвенции о доступе к информации, участии общественности в процессе принятия решений и доступе к правосудию по вопросам, касающимся окружающей среды; Конвенции об оценке воздействия на окружающую среду в трансграничном контексте; Конвенции по охране и использованию трансграничных водотоков и международных озер; Рамочной конвенции и Киотскому протоколу к Рамочной конвенции ООН об изменении климата и др.

В настоящее время в стране разработана Концепция национальной безопасности Республики Беларусь, важной составляющей которой является государственная политика в области экологической безопасности, базирующаяся на принципе приемлемого риска. Сформирована определенная комплексная система экологической безопасности, включающая организационную и управленческую инфраструктуру, систему мониторинга окружающей среды, образования, научного обеспечения, информирования населения. Созданный механизм, обеспечивающий безопасность в

экологической сфере, является достаточно эффективным, но требует усовершенствования с учетом новых угроз и возможностей экономики страны.

В связи с этим первостепенное значение придается Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2020 г. (НСУР-2020), разработанной в соответствии с Законом Республики Беларусь «О государственном прогнозировании и программах социально-экономического развития Республики Беларусь».

Высшим приоритетом НСУР-2020 является сохранение благоприятной окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов для удовлетворения потребностей ныне живущих и будущих поколений. Часть НСУР-2020, направленная на рациональное использование природных ресурсов и сохранение окружающей среды для будущих поколений, предусматривает:

- совершенствование природоохранной политики и экономических инструментов природопользования;
- охрану и рациональное использование природных ресурсов;
- безопасное применение биотехнологий и обеспечение биологической безопасности;
- безопасное обращение с токсичными химическими веществами;
- безопасное использование и переработку промышленных и муниципальных отходов;
- защиту населения и страны от природных и техногенных катастроф;
- обеспечение экологической безопасности на оборонных сооружениях;
- развитие проблемных регионов, в частности преодоление последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС;
- гармонизацию национального природоохранного законодательства с международными правовыми актами.

Таким образом, НСУР-2020 играет решающую роль в процессе стратегического планирования в Республике Беларусь, в том числе и природоохранного. Для страны актуальны проблемы адаптации отраслей народного хозяйства к изменениям окружающей среды и климата, наиболее полного использования связанных с ними положительных и минимизации отрицательных последствий, совершенствования системы прогнозирования опасных природных явлений.

РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ПРАКТИКУМ.
ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Библиотека БГУИР

1. ОЦЕНКА ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЕМКОСТИ ТЕРРИТОРИИ

Определение демографической емкости и экологической техноемкости территории

Общие теоретические положения

Понятие емкости территории [19, 20] 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, которые устанавливаются через емкость территории.

Полная геоэкологическая емкость территории – это способность ПТГ 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 геоэкологическую емкость территории входят демографическая емкость, репродуктивный потенциал биоты, экологическая техноемкость территории.

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:

1) по наличию территории:

$$D_{T1} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot 1000}{H}, \quad (1.1)$$

где D_{T1} – частная демографическая емкость;

S_i – территория, имеющая наиболее благоприятные условия для проживания, га;

H – потребность в территории 1 тыс. 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 равна 20–30 га);

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

$$D_w = D_2 + D_3, \quad (1.2)$$

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

Частные демографические емкости по запасам поверхностных и подземных вод определяются по формулам

$$D_2 = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i K \cdot 1000}{V_{\text{пов}}}, \quad (1.3)$$

$$D_3 = \sum_{i=1}^n \frac{E_i S_i \cdot 1000}{V_{\text{подз}}}, \quad (1.4)$$

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);

$V_{\text{пов}}$ – 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 V равно 2000 м³/сут);

E – эксплуатационный модуль подземного стока, м³/(сут·га);

S – площадь территории, га;

$V_{\text{подз}}$ – нормативная водообеспеченность подземными водами 1 тыс. жителей в экстремальных ситуациях (40 м³/сут или 0,04 м³/(сут·чел.));

3) по рекреационным ресурсам (определяется из статистически установленных показателей, при которых максимальная численность отдыхающих (40 %) в зависимости от климатических условий распределяется следующим образом: а) в районах с умеренным климатом: в лесу – 75 %, у воды – 25 %; б) в районах с жарким климатом: в лесу – 25 %, у воды – 75 %).

Демографическая емкость по организации отдыха в лесу определяется по формуле

$$D_4 = \frac{1000 \cdot S \cdot F \cdot K_{3.3}}{H \cdot M}, \quad (1.5)$$

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 определяется по формуле

$$D_5 = \frac{2C \cdot 1000}{K_n \cdot M}, \quad (1.6)$$

где C – коэффициент, учитывающий возможность организации пляжей (в лесной зоне – 0,5, в степной – 0,3);

K_n – средний норматив потребностей 1 тыс. жителей в пляжах (принимается равным 0,5), км;

M – коэффициент, учитывающий распределение отдыхающих в лесу и у воды (умеренный климат 0,1–0,15; жаркий, сухой – 0,3–0,4);

4) по условиям организации пригородной сельскохозяйственной базы:

$$D_6 = \frac{S_s \cdot E \cdot 1000}{P}, \quad (1.7)$$

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

E – коэффициент, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных угодий под пригородную базу (0,1–1,0);

P – показатель ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородной сельскохозяйственной базы, га (500–2000 га).

Сравнив соотношение частных демографических емкостей территории (D_1 – D_6), определяют наименьшую из них, являющуюся лимитирующей, значение которой определяет геоэкологически оптимальное число жителей для данной территории.

Репродукционный потенциал территории определяется способностью территории воспроизводить свои основные компоненты – кислород, водные ресурсы, почвенно-растительный покров и т. д.

Репродуктивная способность территории по кислороду определяется через биологическое производство органического вещества растительных сообществ:

$$\Pi_k = \sum_{i=1}^n C_i S_p K_1, \quad (1.8)$$

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 определяется по формуле

$$\Pi_B = \sum_{i=1}^n \lambda_i S_i K_2, \quad (1.9)$$

где S_i – площадь территории, занимаемая участками с известными модулями стока, км²;

λ_i – модуль поверхностного стока данного участка, тыс. м³/км²;

K_2 – коэффициент неравномерности стока (в зависимости от конкретных условий может изменяться 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.

Экологическая техноёмкость территории

Экологическая техноёмкость территории (ЭТТ) – это обобщенная характеристика территории, количественно соответствующая максимальной техногенной нагрузке, которую может выдержать и переносить в течение длительного времени совокупность реципиентов и экологических систем территории без нарушения их структурных и функциональных свойств.

Расчет превышения ЭТТ сводится к определению фактической интегральной техногенной нагрузки на определенную территорию или совокупность реципиентов и сопоставлению ее с предельно допустимой техногенной нагрузкой на эту территорию. Расчет ЭТТ основан на эмпирически подтвержденном допущении, согласно которому ЭТТ составляет долю общей геоэкологической емкости территории, определяемую коэффициентом вариации отклонений характеризуемого состояния среды от естественного уровня и его колебаний. Превышение этого уровня изменчивости приписывается антропогенным воздействиям, достигшим предела устойчивости природного комплекса территории.

Если трем компонентам среды обитания – воздуху, воде и земле (включая биоту экосистем и совокупность реципиентов) приписывать соответственно индексы 1, 2 и 3, то ЭТТ может быть приближенно вычислена по формуле

$$N_T = \sum_{i=1}^3 \mathcal{E}_i X_i A_i, \quad (1.10)$$

где N_T – оценка ЭТТ, выраженная в единицах массовой техногенной нагрузки (усл. т/год);

\mathcal{E}_i – оценка экологической емкости i -й среды (т/год);

X_i – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде;

A_i – коэффициент перевода массы в условные тонны (коэффициент относительной опасности примесей), усл. т/т.

Экологическая емкость каждого компонента среды рассчитывается по формуле

$$\mathcal{E} = V \cdot C \cdot F, \quad (1.11)$$

где V – экстенсивный параметр, определяемый размером территории, площадью (км²) или объемом (км³) по формуле

$$- \text{ для воздуха } V_1 = S \cdot H, \quad (1.12)$$

где S – площадь территории, км²;

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, км³;

$$- \text{ для земли } V_3 = S; \quad (1.13)$$

C – содержание (концентрация, плотность) главных экологически значимых субстанций в 1-й среде (т/км² или т/км³):

– для воздуха (содержание кислорода и углекислого газа) $C_1 = 3 \cdot 10^5$, т/км³;

– для воды $C_2 = 10^9$ т/км³;

– для земли C_3 – плотность поверхностного распределения сухого вещества биомассы на территории, т/км²;

F – скорость кратного обновления объема или массы среды, (год)⁻¹:

$$- \text{ для воздуха } F_1 = 55896 \cdot v / \sqrt{S}, \quad (1.14)$$

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

$$- \text{ для воды } F_2 = (0,0315 \cdot f + 3 \cdot 10^{-6} \cdot W \cdot S) / V_2, \quad (1.15)$$

где f – сумма расходов воды в водотоках при входе в территорию, м³/с;

W – среднее годовое количество осадков, мм;

$$- \text{ для биоценозов территории } F_3 = P_B / B, \quad (1.16)$$

где P_B – средняя годовая продукция сухого вещества биомассы, т/год;

$B = C_3 \cdot V_3$ – среднегодовая биомасса сухого вещества, т.

Значения коэффициента X :

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

$$X_1 = 3 \cdot 10^{-6}; \quad (1.17)$$

– для воды равнинных рек и озер

$$X_2 = (4 \pm 0,2) \cdot 10^{-5}; \quad (1.18)$$

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

$$X_3 = 0,43 \cdot F_3. \quad (1.19)$$

Суммарная предельно допустимая техногенная нагрузка

Предельно допустимая техногенная нагрузка [19] определяется из условия сохранения целостности экосистем и качества среды путем преобразования солнечной энергии для процессов самоочищения и регенерации.

