
**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ
УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ» (ТУСУР)

КАФЕДРА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА (РЭТЭМ)

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«**Прикладная экология**»

ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ
020801 (013100) «Экология» и
280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и
направлений подготовки бакалавров 022000 «Экология и
природопользование» и 280700 «Техносферная безопасность»

Разработчик:
Доцент кафедры РЭТЭМ
_____ Н.Н.Несмелова
«__» _____ 2012

2012

Несмелова Н.Н. Прикладная экология: учебное пособие / Н. Н. Несмелова. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. – 132 с.

В учебном пособии изложены основные вопросы прикладной экологии, науки, изучающей воздействие человека на окружающую природную среду, экологические последствия хозяйственной деятельности. Определено место прикладной экологии в системе наук, ее предмет, задачи и методы. Раскрыто понятие загрязнения окружающей среды, рассмотрены последствия загрязнения, вопросы нормирования качества окружающей среды и воздействий на нее, проблемы экологии городов. Кроме теоретического материала в пособие включены разработки практических занятий, проверочные работы, тесты и вопросы для подготовки к зачету. Содержание учебного пособия соответствует государственному образовательному стандарту для специальности 020801 «Экология» и программе курса «Прикладная экология» для студентов-экологов Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. Может использоваться студентами, обучающимися по специальности 280101 «Безопасность жизнедеятельности в техносфере» и по другим специальностям при изучении курса «Экология».

Оглавление

1. Введение в прикладную экологию.....	5
2. Загрязнение и нормирование качества окружающей среды.....	9
3. Антропогенное загрязнение атмосферы и нормирование качества воздуха.....	16
4. Загрязнение атмосферы парниковыми газами.....	20
5. Последствия загрязнения атмосферы озоноразрушающими веществами.....	26
6. Последствия загрязнения атмосферы продуктами сгорания органического топлива.....	33
7. Антропогенные воздействия на гидросферу.....	42
8. Нормирование качества вод.....	44
9. Защита гидросферы.....	46
10. Антропогенные воздействия на литосферу.....	54
11. Нормирование качества и защита почвы.....	60
12. Природно-технические системы и их свойства.....	65
Характер ландшафтов и приоритеты их использования.....	67
13. Разработка производственно-хозяйственных экологических нормативов.....	75
13.1. Разработка ПДВ.....	75
13.2. Разработка ПДС.....	79
14. Экология урбанизированных территорий.....	82
Практические занятия по прикладной экологии.....	94
<u>Практическая работа № 1 Тенденции антропогенного воздействия на окружающую среду.....</u>	94
<u>Практическая работа № 2. Техногенное загрязнение окружающей среды.....</u>	96
<u>Практическая работа № 3. Нормирование качества атмосферного воздуха.....</u>	98
<u>Практическая работа № 4. Нормирование загрязнения атмосферного воздуха.....</u>	98
<u>Практическая работа № 5. Нормирование загрязняющих веществ в воде.....</u>	100
<u>Практическая работа № 6. Автотранспорт – основной загрязнитель атмосферы больших городов.....</u>	102
<u>Практическая работа № 7. Расчет концентрации загрязняющих веществ в районе промышленного предприятия.....</u>	107
<u>Практическая работа № 8. Определение ПДВ промышленного предприятия.....</u>	114
<u>Практическая работа № 9. Определение санитарно-защитной зоны промышленного предприятия.....</u>	118

Проверочные работы по прикладной экологии	120
<u>Проверочная работа № 1. Современное состояние и охрана атмосферы: проверочная работа</u>	120
Минпром РФ	122
<u>Проверочная работа № 2. Рациональное использование и охрана водных ресурсов: проверочная работа</u>	123
Тесты по прикладной экологии	125
<u>Тест № 1. Современный экологический кризис и промышленная экология</u>	125
<u>Тест № 2. Экологические проблемы энергетики</u>	127
<u>Тест № 3. Обращение с отходами. Очистка промышленных выбросов и сбросов</u>	128
Вопросы к зачету по прикладной экологии	133
Литература	134

1. Введение в прикладную экологию.