Энергетический эквивалент суммарной ПДТН_Э рассчитывается по формуле

$$\text{ПДТН}_Э = k_{\text{ан}} (72R + 123W + 0,6 P) S - k_e \cdot N, \quad (1.20)$$

где $k_{\text{ан}}$ – коэффициент, учитывающий антропогенную насыщенность территории ($k_{\text{ан}} = 1 + \lg(\text{ЭДИ})$, где ЭДИ – эргодемографический индекс);

R – радиационный баланс территории, ккал/(см²·год);

W – средний модуль поверхностного стока, м³/(га·сут) (при отсутствии прямых указаний для большинства районов $W \sim 0,01w$, где w – годовое количество осадков, мм);

P – удельная продукция сухого вещества биомассы, т/(км²·год) ($P = P_{\text{в}} / S$);

k_e – нормативный минимум бытового расхода энергии на одного человека, тут/(чел.·год) (в зависимости от климатических условий в пределах СНГ k_e изменяется от 0,5 до 1,5, в среднем для Республики Беларусь можно принять $k_e = 1$ тут/(чел.·год) (тут – тонна условного топлива, соответствующая примерно количеству тепла, выделяемого при сгорании одной тонны высококачественного каменного угля, 1 тут = $29,3 \cdot 10^9$ Дж);

N – общая численность населения территории, чел.

Учитывая вариабельность природно-производственных комплексов, общая численность населения территории в значительной мере определяется, с одной стороны, плотностью населения и техногенной насыщенностью территории, а с другой – принадлежностью к природной зоне. Авторы [20], используя энергетический подход для сравнения природных и производственных потенциалов территории, предлагают в качестве такой характеристики эргодемографический индекс (ЭДИ), рассчитываемый по формуле

$$\text{ЭДИ} = 1 + \frac{0,01 \cdot \rho \cdot \varepsilon}{\rho_0 \cdot R_c \cdot S}, \quad (1.21)$$

где ρ – плотность населения территории, определяется как соотношение численности населения к общей плотности территории, чел./км²;

ρ_0 – средняя плотность населения, которая составляет 8,5 чел./км²;

R_c – суммарная солнечная радиация на данной территории, ккал/(см²·год) (принять равной 87 ккал/(см²·год));

S – площадь территории, км²;

ε – годовое потребление энергии, тыс. тут.

Практические задания для самостоятельной работы

1. Определите демографическую емкость территории для трех вариантов, представленных в табл. 1.1.

Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Расчеты выполнять для частных демографических емкостей D_1 , D_2 , D_4 , D_6 . Принять следующие величины:

– Н – потребности 1 тыс. жителей в территории, равной 35 га, в зависимости от характера производственной базы;

– К – коэффициент разбавления сточных вод водой, равный 0,1;

– $V_{\text{пов.}}$ – нормативная обеспеченность водой поверхностных источников 1 тыс. жителей в сутки на бытовые, производственные и рекреационные цели, равная $1500 \text{ м}^3/\text{сут}$;

– $K_{3.3}$ – коэффициент, учитывающий зеленые зоны городов, равный 0,4;

– М – коэффициент распределения отдыхающих в лесу, равный 0,3;

– Е – коэффициент, учитывающий возможность использования сельскохозяйственных угодий под пригородную базу, равный 0,5;

– Р – показатель ориентировочной потребности 1 тыс. жителей в землях пригородной сельскохозяйственной базы, равной 1250 га.

2. Рассчитайте экологическую техноемкость территории для трех вариантов, используя данные табл. 1.1. Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Принять следующие величины:

– Н – приведенная высота слоя воздуха, подвергающегося техногенному загрязнению, равная 0,02 км;

– Х – коэффициент вариации для естественных колебаний содержания основной субстанции в среде для воды равнинных рек и озер, равный $4 \cdot 10^{-5}$;

– A_i – коэффициент перевода массы в условные тонны (для воздуха и земли равен 0,5 усл. т/т, для воды – 0,4 усл. т/т).

3. Определите суммарную предельно допустимую техногенную нагрузку территории для трех вариантов, представленных в табл. 1.1.

Создайте таблицу исходной информации и расчетных данных, проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

Указание. Принять следующие величины:

– W – средний модуль поверхностного стока, равный $\sim 0,01w$, где w – годовое количество осадков, мм;

– k_e – нормативный минимум бытового расхода энергии на одного человека, равный 1 тут/(чел.·год).

Таблица 1.1

Данные для выполнения практических заданий

№	Параметры	Варианты					
		1	2	3	4	5	6
Структура 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 ²	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 1 тыс. чел.	9,4	11,1	11,8	10,5	9,8	1–1,4
8	Смертность, на 1 тыс. чел.	10,8	13,7	11,7	12,7	11,2	15,7
9	Детская смертность, на 1 тыс. чел.	14,9	16,0	15,9	18,8	11,1	14,0
10	Общая заболеваемость, на 1 тыс. чел.	920	960	950	980	890	970
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. туг	563	90	5238	616	251	257
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое вещество), 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
Воздушная среда							
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
Водная среда							
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 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 1 тыс. чел.	11,5	12,9	10,1	10,1	10,8	10,2
8	Смертность, на 1 тыс. чел.	10,9	14,4	11,7	12,6	13,8	12,8
9	Детская смертность, на 1 тыс. чел.	20,6	6,8	13,3	11,2	16,7	18,9
10	Общая заболеваемость, на 1 тыс. чел.	1010	890	920	930	989	1008
Энергетика							
11	Годовое потребление энергии, тыс. туг	933	79	255	3821	440	2814
Экосистемы							
12	Среднегодовая фитомасса (сухое вещество), 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
Воздушная среда							
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
Водная среда							
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

2. ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВРЕДНЫМИ ВЫБРОСАМИ

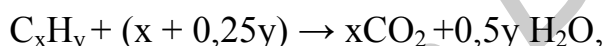
2.1. Расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух от работы двигателей автотранспорта

Общие теоретические положения

Причина загрязнения воздуха разнообразными двигателями внутреннего сгорания, использующими в качестве топлива продукты нефтепереработки, заключается в неполном и неравномерном сгорании топлива.

Определение валовых и максимальных разовых выбросов от автотранспорта проводится согласно [21]. Основными загрязняющими веществами, входящими в состав выхлопных газов практически всех двигателей, являются CO , C_xH_y , NO_x . При определенных условиях в выхлопных газах содержатся также SO_2 , сажа, бенз(а)пирен, соединения свинца и другие вещества.

Основная химическая реакция, протекающая при сгорании топлива, выглядит следующим образом:



где C_xH_y – условное обозначение гаммы углеводородов, входящих в состав топлива.

Выбросы загрязняющих веществ автотранспортом осуществляются на следующих основных этапах его работы: прогрев двигателя, холостой ход, пробег по территории предприятия и движения по трассе [22].

Удельные выбросы загрязняющих веществ двигателями автотранспорта зависят от категории автомобилей, их грузоподъемности, типа двигателя, используемого топлива, организации контроля содержания загрязняющих веществ в отработавших газах, периода года.

Периоды года (холодный, теплый, переходный) условно принимаются по величине среднемесячной температуры [22]. Месяцы, в которых среднемесячная температура ниже минус 5°C , относятся к холодному периоду, месяцы, в которых среднемесячная температура выше плюс 5°C , относятся к теплому периоду, а с температурой от минус 5°C до плюс 5°C – к переходному периоду. Массовый выброс продуктов неполного сгорания при прогреве двигателя – величина непостоянная, по мере прогрева выбросы CO , C_xH_y и сажи (С) уменьшаются, а выбросы NO_x незначительны.

Валовое выделение (г/день) загрязняющих веществ одним видом автотранспорта k -й группы в день при выезде с территории предприятия (M_k') и возврате (M_k'') определяется по формулам

$$M_k' = g_{\text{гр}} \cdot t_{\text{гр}} + g_L \cdot L' + g_{\text{хх}} \cdot t_{\text{хх}}, \quad (2.1)$$

$$M_k'' = g_L \cdot L'' + g_{xx} \cdot t_{xx}, \quad (2.2)$$

где $g_{пр}$ – удельное выделение загрязняющих веществ при прогреве двигателя автомобиля, г/мин;

g_L – удельное выделение загрязняющих веществ при движении по территории, г/км;

g_{xx} – удельное выделение загрязняющих веществ двигателем на холостом ходу, г/мин;

L' (L'') – пробег по территории предприятия при выезде (возврате), км;

$t_{пр}$ – время прогрева двигателя, мин;

t_{xx} – время работы двигателя на холостом ходу, мин.

Величина $t_{пр}$ принимается одинаковой для различных типов автомобилей, но существенно зависит от температуры воздуха (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Зависимость времени прогрева двигателя от температуры воздуха

Температура воздуха, °С	Время прогрева двигателя, мин
Выше + 5	4
+ 5...-5	6
- 5...-10	12
- 10...-15	20
- 15...-20	28
- 20...-25	36
Ниже - 25	45

В случае стоянки в помещении $t_{пр}$ равно 0,5 мин. При наличии устройств прогрева при температуре ниже минус 5 °С $t_{пр}$ равно 6 мин. Продолжительность работы двигателя на холостом ходу при выезде на линию (возврате) в среднем составляет 1 мин.

Валовое выделение (т/год) загрязняющих веществ от группы из N штук автомобилей рассчитывается отдельно для теплого (Т), переходного (П) и холодного (Х) периодов года по следующей формуле:

$$M^{T(P,X)} = \alpha \cdot (M_k' + M_k'') \cdot N \cdot D^{T(P,X)} \cdot 10^{-6}, \quad (2.3)$$

где α – коэффициент выпуска – отношение количества выезжающих автомобилей с территории предприятия к количеству имеющихся автомобилей данной группы;

$D^{T(P,X)}$ – количество рабочих дней в рассчитываемом периоде года (холодном, теплом, переходном).

Общее годовое (валовое) выделение загрязняющих веществ определяется суммированием по формуле

$$M^{\Sigma} = M^T + M^P + M^X. \quad (2.4)$$

Методические указания к решению задач

Пример 1. Предприятие имеет один грузовой автомобиль, место стоянки которого в 200 м (0,2 км) от выездных ворот и 300 м (0,3 км) от въездных ворот. Автомобиль выезжает с территории и въезжает один раз в день. Определите валовый выброс загрязняющих веществ на территории за 20 отработанных дней в июле.