В XX веке стало очевидно быстрое изменение окружающей среды под влиянием производственной деятельности человека. Химические и физические загрязнения воздуха, воды, почвы отхода производства угрожают сегодня самому существованию человечества. В условиях нарастающего кризиса внимание экологов сосредоточилось на процессах взаимодействия биосферы и человечества. Преобразуя условия своего обитания, стремясь к максимальному комфорту и удовлетворению своих разнообразных потребностей, люди создали новую искусственную оболочку Земли – техносферу. Это техническая оболочка, искусственно преобразованное пространство планеты, находящееся под воздействием продуктов производственной деятельности.

Предмет экологии сегодня расширился. Вобрав в себя проблемы окружающей среды, экология перестала быть только биологической наукой. Сегодня она активно взаимодействует со многими естественными, гуманитарными, техническими науками, использует подходы, методы, факты и теории, накопленные в недрах других наук, для решения проблемы гармонизации взаимодействия человечества и биосферы. В свою очередь идеи и проблемы экологии переносятся в другие области знания – этот процесс носит название **экологизации современной науки**. Экологизация отражает тенденцию комплексного, системного изучения, переход от дифференциации научных направлений к синтезу единого знания (природа не знает факультетов).

Современная экология – это комплекс фундаментальных и прикладных дисциплин, объединенных общей проблемой – взаимодействие человека и биосферы, макроэкология (мегаэкология). Экология стремится решить проблемы окружающей среды, преодолеть технократическое мышление, помочь человечеству встать на путь устойчивого развития, гармоничного взаимодействия с природой. Известный американский эколог Одум в 1967 году назвал экологию наукой о строении и функциях природы в целом, а в 1986 определил ее как междисциплинарную область знания об устройстве и функционировании мно-

гоуровневых систем в природе и в обществе. Пожалуй, это определение наиболее точно отражает современное понимание предмета экологии.

Расширение предмета экологии привело к появлению ее новых определений: экология является наукой об общих закономерностях взаимодействия природы и общества, но в то же она представляет собой специальную сферу деятельности общества, направленную на охрану окружающей среды и целесообразное использование природных ресурсов. Экология нашего времени – это не только наука, но и область человеческой деятельности, тесно связанная с политикой, экономикой, правом.

Экология включает следующие разделы:

- фундаментальная экология – теория систем, моделирование, экспериментальная и математическая экология;
- геоэкология – экология сред (воды, суши, почвы), ландшафтов, природных зон;
- биоэкология – экология видов, популяций, сообществ, экосистем, эволюционная экология;
- экология человека – биологическая и социальная;
- прикладная экология – экология разных видов деятельности (промышленная, сельскохозяйственная, медицинская, биоресурсная, коммунальная и др.).

Некоторые биологи возражают против расширения предмета экологии, настаивают на сохранении традиционной биоэкологии, а все проблемы окружающей среды предлагают выделить в отдельную науку. В западной литературе разделение экологии и энвайроментологии широко распространено. Но в отечественной литературе эти понятия чаще объединяются.

В экологии выделяют теоретический и прикладной разделы. **Теоретическая экология** вскрывает общие закономерности организации живых систем, разрабатывает теорию экосистем, изучает механизмы адаптации биосистем к среде, исследует биосферные процессы, законы эволюции экосистем и т.д. Это научная основа прикладной экологии. **Прикладная экология** изучает механизмы разрушения биосферы человеком, разрабатывает способы предотвращения негативных воздействия, принципы рационального использования природных ресурсов.

Общая цель экологии – развитие теории взаимодействия природы и общества, которое рассматривается как неотъемлемая часть биосферы.

Прикладные задачи экологии: прогноз и оценка негативных антропогенных воздействий на биосферу; способы улучшения качества окружающей среды; сохранение, воспроизводство и рациональное использование природных ресурсов; оптимизация инженерных, экономических, организационно-правовых, социальных и иных решений для обеспечения устойчивого развития регионов и всего человечества.

Развитие человечества – часть эволюции природы, проблемы окружающей среды являются результатом антропогенного нарушения регуляторных функций биосферы, которые не могут быть восстановлены или изменены технологическим путем. Дальнейшее развитие человечества возможно только с учетом **экологического императива**. Это основной закон экологии – подобие нравственного закона, настоятельное требование к человечеству ограничить и остановить губительную для природы экспансию, соизмерять антропогенное давление с возможностями саморегуляции биосферы. Сегодня в человеческом мировоззрении сталкиваются две системы взглядов, два разных подхода к взаимоотношениям человека и природы: антропоцентрический и биоцентрический. Стратегия развития человечества зависит от того, какой подход станет преобладающим в мировоззрении людей, либо от достигнутого компромисса между этими подходами. Экология помогает сделать взвешенный выбор и в этом ее мировоззренческая функция.