Решение. Удельные выделения загрязняющих веществ автомобилем с карбюраторным двигателем грузоподъемностью от 1 до 3 т в июле (теплый период года), согласно [23], представлены в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Удельные выделения загрязняющих веществ автомобилем

Выделение загрязняющих веществ автомобилем	Загрязняющие вещества			
	CO	C _x H _y	NO _x	SO ₂
При прогреве двигателя, г/мин	8,1	1,6	0,1	0,016
При пробеге по территории, г/км	27,6	4,9	0,6	0,1
На холостом ходу, г/мин	8,1	1,6	0,1	0,016

По уравнению (2.2) валовое выделение загрязняющих веществ одним автомобилем при однократном выезде с территории:

$$M'_{CO} = g_{CO\cdot np} \cdot t_{np} + g_{CO\cdot L} \cdot L' + g_{CO\cdot xx} \cdot t_{xx} = 8,1 \cdot 4 + 27,6 \cdot 0,2 + 8,1 \cdot 1 = 46,02 \text{ г};$$

$$M'_{CH} = g_{CH\cdot np} \cdot t_{np} + g_{CH\cdot L} \cdot L' + g_{CH\cdot xx} \cdot t_{xx} = 1,6 \cdot 4 + 4,9 \cdot 0,2 + 1,6 \cdot 1 = 8,98 \text{ г};$$

$$M'_{NO_x} = g_{NO_x\cdot np} \cdot t_{np} + g_{NO_x\cdot L} \cdot L' + g_{NO_x\cdot xx} \cdot t_{xx} = 0,1 \cdot 4 + 0,6 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 1 = 0,62 \text{ г};$$

$$M'_{SO_2} = g_{SO_2\cdot np} \cdot t_{np} + g_{SO_2\cdot L} \cdot L' + g_{SO_2\cdot xx} \cdot t_{xx} = 0,016 \cdot 4 + 0,1 \cdot 0,2 + 0,1 \cdot 1 = 0,10 \text{ г}.$$

По уравнению (2.3) валовое выделение загрязняющих веществ одним автомобилем при однократном въезде на территорию:

$$M''_{CO} = g_{CO\cdot L} \cdot L'' + g_{CO\cdot xx} \cdot t_{xx} = 27,6 \cdot 0,3 + 8,1 \cdot 1 = 8,93 \text{ г};$$

$$M''_{CH} = g_{CH\cdot L} \cdot L'' + g_{CH\cdot xx} \cdot t_{xx} = 4,9 \cdot 0,3 + 1,6 \cdot 1 = 1,75 \text{ г};$$

$$M''_{NO_x} = g_{NO_x\cdot L} \cdot L'' + g_{NO_x\cdot xx} \cdot t_{xx} = 0,6 \cdot 0,3 + 0,1 \cdot 1 = 0,19 \text{ г};$$

$$M''_{SO_2} = g_{SO_2\cdot L} \cdot L'' + g_{SO_2\cdot xx} \cdot t_{xx} = 0,1 \cdot 0,3 + 0,016 \cdot 1 = 0,019 \text{ г}.$$

В данном случае валовый выброс загрязняющих веществ равен валовому выделению и за весь месяц составит:

$$M_{CO} = 20 \cdot (M'_{CO} + M''_{CO}) = 20 \cdot (46,02 + 8,93) = 1099 \text{ г/мес.};$$

$$M_{CH} = 20 \cdot (M'_{CH} + M''_{CH}) = 20 \cdot (8,98 + 1,75) = 214,6 \text{ г/мес.};$$

$$M_{NO_x} = 20 \cdot (M'_{NO_x} + M''_{NO_x}) = 20 \cdot (0,62 + 0,19) = 16,2 \text{ г/мес.};$$

$$M_{SO_2} = 20 \cdot (M'_{SO_2} + M''_{SO_2}) = 20 \cdot (0,10 + 0,019) = 2,38 \text{ г/мес.}$$

Пример 2. Определите годовой валовый выброс оксида углерода от 20 автобусов автопарка при ежедневной работе с коэффициентом выпуска на линию, равным 0,7. Расстояние от центра открытой стоянки до ворот 250 м (0,25 км).

Решение. Удельные выделения CO автобусами с дизельными двигателями по периодам года приведены в табл. 2.3 [23].

Таблица 2.3

Удельные выделения CO автобусами с дизельными двигателями

Выделение CO автобусами	Период года		
	теплый	переходный	холодный
При прогреве двигателя, г/мин	4,6	8,01	8,9
При пробеге по территории, г/км	5,1	5,58	6,2
На холостом ходу, г/мин	–	4,6	–

Длительность периодов года для урбанизированных территорий принимается по [22]: теплый – 6 мес. (183 дня); переходный – 3 мес. (92 дня); холодный – 3 мес. (90 дней).

По уравнению (2.1) для одного автобуса валовое выделение за день при выезде составляет:

в теплый период:

$$M_{CO}^T = g_{CO-пр}^T \cdot t_{пр} + g_{CO-L}^T \cdot L' + g_{CO-xx} \cdot t_{xx} = 4,6 \cdot 4 + 5,1 \cdot 0,25 + 4,6 \cdot 1 = 24,275 \text{ г/день};$$

в переходный период:

$$M_{CO}^{II} = g_{CO-пр}^{II} \cdot t_{пр} + g_{CO-L}^{II} \cdot L' + g_{CO-xx} \cdot t_{xx} = 8,01 \cdot 6 + 5,58 \cdot 0,25 + 4,6 \cdot 1 = 56,055 \text{ г/день};$$

в холодный период:

$$M_{CO}^{X'} = g_{CO-пр}^{X'} \cdot t_{пр} + g_{CO-L}^{X'} \cdot L' + g_{CO-xx} \cdot t_{xx} = 8,9 \cdot 20 + 6,2 \cdot 0,25 + 4,6 \cdot 1 = 184,15 \text{ г.}$$

По уравнению (2.2) для одного автобуса валовое выделение за день при возврате составляет:

в теплый период:

$$M_{CO}^{T''} = g_{CO-L}^{T''} \cdot L'' + g_{CO-xx} \cdot t_{xx} = 5,1 \cdot 0,25 + 4,6 \cdot 1 = 5,875 \text{ г/день};$$

в переходный период:

$$M_{CO}^{II''} = g_{CO-L}^{II''} \cdot L'' + g_{CO-XX} \cdot t_{XX} = 5,58 \cdot 0,25 + 4,6 \cdot 1 = 5,995 \text{ г/день};$$

в холодный период:

$$M_{CO}^{X''} = g_{CO-L}^{X''} \cdot L'' + g_{CO-XX} \cdot t_{XX} = 6,2 \cdot 0,25 + 4,6 \cdot 1 = 6,150 \text{ г.}$$

По уравнению (2.3) определяем общий (годовой) валовый выброс оксида углерода:

в теплый период:

$$M_{CO}^T = \alpha \cdot (M_{CO}^T + M_{CO}^{T''}) \cdot N \cdot D \cdot 10^{-6} = 0,7 \cdot (24,275 + 5,875) \cdot 20 \cdot 183 \cdot 10^{-6} = 0,077 \text{ т/год};$$

в переходный период:

$$M_{CO}^{II} = \alpha \cdot (M_{CO}^{II} + M_{CO}^{II''}) \cdot N \cdot D \cdot 10^{-6} = 0,7 \cdot (56,055 + 5,995) \cdot 20 \cdot 92 \cdot 10^{-6} = 0,079 \text{ т/год};$$

в холодный период:

$$M_{CO}^X = \alpha \cdot (M_{CO}^X + M_{CO}^{X''}) \cdot N \cdot D \cdot 10^{-6} = 0,7 \cdot (184,15 + 6,150) \cdot 20 \cdot 90 \cdot 10^{-6} = 0,240 \text{ т/год.}$$

По уравнению (2.4) определяем общий (годовой) валовый выброс оксида углерода:

$$M_{CO}^{\Sigma} = M_{CO}^T + M_{CO}^{II} + M_{CO}^X = 0,077 + 0,079 + 0,240 = 0,396 \text{ т/год.}$$

Практические задания для самостоятельной работы

1. Предприятие имеет один грузовой автомобиль, место стоянки которого в 400 м (0,4 км) от выездных ворот и 200 м (0,2 км) от въездных ворот. Автомобиль выезжает с территории и въезжает один раз в день. Определите валовый выброс загрязняющих веществ на территории за 25 отработанных дней в августе.

2. Определите годовой валовый выброс оксида углерода от 30 автобусов автопарка при ежедневной работе с коэффициентом выпуска на линию, равным 0,6. Расстояние от центра открытой стоянки до ворот 350 м (0,35 км).

2.2. Расчет выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива

Общие теоретические положения

Загрязнение атмосферного воздуха в городах является одной из наиболее острых проблем. В настоящее время имеется множество источников

антропогенного характера, вызывающих загрязнение атмосферы и приводящих к серьезным нарушениям экологического равновесия урбанизированных территорий.

Выбросы большого количества загрязняющих веществ в воздушную среду городов обусловлены использованием ископаемого топлива на энергетические, технологические и другие нужды. Основными компонентами, загрязняющими атмосферный воздух, являются пыль (твердые вещества), двуокись и окись азота, двуокись серы, окись углерода. Они составляют 98 % общего объема выбросов вредных веществ, осуществляемых хозяйственной деятельностью человека. Концентрация именно этих веществ, как правило, превышает уровень предельно допустимых концентраций во многих городах.

Твердое, жидкое и газообразное топливо используются в промышленности, тепловой энергетике и автотранспорте. Образующиеся при их сжигании загрязняющие вещества составляют около 30 % от общего количества антропогенных выбросов газов в атмосферу [24].

В табл. 2.3 приведен элементный состав основных видов твердого и жидкого органического топлива.

Таблица 2.3

Состав основных видов органического топлива

Вид топлива	Состав горючей массы, %				
	C	H	O	N	S
Древесина	51	6	42,5	0,5	–
Торф	58	6	33,0	2,5	0,5
Бурый уголь	71	7	20,4	1,0	0,6
Антрацит	90	4	3,2	1,5	1,3
Сланцы	70	8	16,0	1,0	5,0
Мазут	88	10	0,5	0,5	1,0

При сжигании приведенных видов топлива образуются оксиды углерода, азота, серы и пары воды.

Диоксид углерода CO_2 – углекислый газ, в небольшой концентрации (0,03 %) постоянно находится в воздухе, обладает наркотическим действием, раздражает кожу и слизистые оболочки. Диоксид углерода образуется в значительных количествах при сжигании всех видов топлива.

Оксид углерода CO, или угарный газ, образуется при неполном сгорании топлива. В атмосфере CO окисляется до CO_2 . Для человека и животных угарный газ является смертельным ядом, т. к. лишает ткани тела необходимого кислорода, резко снижая содержание оксигемоглобина. Выбросы CO на 80 % связаны с работой автотранспорта при применении механизмов с двигателями внутреннего сгорания, работающими на бензине и дизельном топливе.

Среди оксидов азота наиболее распространенными загрязнителями атмосферного воздуха являются NO и NO_2 (их сумма обозначается NO_x). Оксид азота NO – бесцветный газ, который кислородом окисляется до NO_2 . Однако в результате фотолиза NO_2 может вновь разлагаться с образованием NO. Их

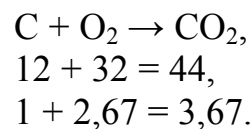
соотношение зависит от интенсивности солнечного излучения, концентрации окислителей и других факторов. Вступая в реакцию с атмосферной влагой, оксиды азота образуют азотистую и азотную кислоты. Антропогенные выбросы оксидов азота поступают в атмосферу с дымовыми газами ТЭЦ, металлургических предприятий, газами заводов, производящих азотные минеральные удобрения, при работе автотранспорта и т. д. При этом абсолютные количества NO и NO₂ и их соотношения резко зависят от режима горения и температуры пламени. В продуктах сгорания значительно больше NO, чем NO₂. Так как атмосфера представляет собой среду, обладающую окислительными свойствами, то NO в течение нескольких часов окисляется до NO₂.

Оксид серы SO₂ (сернистый газ) – негорючий бесцветный газ, попадает в атмосферу в основном с дымовыми газами тепловых установок. Количество выделившегося оксида серы зависит от содержания серы в сжигаемом топливе. SO₂ хорошо растворяется в воде с образованием сернистой кислоты. При фотохимических и каталитических процессах в атмосфере SO₂ превращается в SO₃, который во влажном воздухе образует серную кислоту. Оксиды серы являются типичными представителями кислотообразующих веществ, оказывают наибольшее влияние на кислотность среды и являются основной причиной кислотных дождей. Водяной пар вместе с CO₂ обладает парниковым эффектом.

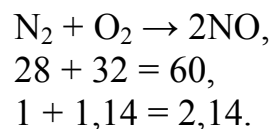
Для расчетов материальных потоков веществ при сжигании топлива используются реакции горения его основных компонентов.

Стехиометрические соотношения справедливы при любых единицах измерения. Они показывают, что при сжигании 1 грамма, килограмма или тонны углерода расходуется 2,67 грамма, килограмма или тонны кислорода и выделяется 3,67 грамма, килограмма или тонны углекислого газа. Аналогичный смысл имеют стехиометрические соотношения для других элементов органического топлива, приведенных ниже.

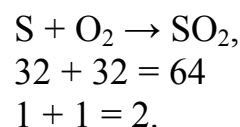
Реакция горения,
стехиометрические соотношения



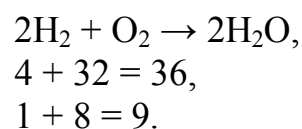
Реакция горения,
стехиометрические соотношения



Реакция горения,
стехиометрические соотношения



Реакция горения,
стехиометрические соотношения



Расчет массы кислорода M_{O_2} , необходимой для сжигания топлива, и количества образующихся при этом продуктов горения может быть произведен по следующим формулам:

$$\text{M}_{\text{O}_2} = (2,67 \cdot \text{C} / 100 + 8 \cdot \text{H} / 100 + 1,14 \cdot \text{N} / 100 + \text{S} / 100 - \text{O} / 100) \cdot \text{M}_{\text{топл}}; \quad (2.5)$$

$$\text{M}_{\text{CO}_2} = (3,67 \cdot \text{C} / 100) \cdot \text{M}_{\text{топл}}; \quad (2.6)$$

$$\text{M}_{\text{NO}_x} = (2,14 \cdot \text{N} / 100) \cdot \text{M}_{\text{топл}}; \quad (2.7)$$

$$\text{M}_{\text{SO}_2} = (2 \cdot \text{S} / 100) \cdot \text{M}_{\text{топл}}; \quad (2.8)$$

$$\text{M}_{\text{H}_2\text{O}} = (9 \cdot \text{H} / 100) \cdot \text{M}_{\text{топл}}; \quad (2.9)$$

где C, H, N, S, O – процентное содержание углерода, водорода, азота, серы и кислорода в составе горючей массы сжигаемого вида топлива;

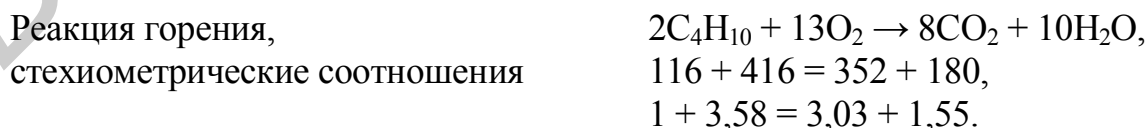
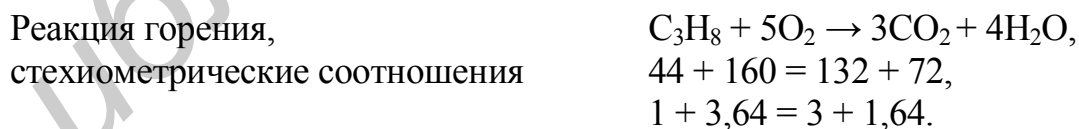
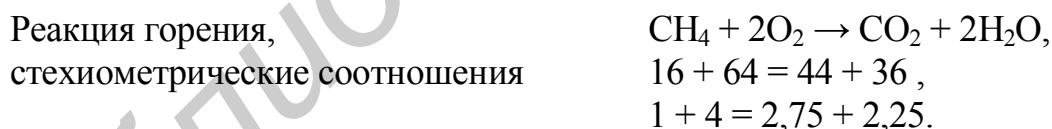
$\text{M}_{\text{топл}}$ – масса сжигаемого топлива.

При расчете количества веществ, участвующих в процессе горения органического топлива, должно выполняться равенство

$$\text{M}_{\text{топл}} + \text{M}_{\text{O}_2} = \text{M}_{\text{CO}_2} + \text{M}_{\text{NO}_x} + \text{M}_{\text{SO}_2} + \text{M}_{\text{H}_2\text{O}}. \quad (2.10)$$

Основными компонентами газообразного топлива являются горючие газы: метан (CH_4), этан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), этилен (C_2H_4), пропилен (C_3H_6), сероводород (H_2S), а также наличие углекислого (CO_2) и сернистого (SO_2) газов.

Расчет необходимого количества кислорода и веществ, выделяющихся при сжигании газообразного топлива, осуществляется на основе реакций горения с учетом процентного содержания горючих газов в смеси. Ниже приведены реакции горения и стехиометрические соотношения для метана, пропана и бутана.



Полученные массовые соотношения веществ, участвующих в реакциях, позволяют рассчитать расход кислорода и воздуха, выделение углекислого

газа и паров воды и построить материальный баланс веществ при сжигании газообразного топлива.

Расчетные формулы имеют следующий вид:

$$M_{O_2} = (4 \cdot CH_4 / 100 + 3,64 \cdot C_3H_8 / 100 + 3,58 \cdot C_4H_{10} / 100) \cdot M_{топл};$$

$$M_{возд} = M_{O_2} / 0,2093;$$

$$M_{CO_2} = (2,75 \cdot CH_4 / 100 + 3 \cdot C_3H_8 / 100 + 3,03 \cdot C_4H_{10} / 100 + CO_2 / 100) \cdot M_{топл};$$

$$M_{H_2O} = (2,25 \cdot CH_4 / 100 + 1,64 \cdot C_3H_8 / 100 + 1,55 \cdot C_4H_{10} / 100) \cdot M_{топл}.$$

В приведенных формулах значения CH_4 , C_3H_8 и C_4H_{10} соответствуют процентному содержанию горючих газов в сжигаемом газообразном топливе. Присутствие в составе горючей массы углекислого газа необходимо учитывать в формуле слагаемым ($CO_2 / 100$).

Уравнение материального баланса в данном случае имеет вид

$$M_{топл} + M_{O_2} = M_{CO_2} + M_{H_2O}. \quad (2.11)$$

Методические указания к решению задач

Пример 1. Постройте материальный баланс веществ при сжигании 2000 т древесины со следующим элементным составом: С – 51 %; Н – 6 %; О – 42,5 %; N – 0,5 %.

$$M_{O_2} = (2,67 \cdot C / 100 + 8 \cdot H / 100 + 1,14 \cdot N / 100 + S / 100 - O / 100) \cdot M_{топл},$$

$$M_{O_2} = (2,67 \cdot 51 / 100 + 8 \cdot 6 / 100 + 1,14 \cdot 0,5 / 100 - 42,5 / 100) \cdot 2000 = \\ = (1,3617 + 0,48 + 0,0057 - 0,425) \cdot 2000 = 2844,8 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} = (3,67 \cdot C / 100) \cdot M_{топл},$$

$$M_{CO_2} = (3,67 \cdot 51 / 100) \cdot 2000 = 3743,4 \text{ т};$$

$$M_{NO_x} = (2,14 \cdot N / 100) \cdot M_{топл},$$

$$M_{NO_x} = (2,14 \cdot 0,5 / 100) \cdot 2000 = 21,4 \text{ т};$$

$$M_{H_2O} = (9 \cdot H / 100) \cdot M_{топл},$$

$$M_{H_2O} = (9 \cdot 6 / 100) \cdot 2000 = 1080 \text{ т}.$$

Баланс веществ равен

$$M_{топл} + M_{O_2} = 2000 + 2844,8 = 4844,8 \text{ т};$$

$$M_{CO_2} + M_{NO_x} + M_{H_2O} = 3743,4 + 21,4 + 1080 = 4844,8 \text{ т}.$$

Пример 2. Постройте материальный баланс при сжати 3000 т газа следующего состава: CH_4 – 80 %; C_4H_{10} – 10 %; CO_2 – 10 %.