Прикладная экология развивается на стыке экологии с различными областями человеческой деятельности, способствуя решению проблемы взаимодействия человека и природы. Ее задачи: формирование экологических критериев в экономике; изучение механизмов антропогенного воздействия на окружающую среду; контроль качества окружающей среды; обоснование нормативов использования природных ресурсов; экологическая регламентация хозяйственной деятельности; экологический контроль планов, проектов; разработка способов охраны и восстановления природных систем.

Для решения поставленных перед экологией задач используются как общенаучные, так и специфические методы. К общенаучным методам можно отнести наблюдение, эксперимент и моделирование, исторический метод, методы прикладной статистики. Для наблюдения характерно невмешательство исследователя в функционирование объекта изучения, тогда как эксперимент, напротив, предусматривает такое вмешательство. Эксперимент в экологии может быть полевой, лабораторный, стихийный (природный или антропогенный); контролируемый, частично контролируемый, неконтролируемый. Моделирование связано с заменой изучаемой системы на другую, более удобную для изучения. Метод моделирования широко применяется в экологии, используются различные виды моделей: концептуальные, натурные или математические.

Специфические методы прикладной экологии включают эколого-экономический анализ состояния территории; инженерно-экологический анализ с целью оптимального размещения объектов строительства и реконструкции; технологический анализ, направленный на снижение вредного действия производства, отдельных технологических процессов и изделий; методы оценки влияния окружающей среды на здоровье людей и оценки экологического риска; методы экологического контроля хозяйственной деятельности (аттестация предприятий, экспертиза проектов, оценка воздействия на окружающую среду (ОВОС); создание геоинформационных систем и банков экологической информации.

Направления прикладной экологии тесно переплетаются с родственными дисциплинами. Ее экономические аспекты изучаются быстро развивающейся наукой – экономикой природопользования. Сельскохозяйственная экология взаимодействует с агробиологией, урбэкология – с коммунальной гигиеной, медицинская экология опирается на эпидемиологию и краевую патологию (отрасль медицины, изучающую географическое распространение болезней). Большинство требований промышленной экологии совпадает с требованиями гигиены труда, эргономики, с нормами эффективности, безопасности и культуры производства.

Основные экологические проблемы сегодня:

- 1) загрязнение окружающей среды отходами производства;
- 2) истощение ресурсов важнейших ресурсов биосферы.

Последствия этого: падение эффективности производства, безработица, голод, болезни, изменения климата, нарушение устойчивости экосистем. Прикладная экология призвана разрабатывать подходы к снижению антропогенного воздействия на окружающую среду, что в конечном итоге способствует достижению идеала устойчивого развития человечества.

2. Загрязнение и нормирование качества окружающей среды

Под **загрязнением** понимается привнесение в среду или возникновение в ней новых физических, химических, информационных или биологических агентов или превышение естественного среднесуточного уровня их концентрации, приводящее к негативным, с позиции человека, последствиям.

В наиболее общем виде, загрязнение – это все то, что появляется не в то время, не в том месте и не в том количестве, как естественно для природы. В результате, экосистема отклоняется от равновесного состояния, ее параметры выходят за рамки нормы, привычной и желательной для человека.

Химическое загрязнение (ингредиентное) – изменение химического состава среды, то есть отклонение от нормального уровня концентраций характерных ингредиентов или появление новых. **Физическое загрязнение (параметрическое)** – отклонение от нормы физических параметров окружающей среды. **Биологическое загрязнение:** микробиологическое – бактериями и вирусами, возбудителями болезней; макробиологическое – животными и растениями, случайно либо ошибочно занесенными в новые экосистемы.

Загрязнение природных сред может быть вызвано как техногенными, так и природными процессами. Например, подсосыванием морской высокоминерализованной воды в береговые водозаборы, загрязнением нефтепродуктами водных объектов в местах естественного выхода нефти на поверхность и др. Типичным примером возникновения новых загрязнителей является процесс эвтрофикации водоемов. При этом процесс активного развития

синезеленых водорослей приводит к резкому снижению содержания в воде кислорода, а в придонной части может сконцентрироваться растворенный сероводород.