$$M_{\text{O}_2} = (4 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 3,58 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100) \cdot M_{\text{топл}},$$

$$M_{\text{O}_2} = (4 \cdot 80 / 100 + 3,58 \cdot 10 / 100) \cdot 3000 = (3,2 + 0,358) \cdot 3000 = 10674 \text{ т};$$

$$M_{\text{CO}_2} = (2,75 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 3,03 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100 + \text{CO}_2 / 100) \cdot M_{\text{топл}},$$

$$M_{\text{CO}_2} = (2,75 \cdot 80 / 100 + 3,03 \cdot 10 / 100 + 10 / 100) \cdot 3000 = \\ = (2,2 + 0,303 + 0,1) \cdot 3000 = 7809 \text{ т};$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2,25 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 1,55 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100) \cdot M_{\text{топл}},$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2,25 \cdot 80 / 100 + 1,55 \cdot 10 / 100) \cdot 3000 = (1,8 + 0,155) \cdot 3000 = 5865 \text{ т}.$$

Баланс веществ равен

$$M_{\text{топл}} + M_{\text{O}_2} = 3000 + 10674 = 13674 \text{ т};$$

$$M_{\text{CO}_2} + M_{\text{H}_2\text{O}} = 7809 + 5865 = 13674 \text{ т}.$$

Практические задания для самостоятельной работы

1. Постройте балансы веществ при сжигании 1000 т различных видов топлива, приведенных в табл. 2.3, и определите:

а) при сжигании какого топлива выделяется наибольшее количество оксида серы, углекислого газа;

б) при сжигании какого вида топлива требуется наибольшее количество кислорода.

2. Определите количество CO_2 и паров воды, образующихся при сжигании 3400 т антрацита.

3. Какое количество воздуха расходуется при сжигании 1800 т мазута, если содержание O_2 в атмосфере составляет 20,93 %?

4. Постройте баланс веществ при сжигании 1000 т природного газа следующего состава: метан – 10 %; бутан – 40 %; углекислый газ – 20 %.

5. Определите количество углекислого газа и паров воды, образующихся при сжигании 3000 т газа со следующим составом: метан – 30 %; пропан – 45 %; бутан – 55 %; углекислый газ – 20 %.

3. НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Общие теоретические положения

Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух производится путем установления нормативов допустимых выбросов как количества загрязняющих веществ, которое не разрешается превышать при выбросе в атмосферный воздух. Целью нормирования выбросов загрязняющих веществ является обеспечение соблюдения критериев качества атмосферного воздуха, регламентирующих предельно допустимое содержание в нем вредных веществ для здоровья населения и основных составляющих экологической системы, а также условия непревышения показателей предельно допустимых нагрузок на экологическую систему и других экологических нормативов. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу производится для каждого действующего, реконструируемого, строящегося или проектируемого предприятия или другого объекта, имеющего стационарные источники загрязнения атмосферы [25].

Предельно допустимый выброс (ПДВ) – норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для стационарного источника загрязнения атмосферного воздуха с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферного воздуха как максимальный выброс (данного источника), не приводящий к нарушению гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха, предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы, других экологических нормативов. При условии, когда нормативы предельно допустимых выбросов не могут быть достигнуты, для конкретного источника выброса и каждого загрязняющего вещества устанавливаются значения временно согласованных выбросов [26].

Предельно допустимый выброс должен быть таким, чтобы в совокупности с другими источниками выбросов не создавалось концентрации вредных веществ в воздухе, превышающих предельно допустимые концентрации (ПДК) для населения:

$$C_1 + C_2 + \dots + C_j \leq \text{ПДК},$$

где $C_1 + C_2 + \dots + C_j$ – фактические концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе;

ПДК – предельно допустимая концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе.

Для установления нормативов выбросов вредных веществ в воздухе для действующих и проектируемых объектов расчеты выполняются согласно методике [25].

3.1. Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ с учетом их рассеивания в атмосфере

Расчет приземной концентрации загрязняющих веществ, создаваемых стационарными источниками, производится с учетом климатических и физико-географических условий местности, а также преобразований загрязняющих веществ в атмосферном воздухе [25].

Загрязняющие вещества, выбрасываемые из дымовых труб и вентиляционных устройств промышленных предприятий, рассеиваются в атмосфере. На процесс рассеивания выбросов влияют: состояние атмосферы, расположение производственных предприятий, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ (примесей), высота источника выбросов, диаметр устья источника и др.

Интенсивность рассеивания загрязняющих веществ в разных погодных условиях различна и определяется двумя факторами: направлением и силой ветра, температурой воздуха и ее изменением по высоте. Разность температур между слоями воздуха определяется степенью нагрева земной поверхности. Чем сильнее нагрета земная поверхность, тем интенсивнее вертикальное перемещение воздуха.

Все источники выбросов в атмосферу делятся на организованные (трубы, газоходы, воздуховоды), поступающие в атмосферу в виде направленных потоков газа, и неорганизованные – в виде ненаправленных потоков газа, вследствие нарушения герметичности оборудования, при загрузке сыпучих и летучих материалов, испарении с открытых поверхностей и т. д.

Организованные источники в зависимости от размеров делятся на точечные (труба) и линейные (аэрационный фонарь и др.). Источники могут быть подвижными и неподвижными.

Существенное влияние на рассеивание загрязняющих веществ оказывают параметры источника выбросов и особенности рельефа местности.

Основными параметрами организованных источников, которые влияют на рассеивание выбросов, являются высота над поверхностью земли и размеры выходного отверстия. Чем больше высота трубы, тем больше территория, на которой рассеиваются выбросы. В зависимости от высоты устья (H) источники загрязняющих веществ подразделяются на четыре класса: высокие источники ($H > 50$ м); источники средней высоты ($H = 10...50$ м); низкие источники ($H = 2...10$ м).

Рельеф местности влияет на характер распределения примесей вблизи земной поверхности. В сложных условиях рельефа возникает местная циркуляция воздуха, образуются восходящие и нисходящие потоки, возможно образование застойных зон. Наихудшие условия рассеивания создаются при так называемых неблагоприятных метеорологических условиях. К ним относятся скорость ветра выше определенного значения (опасная скорость ветра) и застойные явления, связанные с безветрием (штилем), туманом, нарушением характера изменения температуры воздуха по высоте (температурная инверсия).

При неблагоприятных метеорологических условиях возникает опасность значительного увеличения приземных концентраций загрязняющих веществ, возникновение смога и т. д.

Рассеивание вредных примесей в атмосфере от холодных и нагретых источников происходит по-разному. Мерой нагретости газовой смеси служит разность температур выброса при выходе из устья источника и температурой окружающей среды:

$$\Delta T = T_r - T_b, \quad (3.1)$$

где T_r – температура газовой смеси, °С;
 T_b – температура окружающего воздуха, °С.

Степень опасности приземной концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе характеризуется значением концентрации C_m (максимальная концентрация загрязняющего вещества в приземном воздухе, создаваемая источниками выбросов, мг/м³).

Приземная концентрация вещества C_m при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем на расстоянии x_m (м) от источника определяется по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (3.2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (табл. П.1),

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника;

H – высота выброса над уровнем земной поверхности;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, принимается равным 1);

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b , °С;

V_1 – расход газовой смеси, который определяется по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot w_0, \quad (3.3)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

w_0 – скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Определение мощности выброса M , соответствующего заданному уровню максимальной приземной концентрации C_m , находится по формуле

$$M = \frac{C_m \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}. \quad (3.4)$$

Безразмерные коэффициенты m и n учитывают условия выхода газозадушной смеси из устья источника выброса.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m , f_e , или v'_m .

Параметры f , f_e определяют ускорение перемещения фронта оседания газозадушной смеси ($m/c^2 \text{ } ^\circ C$):

$$f = \frac{10^3 \cdot w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (3.5)$$

$$f_e = 800 \cdot (v'_m)^3. \quad (3.6)$$

Коэффициенты, учитывающие скорость перемещения температурного фронта, рассчитываются в зависимости от значения ΔT :

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}}, \quad (3.7)$$

$$v'_m = 1,3 \cdot \frac{w_0 \cdot D}{H}. \quad (3.8)$$

Коэффициент m определяется по формуле

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 + \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}), \text{ при } f < 100. \quad (3.9)$$

Коэффициент n при $f < 100$ рассчитывается в зависимости от v_m по следующим формулам

$$v_m < 0,5 \quad n = 4,4 v_m, \quad (3.10)$$

$$0,5 \leq v_m < 2 \quad n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13, \quad (3.11)$$

$$v_m \geq 2 \quad n = 1. \quad (3.12)$$

При расчетах рассеивания газообразных вредных веществ от высоких источников рассчитывается расстояние x_m , на котором наблюдается максимальная концентрация:

$$x_m = d \cdot H, \quad (3.13)$$

где d – вспомогательный безразмерный коэффициент, определяемый для нагретых выбросов в зависимости от v_m и вспомогательного фактора f ;

H – высота дымовой трубы.

Приведенная формула является частным случаем общего расчета расстояния от источника выброса по [25], согласно которой расстояние от источника выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях, когда концентрация загрязняющих веществ достигает своего максимума, определяется по формуле

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H. \quad (3.14)$$

В случае холодных выбросов d зависит только от параметра v_m :
для нагретых выбросов ($f < 100$):

если $v_m < 0,5$, то $d = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$,

если $0,5 \leq v_m < 2$, то $d = 4,95 \cdot v_m \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$,

если $v_m \geq 2$, то $d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f})$;

для холодных выбросов ($f \geq 100$ или $\Delta T = 0$):

если $v_m < 0,5$, то $d = 5,7$,

если $0,5 \leq v_m < 2$, то $d = 11,4 \cdot v_m$,

если $v_m \geq 2$, то $d = 16,1 \cdot \sqrt{v_m}$.

На рассеивание загрязняющих веществ (примесей) существенное влияние оказывает ветер, который при этом имеет двоякое значение: чем больше скорость ветра, тем больше турбулентность атмосферы, и тем, следовательно, интенсивнее распространяются эти примеси в окружающей среде; в то же время с увеличением скорости ветра уменьшается высота факела газозадушной смеси над устьем трубы.