Необходимо обратить внимание, что загрязняющие агенты не просто воздействуют на воду или на воздух, а объектом воздействия всегда является экосистема. Так как в экосистемах агенты выступают в роли экологических факторов, то фактически происходит изменение режима действия экофакторов. В результате один или несколько факторов выходят за пределы оптимума или даже за пределы толерантности организмов соответствующего биоценоза, то есть нарушаются экологические ниши вида или целого звена трофической цепи. В этом случае нарушаются процессы обмена веществ между звеньями пищевой цепи, что сказывается на продуктивности биоценоза в целом. Сегодня преобладает химическое загрязнение, которое рассматривают отдельно для атмосферы, гидросферы и литосферы. При физическом загрязнении выделить особенности воздействия на отдельные компоненты биосферы труднее, поэтому его подразделяют на виды: шумовое, электромагнитное, ионизирующее, радиационное и т.д.

По масштабам воздействия загрязнение биосферы различают:

- локальное – характерное для городов, крупных промышленных и транспортных предприятий, районов добычи полезных ископаемых, крупных животноводческих комплексов и т.п.;
- региональное – охватывает значительные территории и акватории как результат влияния крупных промышленных районов;
- глобальное – распространяется на большие расстояния от места возникновения и оказывает неблагоприятное воздействие на крупные регионы, вплоть до планетарного влияния) чаще всего это связано с выбросами в атмосферу.

Основным загрязнителем природной среды является человек. Загрязнение, связанное с хозяйственной деятельностью человека, называется антропогенным. Всякая хозяйственная деятельность приводит к образованию отходов, которые рассеиваются в окружающей среде, меняя диапазон естественных колебаний экологических (в первую очередь абиотических) факторов.

В природной среде техногенные вещества и энергия перераспределяются за счет миграции, трансформации и аккумуляции в разных компонентах биосферы. Например, пыление из хранилища твердых отходов загрязняет атмосферу. Атмосферные осадки вымывают загрязняющие вещества из воздуха, переносят их в почву и в водоемы. Из почвы частицы загрязнителей поступают в грунтовые и поверхностные воды. Между поверхностными и подземными водоемами также существует массообмен.

Антропогенное воздействие может быть прямым и косвенным. Прямое воздействие – это любой вид непосредственного воздействия человека на природные экосистемы: строительство поселений, дорог, использование земель в сельском хозяйстве, лесозаготовки, охота, рыболовство, добыча полезных ископаемых, промышленное производство и др. Вся эта деятельность ведет к изменению биогеоценозов, к снижению биоразнообразия, к накоплению загрязнений.

Последствия такой деятельности не ограничиваются только прямым преднамеренным воздействием на природу. Следует учитывать также косвенные и отдаленные последствия хозяйственной деятельности. Так, лесозаготовки в бассейне реки могут привести к ряду взаимосвязанных последствий: уменьшению влажности почвы, снижению уровня грунтовых вод, усыханию притоков реки, снижению уровня воды в реке и в озере, куда она впадает, к изменению водных и почвенных биоценозов. Озеро может «зацвести» (развитие цианобактерий). Эта цепочка событий приведет к отрицательным последствиям для людей, живущих около озера и пользующихся его водой. Характерный пример цепной реакции непреднамеренных последствий первичной преднамеренной хозяйственной акции – последствия использования пестицидов в сельском хозяйстве.

Под качеством окружающей природной среды (ОПС) понимают степень ее соответствия потребностям людей и технологическим требованиям. Качество ОПС, необходимое для поддержания жизни, поддерживается, прежде всего, самой природой путем саморегуляции и самоочищения.

Нормирование качества ОПС – это деятельность по установлению нормативов (показателей) предельно допустимых воздействий на среду, включающая процесс научного обоснования

нормативов и придания им юридической силы. При нормировании определяются количественные показатели загрязнений воздуха, воды, почвы, которые не оказывают вредного влияния на человека. В последние годы при нормировании стали учитывать также воздействие среды на представителей других биологических видов: животных, растений, микроорганизмов, а также на экосистемы в целом.

Принцип нормирования качества среды лежит в основе всех природоохранных мероприятий. В Законе РФ об охране окружающей природной среды вопросам нормирования качества посвящена самостоятельная глава, включающая 13 статей. Согласно закону, соблюдение экологических нормативов обеспечивает экологическую безопасность населения, сохранение генофонда, рациональное использование и воспроизводство ресурсов.

Понятно, что качество среды будет тем выше, чем ниже пороги предписанных законом экологических нормативов. Но соблюдение жестких нормативов требует дополнительных финансовых затрат, связанных с разработкой и внедрением более совершенных технологий очистки, более чувствительных средств контроля. Поэтому более жесткие нормативы может позволить себе только экономически развитое общество. Наблюдается закономерность: чем выше уровень экономического развития общества, тем более жесткие там экологические нормативы и соответственно более высокое качество окружающей среды. Экологические нормативы – это компромисс, который позволяет развивать хозяйство и охранять здоровье людей.

Нормирование – это процесс научного обоснования и придания юридической силы показателям предельно допустимого воздействия человека на природу. При нормировании определяются количественные показатели загрязнений воздуха, воды, почвы, которые не оказывают вредного влияния на человека. В последние годы при нормировании стали учитывать также воздействие среды на представителей других биологических видов: животных, растений, микроорганизмов, а также на экосистемы в целом.

Нормативы качества окружающей среды оценивают по трем критериям: медицинскому, технологическому и научно-техническому. Медицинский критерий отражает соответствие

норматива пороговому уровню безопасности для здоровья человека. Технологический критерий оценивает возможность достижения уровня установленных пределов техногенного воздействия на человека и среду обитания. Научно-технический критерий проверяет возможность научных и технических средств контролировать соблюдение пределов воздействия по всем его характеристикам. Норматив получает юридическую силу с момента утверждения его Министерством Здравоохранения или Министерством Природных Ресурсов РФ.

Экологические нормативы бывают трех типов: санитарно-гигиенические, производственно-хозяйственные и комплексные. **Санитарно-гигиенические нормативы** – это характеристики состояния среды, которые гарантируют ее безопасность для здоровья человека и его генофонда. К санитарно-гигиеническим показателям относятся нормативы предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, предельно допустимые уровни физических воздействий (ПДУ), нормативы санитарно-защитных зон (СЗЗ) и др. Эти нормативы определяют количественные показатели качества окружающей среды, необходимого для поддержания здоровья человека. Этот тип нормативов наиболее разработан. **Производственно-хозяйственные нормативы** устанавливают требования непосредственно к источнику вредного воздействия, ограничивая его деятельность определенными пороговыми величинами выбросов и сбросов. Сюда относятся нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу (ПДВ), предельно допустимые сбросы загрязняющих веществ со сточными водами (ПДС), нормативы образования отходов – предельно допустимые отходы (ПДО). Эти нормативы разрабатываются для каждого предприятия или даже для каждого конкретного источника выбросов или сбросов. **Комплексные нормативы** сочетают в себе признаки санитарно-гигиенических и производственно хозяйственных.

Численно, степень загрязнения определяется концентрациями загрязняющих веществ в воздухе, воде, почве, растительности. Эти концентрации могут быть безопасны для объектов живой природы, могут приводить к их угнетению и в крайних случаях к гибели. Максимальная концентрация загрязняющего вещества в природных средах, которая практически не влияет на состояние

природных объектов, получила наименование предельно допустимой концентрации или ПДК. Для воздушной среды ПДК приводятся в мкг/м^3 или мг/м^3 , а для водной в г/дм^3 , мг/дм^3 или мкг/дм^3 . Первоначально ПДК оценивались только по отношению к человеку и его реакции на загрязнители, однако в дальнейшем этот показатель используется и в отношении иных природных объектов: почв, диких животных, рыб, природных ландшафты в целом.

Учитывая производственные процессы и достаточно сложную и меняющуюся ситуацию с содержанием загрязняющих веществ в воздушной среде промышленных комплексов, городов и поселков понятие ПДК в отношении человека дифференцировано. В частности, просчитываются такие показатели:

- ✓ ПДК_{рз.} - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в рабочей зоне;
- ✓ ПДК_{сс} - предельно допустимые средние суточные концентрации;
- ✓ ПДК_{мр} - предельно допустимые максимальные разовые концентрации
- ✓ К_л - концентрации летальные.