Значение опасной скорости ветра u_m (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_m , в случае $f < 100$ определяется по следующим формулам:

$$u_m = 0,5 \text{ при } v_m < 0,5, \quad (3.15)$$

$$u_m = v_m \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2, \quad (3.16)$$

$$u_m = v_m \cdot 1 + 0,12 \cdot f^{1/2} \text{ при } v_m > 2. \quad (3.17)$$

3.2. Расчет предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосфере

Основными критериями качества атмосферного воздуха при установлении предельно допустимых выбросов являются предельно

допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. При этом концентрация загрязняющего вещества, формируемая источником выброса (C_u), должна быть такой, чтобы соблюдалось следующее условие [25]:

$$C_u + C_\phi \leq \text{ПДК},$$

где C_ϕ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе, образовавшаяся в конкретной местности, которая устанавливается в мг/м^3 . Она обязательно учитывается при нормировании выбросов загрязняющих веществ из источника.

Нормативы ПДВ устанавливаются для каждого действующего или проектируемого объекта, являющегося источником загрязнения атмосферного воздуха таким образом, что выбросы от данного источника и от совокупности источников города или населенного пункта с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере не создадут приземную концентрацию, превышающую предельно допустимые концентрации (ПДК) для населенных мест [26].

Основой для обоснования нормативов ПДВ является прогноз ожидаемых концентраций вредных веществ в контрольных точках приземного слоя атмосферы, создаваемых источником выброса, с учетом фоновых концентраций. Указанный прогноз осуществляется на основе расчета рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Рассеивание примесей в атмосфере – явление, сопутствующее любому выбросу загрязняющих веществ в атмосферу. Примесь, выброшенная в атмосферу из источника, рассеивается и переносится в воздухе постоянно существующими вихрями разных масштабов.

Норматив ПДВ устанавливается в г/с выбрасываемого вредного вещества и используется для контроля за работой пылегазоочистных установок. Также при установлении ПДВ используются методы расчета загрязнения атмосферы промышленными выбросами с учетом физико-географических и климатических условий местности, расположением промышленных площадок и участков существующей и проектируемой жилой застройки, санаториев, зон отдыха городов, взаимного расположения промышленных площадок и селитебных территорий.

Предельно допустимый выброс из одиночного точечного источника (трубы), при котором обеспечивается не превышающая ПДК концентрация в приземном слое воздуха, определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt{V_1 \cdot \Delta T}, \quad (3.18)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация в приземном слое воздуха;
 C_ϕ – фоновая концентрация, мг/м^3 ;

H – высота выброса над уровнем земной поверхности;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (см. табл. П.1.);

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (в случае слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, принимается равным 1);

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего атмосферного воздуха T_b ;

V_1 – расход газовой смеси.

$$ПДВ = \frac{8 \cdot V_1 \cdot H^{4/3} \cdot (ПДК - C_{\phi}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \quad (3.19)$$

При одновременном В случае для холодных выбросов ($f \geq 100$ или $\Delta T = 0$) ПДВ определяется по формуле

совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, для каждой группы рассчитывается безразмерная приведенная концентрация:

$$C = C_1 + C_2 \cdot (ПДК_1 / ПДК_2) + \dots + C_n \cdot (ПДК_1 / ПДК_n),$$

где $C_1 + C_2, \dots, C_n$ – расчетная концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в одной и той же точке местности, $мг/м^3$;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – соответствующие максимальные предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ ($мг/м^3$).

Методические указания к решению задач

Пример 1. Определите предельно допустимый выброс (ПДВ) летучей золы из дымовой трубы ТЭС ($H = 150$ м с диаметром устья $D = 7,2$ м), если фоновая концентрация пыли в воздухе C_{ϕ} равна $0,1$ $мг/м^3$. Разность температур между газовой смесью и атмосферным воздухом $\Delta T = 150$ °С. Объемный расход дымовых газов из трубы V составляет 900 $м^3/с$. ТЭС располагается в городской черте. ПДК летучей золы равна $0,5$ $мг/м^3$. Средний эксплуатационный коэффициент очистки F от вредных примесей составляет 90 %.

Решение. При условии неперевышения максимальной концентрации вредных веществ в приземном слое атмосферы при неблагоприятных метеорологических условиях предельно допустимый выброс вредного вещества равен

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt{V_1 \cdot \Delta T},$$

где $A = 140$ (см. табл. П.1), $F = 2$ (табл. П.2).

$$w_0 = \frac{4V}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 900}{3,14 \cdot 7,2^2} = 22,1 \text{ м/с},$$

$$f = \frac{10^3 \cdot w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 1000 \cdot \frac{488 \cdot 7,2}{150^2 \cdot 150} = 1,04,$$

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 + \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}) = 1 / (0,67 + 0,1 + \sqrt{1,04} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{1,04}) = 0,474,$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{900 \cdot 150}{150}} = 6,28;$$

$v_m > 2$, следовательно $n = 1$.

Таким образом,

$$\text{ПДВ} = \frac{(0,5 - 0,1) \cdot 150^2}{140 \cdot 2 \cdot 0,474 \cdot 1 \cdot 1} \cdot \sqrt{900 \cdot 150} = 2489 \text{ г/с}.$$

Пример 2. Определите максимальное значение приземной концентрации загрязняющих веществ при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем на расстоянии (м), на котором оно достигается при неблагоприятных метеорологических условиях.

Источником загрязнения атмосферы является труба котельной для технологических нужд завода в городе. Источник имеет следующие параметры: $H = 30$ м с диаметром устья $D = 1,0$ м; скорость выхода газовой смеси из устья $w_0 = 7,06$ м/с, расход $V_T = 5,54$ м³/с; температура газовой смеси $T_T = 160$ °С; массовый выброс диоксида азота $M = 4,1$ г/с, оксида углерода $M = 11,4$ г/с; местность ровная.

Решение. Величина C_m определяется по формуле (3.2). Коэффициент A для города равен 140, коэффициент для газообразных веществ $F = 1$. Котельная предназначена для технологических нужд, т. е. нагрузки на котлы и массовые выбросы загрязняющих веществ одинаковы в теплый и холодный периоды года. Поэтому принимаем температуру наружного воздуха в теплый период года равной *средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца* $T_B = 25$ °С (июль для Республики Беларусь).

Тогда $\Delta T = T_T - T_B = (160 - 25) = 135$ °С.

Для ровной местности коэффициент, учитывающий влияние рельефа, $\eta = 1$. Для определения коэффициентов m и n необходимо рассчитать параметры f , v_m , v'_m и f_e по формулам. Соответственно

$$f = \frac{10^3 \cdot 7,06^2 \cdot 1}{30^2 \cdot 135} = 0,408,$$

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{5,54 \cdot 135}{30}} = 1,9,$$

$$v'_m = 1,3 \cdot \frac{7,06 \cdot 1}{30} = 0,306,$$

$$f_e = 800 \cdot (0,306)^3 = 22,9,$$

$$m = 1 / (0,67 + 0,1 + \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}) = 1 / (0,67 + 0,1 + \sqrt{0,408} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,408}) = 0,601.$$

Коэффициент n определяется по формуле

$$n = 0,532 \cdot 1,92^2 - 2,13 \cdot 1,9 \cdot 3,13 = 1,003.$$

Тогда для диоксида азота приземная концентрация загрязняющих веществ составляет

$$C_m = \frac{140 \cdot 4,1 \cdot 1 \cdot 0,601 \cdot 1,003 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{5,54 \cdot 135}} = 0,042 \text{ мг/м}^3.$$

Для оксида углерода приземная концентрация загрязняющих веществ равна

$$C_m = \frac{140 \cdot 1,14 \cdot 1 \cdot 0,601 \cdot 1,003 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{5,54 \cdot 135}} = 0,0118 \text{ мг/м}^3.$$

Пример 3. Определите мощность выброса M для золы, соответствующего заданному уровню максимальной предельной концентрации.

Решение. Мощность выброса M , соответствующего заданному уровню максимальной приземной концентрации C_m , находится по формуле

$$M = \frac{C_m \cdot H^2}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_r \cdot \Delta T}.$$

Пример 4. Определите опасную скорость ветра u_m и расстояние x_m от трубы по оси факела газового выброса, при которых достигается максимальная приземная концентрация вредных веществ.

Источник имеет следующие параметры: высота дымовой трубы $H = 80$ м с диаметром устья $D = 1,4$ м; скорость выхода газовой смеси из устья $w_0 = 7,6$ м/с; удельный объем продуктов сгорания без избытка воздуха $V_r = 6,58$ м³/с; ТЭС работает на угле. Разность температур между газовой смесью и атмосферным воздухом $\Delta T = 110$ °С.

Решение. Расстояние от трубы, на котором достигается максимальная концентрация загрязненных веществ, определяется формулой

$$x_m = d \cdot H,$$

где d – вспомогательный безразмерный коэффициент, определяемый для нагретых выбросов в зависимости от v_m и вспомогательного фактора f ;

H – высота дымовой трубы, м.

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{6,58 \cdot 110}{80}} = 8,22,$$

$$f = \frac{10^3 \cdot w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \text{ (м/с}^2 \text{ } ^\circ\text{C)},$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

w_0 – скорость выхода газозадушной смеси из устья источника выброса, м/с.

$$f = \frac{10^3 \cdot w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{10^3 \cdot 1,4^2 \cdot 7,6}{80^2 \cdot 110} = 8,44.$$

Так как $v_m = 8,22$, т. е. $v_m > 2$, то $f = 8,44$.

Поэтому $d = 7 \cdot \sqrt{v_m} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{8,22} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{8,44}) = 31,34$.