Величины предельно допустимых концентраций определяются экспериментально и утверждаются Министерством Здравоохранения в качестве нормативов для проектирования сооружений, загрязняющих природные объекты, оценки работы очистных станций и установок и решения многих природоохранных вопросов.

Определение ПДК даже для одного вещества – длительный и дорогой процесс. Поэтому важное изучение физико-химических свойств вещества, позволяющее рассчитать ориентировочно безопасный уровень воздействия (ОБУВ), который можно использовать на стадии разработки технологического процесса или опытной установки.

Имеется около 20 формул, по которым можно рассчитать ОБУВ. Рекомендуется производить расчет по всем возможным формулам и выбирать среднее из полученных значений. Формулы включают разные физико-химические показатели. Например, для определения ОБУВ химического вещества в водной среде, можно использовать следующую формулу:

$$\lg(\text{ОБУВ}) (\text{мг/л}) = 0,92 * \lg S + \lg M - \lg \lambda - 3,15,$$

где S – растворимость вещества, M – молекулярный вес, λ - коэффициент распределения вещества между водой и воздухом.

На следующем этапе исследования токсичность вещества определяется в острых и хронических опытах на лабораторных животных. Используют животных, организм которых реагирует на химические вещества сходно с организмом человека, причем опыты проводят не менее чем на двух видах животных. Чаще всего это белые мыши и крысы, кошки, кролики, морские свинки. Для полного обоснования ПДК в одной среде (например, ПДК в воздухе рабочей зоны) требуется не менее 4 тысяч подопытных животных. Моделирование взаимодействия изучаемого вещества с живым организмом в острых опытах направлено на решение следующих задач:

- 1) выявление возможности острого отравления, изучение его симптоматики, клинического течения, определение органов-мишеней при анатомическом исследовании погибших животных;
- 2) установление параметров острого токсического действия вещества при разных путях поступления в организм (средне-смертельная доза – DL_{50} ; средне-смертельная концентрация - CL_{50} , порог острого действия Lim_{ac}).

На этом этапе уточняется ОБУВ, например, с использованием формулы: $\lg(\text{ОБУВ}) = 0,01 * DL_{50}$.

Важно определить порог острого действия вещества. Это наименьшая концентрация химического вещества, которая вызывает статистически достоверное изменение в организме при однократном воздействии. Зная Lim_{ac} можно определить зону острого действия и коэффициент возможности острого отравления. Определяется также порог хронического действия Lim_{ch} и характер воздействия при повторном поступлении в организм. Порог хронического действия – это та минимальная концентрация, которая при хроническом воздействии вызывает существенные достоверные изменения в организме лабораторных животных. Важно оценить способность вещества накапливаться в организме при повторных воздействиях, способность проникать

через неповрежденную кожу, способность к резорбции (всасыванию) через слизистые оболочки.

Lim_{ch} – основной показатель при определении рекомендуемой ПДК химического вещества. При этом используется формула: $\text{ПДК} = \text{Lim}_{\text{ch}} / K_s$, где K_s – коэффициент запаса, то есть величина, на которую нужно разделить порог хронического действия, чтобы обеспечить полную безопасность вещества. Эта величина зависит от степени токсичности вещества, способности его накапливаться в организме, наличия особых видов воздействия и может изменяться в пределах от 2 до 20.

Рекомендованная ПДК корректируется при изучении состояния здоровья людей, работающих с этим веществом, или населения в целом. Только после этого ПДК утверждается и становится государственным стандартом. ГОСТ 12.1.005 регламентирует ПДК вредных веществ, загрязняющих воздушную среду, более чем для 1300 веществ.

Нередко в организм человека из окружающей среды поступает не одно, а сразу несколько химических веществ, с этим связано понятие комбинированного действия. Возможны три основных типа комбинированного действия химических веществ: синергизм (взаимное усиление действия), антагонизм (взаимное ослабление действия) и суммация действия. Промышленные яды чаще всего действуют по принципу суммации. Это важно учитывать при оценке качества окружающей среды.