Безразмерный коэффициент F , учитывающий скорость оседания, равен для диоксида серы $F = 1$, для летучей золы, нетоксичной пыли $F = 2$. Учитывая, что для нетоксичной пыли $F = 2$, то

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H = \frac{5 - 2}{4} \cdot 31,34 \cdot 80 = 1881 \text{ м.}$$

Для диоксида серы

$$x_m = d \cdot H = 31,34 \cdot 80 = 2507 \text{ м.}$$

Опасная скорость ветра на уровне флюгера рассчитывается по следующим формулам:

$$u_m = 0,5 \text{ при } v_m < 0,5,$$

$$u_m = v_m \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2,$$

$$u_m = v_m (1 + 0,12 \cdot f^{1/2}) \text{ при } v_m > 2,$$

$$u_m = v_m (1 + 0,12 \cdot f^{1/2}) = 8,22 \cdot (1 + 0,12 \cdot (8,44)^{1/2}) = 11 \text{ м/с.}$$

Практические задания для самостоятельной работы

1. Определите предельно допустимый выброс (ПДВ) летучей золы из дымовой трубы ТЭС. Средний эксплуатационный коэффициент очистки составляет 80 %.

2. Рассчитайте максимальное значение приземной концентрации загрязняющих веществ при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем на расстоянии (м), на котором оно достигается при неблагоприятных метеорологических условиях.

3. Определите мощность выброса (М) для золы, согласно заданному уровню максимальной предельной концентрации.

4. Определите опасную скорость ветра и расстояние от трубы по оси факела газового выброса, при которых достигается максимальная приземная концентрация вредных веществ.

4. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Расчет газовых балансов урбанизированных территорий

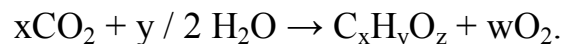
Общие теоретические положения

В связи с увеличением плотности населения в городах, индустриализацией и развитием транспорта возрастает антропогенная нагрузка на естественные экосистемы, в частности на растительные сообщества, что ведет к разрушительному воздействию на окружающую среду.

Радикальными методами охраны природы от техногенных воздействий являются сокращение выделения вредных отходов производства, полноценная очистка выбросов, ограничение нагрузки на природные экосистемы и поддержание их способности к репродуктивности. Производство воздействует на природные системы в виде положительной обратной связи. Так, при сжигании ископаемого топлива выделяется углекислый газ и другие вредные примеси.

Наземные экосистемы ежегодно ассимилируют около 12 % диоксида углерода. Самыми продуктивными являются лесные экосистемы. Деревья способны поглотить за вегетационный период 20...25 т/га CO_2 и выделить 15...18 т/га O_2 . Следует отметить, что в приросте древесины (в отличие от других видов растительности) CO_2 связывается на длительный период. Необходимо стремиться к созданию стабильности между природными и антропогенными компонентами системы.

Уравнение фотосинтеза, описывающее процесс создания вещества древесины, можно представить в общем виде:



Число атомов С, Н и О (x, y, z), входящих в состав древесины, зависит от породы деревьев.

Элементный состав древесины (значения x, y, z) рассчитывается исходя из процентного соотношения С, Н и О (табл. 4.1) [24].

Таблица 4.1

Химический состав древесины (% абсолютно сухого веса)

Древесная порода	С	Н	О	Зольные элементы
Береза	50,2	6,2	43,0	0,6
Дуб	50,5	6,3	42,3	0,9
Осина	50,5	6,2	42,8	0,5
Ель	50,3	6,3	42,6	0,8
Пихта	50,4	6,0	43,1	0,5
Сосна	49,6	6,4	43,6	0,4

Также элементный состав древесины (значения x , y , z) рассчитывается исходя из процентного соотношения С, Н и О по формулам

$$x = \frac{C}{A_1}, \quad (4.1)$$

$$y = \frac{H}{A_2}, \quad (4.2)$$

$$z = \frac{O}{A_3}, \quad (4.3)$$

где С, Н, О – содержание углерода, водорода и кислорода в соответствующей породе древесины, %;

A_1 , A_2 , A_3 – атомные массы углерода, водорода и кислорода.

Коэффициент w определяется через x , y , z из баланса числа атомов кислорода в уравнении фотосинтеза по формуле

$$2x + y / 2 = z + 2w, \quad (4.4)$$

следовательно,

$$w = x + y / 4 - z / 2. \quad (4.5)$$

Плотность зависит от строения древесины и содержания в ней экстрактивных веществ (смол). Средние значения плотности древесины различных пород приведены в табл. 4.2 [24].

Таблица 4.2

Плотность древесины различных пород

Хвойные породы, с, кг/м ³	
Ель	430
Пихта	410
Сосна	490
Лиственные породы, с, кг/м ³	
Береза	590
Дуб	650
Осина	410

Значения годовых приростов основных лесобразующих пород по классам бонитета приведены в табл. 4.3.

Бонитет (от лат. *bonitas* – доброкачественность) – показатель продуктивности насаждений, зависящий от условий произрастания. Бонитировочная шкала состоит из пяти основных классов. К I классу относятся наиболее продуктивные насаждения, а к V – наименее продуктивные. Скорость роста древостоя увеличивается с повышением класса бонитета [24, 28].

Таблица 4.3

Годовой прирост древостоев основных лесобразующих пород по классам бонитета (м³/га)

Древесная порода	Класс бонитета	Годовой прирост древостоев основных лесобразующих пород по классам бонитета (м ³ /га)			
		15	45	85	135
Сосна	I	10,2	12,2	8,1	4,8
	II	8,2	10,3	7,1	4,2
	III	5,0	7,0	5,5	3,0
	IV	3,2	5,4	4,7	2,4
	V	1,9	4,1	3,7	1,9
Ель, пихта	I	7,6	11,6	10,1	6,9
	II	6,1	8,9	8,7	5,2
	III	4,5	6,8	7,1	5,0
	IV	3,0	5,0	5,4	3,4
	V	1,6	3,4	4,0	2,1
Береза	I	7,6	8,1	4,1	–
	II	5,8	6,5	3,5	–
	III	4,4	5,0	3,0	–
	IV	3,0	3,7	2,2	–
	V	2,0	2,6	1,7	–
Осина	I	11,4	10,4	5,0	–
	II	8,9	8,1	4,5	–
	III	6,6	6,1	4,0	–
	IV	4,9	4,6	2,5	–
	V	3,1	3,2	2,0	–
Дуб	I	10,9	9,5	4,9	–
	II	8,5	7,7	4,3	–
	III	6,5	6,0	3,7	–
	IV	4,8	4,6	2,8	–
	V	3,1	3,3	2,1	–

При сжигании топлива потребляется кислород и выделяется углекислый газ. В лесных экосистемах потоки углекислого газа и кислорода имеют противоположное направление: кислород выделяется, а углекислый газ поглощается. Вырубки лесов и загрязнение окружающей природной среды выбросами от сжигания топлива и работы автотранспорта ведут к снижению фотосинтетической активности зеленых растений.

Следовательно, в пределах урбанизированной территории при синтезе органического вещества для стабильности состава атмосферы должен быть поглощен весь антропогенный углекислый газ, выделившийся при сжигании топлива, и произведено необходимое количество кислорода. Масса органического вещества, которая должна быть создана для поглощения выделившегося CO_2 , может быть рассчитана по формуле

$$M_{\text{орг.в-ва погл.}\text{CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{0,44 \cdot x}, \quad (4.6)$$

где M_{CO_2} – суммарное количество CO_2 , выделившегося при сжигании топлива;

x – коэффициент уравнения фотосинтеза для древостоев.

Масса органического вещества, которая должна быть создана для компенсации количества O_2 , пошедшего на горение топлива:

$$M_{\text{орг.в-ва погл.}\text{O}_2} = \frac{M_{\text{O}_2}}{0,32 \cdot w}, \quad (4.7)$$

где M_{O_2} – суммарное количество кислорода, поглощаемое при сжигании топлива;

w – коэффициент уравнения фотосинтеза для древостоев.

Расчет массы кислорода M_{O_2} , необходимой для сжигания газообразного топлива производится по формуле

$$M_{\text{O}_2} = (4 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 3,64 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 / 100 + 3,58 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100) \cdot M_{\text{топл.}} \quad (4.8)$$

Количество выделившегося углекислого газа M_{CO_2} при сжигании горючих газов определяется согласно формуле

$$M_{\text{CO}_2} = (2,75 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 3 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 / 100 + 3,03 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100 + \text{CO}_2 / 100) \cdot M_{\text{топл.}} \quad (4.9)$$

Количество водяного пара $M_{\text{H}_2\text{O}}$:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (2,25 \cdot \text{CH}_4 / 100 + 1,64 \cdot \text{C}_3\text{H}_8 / 100 + 1,55 \cdot \text{C}_4\text{H}_{10} / 100) \cdot M_{\text{топл.}} \quad (4.10)$$

Расчет массы кислорода M_{O_2} , необходимого для сжигания топлива, и количества образующихся при этом продуктов горения может быть произведен по следующим формулам:

$$M_{\text{O}_2} = (2,67 \cdot \text{C} / 100 + 8 \cdot \text{H} / 100 + 1,14 \cdot \text{N} / 100 + \text{S} / 100 - \text{O} / 100) \cdot M_{\text{топл.}}; \quad (4.11)$$

$$M_{\text{CO}_2} = (3,67 \cdot \text{C} / 100) \cdot M_{\text{топл.}}, \quad (4.12)$$

$$M_{\text{NO}_x} = (2,14 \cdot N / 100) \cdot M_{\text{топл}}, \quad (4.13)$$

$$M_{\text{SO}_2} = (2 \cdot S / 100) \cdot M_{\text{топл}}, \quad (4.14)$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = (9 \cdot H / 100) \cdot M_{\text{топл}}, \quad (4.15)$$

где С, Н, N, S, О – процентное содержание углерода, водорода, азота, серы и кислорода в составе горючей массы сжигаемого вида топлива;

$M_{\text{топл}}$ – масса сжигаемого топлива.

Для поддержания баланса урбанизированной территории из двух величин массы вещества древесины нужно выбрать наибольшую, обеспечивающую оба газовых баланса одновременно:

$$M_{\text{орг.в-ва}} = \max \cdot (M_{\text{орг.в-ва погл. CO}_2}; M_{\text{орг.в-ва погл. O}_2}). \quad (4.16)$$

Для дальнейшего анализа необходимо пересчитать величину абсолютно сухой массы вещества древесины в объем:

$$V = \frac{M_{\text{орг.в-ва}}}{\rho}, \quad (4.17)$$

где V – общий объем древесины, м^3 .

ρ – плотность древесины соответствующей породы, $\text{кг}/\text{м}^3$;

На основе величины V и среднего годового прироста древесины на одном гектаре $V_{\text{год}}$ ($\text{м}^3/\text{га} \cdot \text{год}$) рассчитывается необходимая площадь лесов:

$$S_{\text{леса}} = \frac{V}{V_{\text{год}} \cdot T}, \quad (4.18)$$

где T – период времени (лет) за который должна быть осуществлена компенсация техногенного воздействия.

Методические указания к решению задач

Определите количество CO_2 и паров воды, образующихся при сжигании 3000 т природного газа следующего состава: метан – 70 %; пропан – 15 %; бутан – 10 % и углекислый газ – 5 %. Какая площадь березовых насаждений способна поглотить такое количество углекислого газа за год, если содержание углерода в древесине составляет 50,2 %, плотность – $590 \text{ кг}/\text{м}^3$, годовой прирост – $6,5 \text{ м}^3/\text{га}$?

1. Определим количество CO_2 , выделившегося при сжигании газообразного топлива:

$$M_{\text{CO}_2} = \left(2,75 \frac{\text{CH}_4}{100} + 3 \frac{\text{C}_3\text{H}_8}{100} + 3,03 \frac{\text{CH}_4\text{H}_{10}}{100} + \frac{\text{CO}_2}{100} \right) \cdot M_{\text{топл}} =$$

$$= \left(2,75 \frac{70}{100} + 3 \frac{15}{100} + 3,03 \frac{10}{100} + \frac{5}{100} \cdot 3000 = \right) = 8184 \text{ т.}$$

2. Определим количество паров воды, выделившихся при сжигании газообразного топлива:

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \left(2,25 \frac{\text{CH}_4}{100} + 1,64 \frac{\text{C}_3\text{H}_8}{100} + 1,55 \frac{\text{CH}_4\text{H}_{10}}{100} + \frac{\text{CO}_2}{100} \right) \cdot M_{\text{топл}} =$$

$$= \left(2,25 \frac{70}{100} + 1,64 \frac{15}{100} + 1,55 \frac{10}{100} + \frac{5}{100} \cdot 3000 = \right) = 5998 \text{ т.}$$

3. Для расчета массы древесины необходимо определить x (или w) при условии поддержания баланса урбанизированной территории:

$$x = \frac{C}{12} = \frac{50,2}{12} = 4,18.$$

4. Определим массу древесины, которая должна быть создана для поглощения выделившегося при сжигании газообразного топлива углекислого газа:

$$M_{\text{орг.в-ва погл. CO}_2} = \frac{M_{\text{CO}_2}}{0,44 \cdot x} = \frac{8184}{0,44 \cdot 4,18} = 4650 \text{ т.}$$

5. Пересчитаем величину массы абсолютно сухой древесины в объем:

$$V = \frac{M_{\text{орг.в-ва}}}{\rho} = \frac{4650 \cdot 10^3}{590} = 7881,4 \text{ м}^3.$$

6. Определим необходимую площадь березовых насаждений:

$$S_{\text{леса}} = \frac{V}{V_{\text{год}} \cdot T} = \frac{7881 \cdot 4}{6,5 \cdot 1} = 1212,5 \text{ га.}$$

Практические задания для самостоятельной работы

1. Определите количества расходуемого CO_2 и паров воды при сгорании 4000 т природного газа следующего состава: метан – 65 %; пропан – 18 %; бутан – 12 %; углекислый газ – 3 %. Какая площадь древесных насаждений способна поглотить такое количество углекислого газа за год (типы древесных пород определяются из табл. 4.1 по заданию преподавателя), если известно содержание углерода в древесине, плотность и годовой прирост древесины (данные табл. 4.2, 4.3)?

2. Определите количества расходуемого O_2 и паров воды при сгорании 5500 т природного газа следующего состава: метан – 45 %; пропан – 16 %; бутан – 11 %; углекислый газ – 2 %. Какая площадь древесных

насаждений способна поглотить такое количество углекислого газа за год (типы древесных пород определяются из табл. 4.1 по заданию преподавателя), если известно содержание кислорода в древесине, плотность и годовой прирост древесины (данные табл. 4.2, 4.3)?

3. Определите количества расходуемого O_2 , паров воды и выделяющегося CO_2 при сжигании 20 000 т торфа со следующим элементным составом: С – 60 %; Н – 5 %; О – 32 %; N – 2,5 %; S – 0,5 % .

Библиотека БГУИР

Приложение

Данные для расчетов приземной концентрации
загрязняющих веществ с учетом их рассеивания в атмосфере

Таблица П.1

Задания для самостоятельной работы

Параметр	Варианты							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Высота источника H , м	200	150	100	170	190	180	110	140
Температура отходящих газов T_r , °С	160	150	140	130	170	110	170	200
Температура окружающего воздуха T_b , °С (максимальная температура наружного воздуха наиболее жаркого месяца для Республики Беларусь (июль))	25	25	25	25	25	25	25	25
Диаметр устья источника D , м	7,2	5,2	6,4	8,2	5,5	7,0	6,8	6,2
Выброс газовой смеси V , м ³ /с	550	400	450	375	300	450	375	440
Коэффициент учета рельефа η	1	1	1	1	1	1	1	1
Коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы A	140	140	140	140	140	140	140	140
Приземная концентрация C_f , мг/м ³	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Удельный объем продуктов сгорания V_r , м ³ /с	5,67	4,73	6,34	6,58	7,55	5,63	8,11	4,47

Таблица П.2

Значение коэффициента скорости оседания вредных веществ
в атмосферном воздухе, F

Виды выбросов	F
Газообразные вредные вещества (оксиды серы, азота и др.) и мелкодисперсные аэрозоли (пыль, зола и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю)	1
Пыль и зола при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки, равном:	
– 90 %;	2
– 70–90 %;	2,5
– 75 %	3

Литература

1. Витченко, А. Н. Геоэкология / А. Н. Витченко. – Минск : БГУ, 2002.
2. Голубев, Г. Н. Геоэкология / Г. Н. Голубев. – М. : Аспект-Пресс, 2006.
3. Кочуров, Б. П. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. П. Кочуров. – Смоленск, 1997.
4. Логинов, В. Ф. Основы экологии и природопользования / В. Ф. Логинов. – Полоцк : ПТУ, 1998.
5. Мазур, И. И. Курс инженерной экологии / И. И. Мазур, О. И. Молдаванов. – М. : Высш. шк., 1999.
6. Петров, К. М. Геоэкология / К. М. Петров. – СПб. : СПбГУ, 2004.
7. Келлер, А. А. Медицинская экология / А. А. Келлер, В. И. Кувакин. – СПб. : Петроградский и К°, 1998.
8. Экология города / А. С. Курбатова [и др.]. – М. : Научный мир, 2004.
9. Горшков, С. П. Концептуальные основы геоэкологии / С. П. Горшков. – М. : Желдориздат, 2001.
10. Егоренков, Л. И. Геоэкология : учеб. пособие / Л. И. Егоренков, Б. И. Кочуров. – М. : Финансы и статистика, 2005.
11. Виноградов, Б. В. Основы ландшафтной экологии / Б. В. Виноградов. – М. : Геос, 1998.
12. Клубов, С. В. Геоэкология: история, понятия, современное состояние / С. В. Клубов, Л. Л. Прозоров. – М. : ВНИИ Зарубежгеология, 1993.
13. Топчиев, А. Г. Геоэкология: географические основы природопользования / А. Г. Топчиев. – Одесса : Астропринт, 1996.
14. Чибилев, А. А. Введение в геоэкологию (эколого-географические аспекты природопользования) / А. А. Чибилев. – Екатеринбург : УрО РАН, 1998.
15. Основы геоэкологии / под ред. В. Г. Морачевского. – СПб : СПбГУ, 1994.
16. Трофимов, В. Т. Экологическая геология / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг. – М. : Геоинформмарк, 2002.
17. Экологические функции литосферы / под ред. В. Т. Трофимова. – М. : МГУ, 2000.
18. Гагина, Н. В. Методы геоэкологических исследований : курс лекций / Н. В. Гагина, Т. А. Федорцова. – Минск : БГУ, 2002.
19. Природопользование, охрана окружающей среды и экономика / под ред. А. П. Хаустова. – М. : РУДН, 2006.
20. Акимова, Т. А. Основы экоразвития / Т. А. Акимова, В. В. Хаскин. – М. : РЭА, 1994.
21. Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М., 1992.

22. Дополнения к методике проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом). – М., 1992.
23. Автомобильный транспорт и охрана окружающей среды. – Саратов : Арал, 2000.
24. Воликов, А. Н. Охрана окружающей среды от вредных выбросов при сжигании топлива : учеб. пособие / А. Н. Воликов. – СПб. : ГАСУ, 2002.
25. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. – Л., 1987.
26. Еремкин, А. И. Нормирование выбросов загрязняющих веществ в атмосферу : учеб. пособие / А. И. Еремкин. – М. : АСВ, 2000.
27. Мананков, А. В. Геоэкология. Промышленная экология : учеб. пособие / А. В. Мананков. – Томск : ТГАСУ, 2010.
28. Мелехов, И. С. Лесоведение : учебник для вузов / И. С. Мелехов. – М. : МГУЛ, 2004.
29. Эколого-экономическая стратегия развития региона / под ред. В. В. Буфала, В. И. Гурмана. – Новосибирск : Наука, 1990.
30. Природно-хозяйственные регионы Беларуси / под науч. ред. А. Н. Витченко. – Минск : БГПУ, 2005.
31. Экологическая политика Республики Беларусь и экологические риски : пособие / А. Н. Витченко [и др.]. – Минск : БГУ, 2011.
32. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь. – Минск, 2004.

Учебное издание

Телеш Инна Анатольевна

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ГЕОЭКОЛОГИИ

ПОСОБИЕ

Редактор *Е. С. Чайковская*

Корректор *Е. И. Герман*

Компьютерная правка, оригинал-макет *М. В. Гуртатовская*

Подписано в печать 04.06.2015. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 6,16. Уч. изд. л. 6,0. Тираж 50 экз. Заказ 452.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,

№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.

ЛП №02330/264 от 14.04.2014.

220013, Минск, П. Бровки, 6