3. Антропогенное загрязнение атмосферы и нормирование качества воздуха

Воздух как природный ресурс представляет собой общечеловеческое достояние. Постоянство его состава (чистота) – важнейшее условие существования человечества. Поэтому любые изменения его состава рассматриваются как загрязнения атмосферы. Основными загрязнителями атмосферы являются оксиды углерода (CO), азота (NO_x) и серы (SO_x), углеводороды (C_nH_m) и взвешанные частицы (пыль).

Загрязняющие вещества, выброшенные в воздушный бассейн в виде газов или аэрозолей, могут:

- оседать под действием силы тяжести (крупнодисперсные аэрозоли);
- физически захватываться оседающими частицами (осадками) и поступать в литосферу или в гидросферу;
- включаться в биосферный круговорот соответствующих веществ (углекислый газ, пары воды, оксиды серы и азота и пр.);
- изменять свое агрегатное состояние (конденсироваться, испаряться, кристаллизоваться и т.п.) или химически взаимодействовать с другими компонентами воздуха, после чего пойти одним из вышеуказанных путей;
- находиться в атмосфере длительное время, переносясь циркуляционными потоками в разные слои тропосферы и стратосферы и в разные географические области планеты, до тех пор, пока не создадутся условия для их физической или химической трансформации (например, фреоны).

Сводные данные о количестве наиболее распространенных выбросов показывают, что их основная часть приходится на промышленно развитые страны Северной Америки и Европы, в меньшей степени – Азии. Объем выбросов в период с 1970 по 1990 год несколько снизился.

В результате антропогенного воздействия на атмосферу могут возникать:

- ✓ локальная или региональная загазованность приземного слоя;
- ✓ трансграничный перенос загрязнений на значительные расстояния;
- ✓ различные глобальные (планетарные) эффекты, такие как парниковый эффект или разрушение озонового слоя;
- ✓ загрязнение лито- и гидросферы как результат процессов самоочищения атмосферы.

ПДК количественно характеризует такое содержание вещества, которое не оказывает прямого или косвенного вредного действия на человека и другие организмы. Прямое действие – это временное раздражающее влияние, вызывающее кашель, ощущение запаха, головную боль и другие признаки ухудшения са-

мочувствия, которые наступают при превышении пороговой концентрации вещества. Косвенные воздействия проявляются в ухудшении среды обитания, например – поражение зеленых насаждений, увеличение количества туманных дней и т.п.

Для каждого вещества, загрязняющего атмосферный воздух, установлены ПДК двух видов: максимально разовая (ПДК_{мр}) и среднесуточная (ПДК_{сс}). Предельно допустимые концентрации могут быть максимально разовые (ПДК_{мр}), при этом определяется соответствие ПДК концентрации вещества в пробе воздуха, отобранной за двадцать минут. Если определяется среднесуточная ПДК (ПДК_{сс}), то проба воздуха отбирается непрерывно в течение суток. Иногда определяются среднемесячные и среднегодовые ПДК. Разные ПДК устанавливаются для рабочей зоны и для жилой зоны.

ПДК_{мр} – это концентрация (в мг/м³), которая в течение 30 минут не должна вызывать рефлекторных реакций у человека (ощущение запаха, изменение световой чувствительности глаз, аллергические реакции и др.). ПДК_{сс} – это концентрация (в мг/м³), которая не должна оказывать на человека токсического, канцерогенного, мутагенного или другого вредного действия при дыхании не менее 24 часов.

Для веществ, по которым ПДК не определены, руководствуются утвержденными на 3 года с возможностью продления ориентировочными безопасными уровнями воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест согласно гигиеническому нормативу ГН 2.1.6.696-98.

Для каждого загрязняющего вещества в атмосферном воздухе по санитарно-гигиеническим требованиям должно соблюдаться условие: $C_i / \text{ПДК}_i \leq 1$, где C_i – фактическая концентрация вредного вещества, а ПДК_i – максимально разовая ПДК, установленная для случая изолированного присутствия вещества.

Атмосферный воздух населенных мест обычно загрязнен одновременно многими веществами. Если совместное присутствие в ряде случаев усиливает токсичность загрязняющих веществ, то такие вещества называются веществами однонаправленного действия. Если в воздухе присутствуют два вещества с однонаправленным действием в концентрации равной ПДК для каждого, то они в сумме окажут такое же действие, как одно из них в

концентрации равной удвоенной ПДК. Минздравом России введено требование о необходимости учета суммарного воздействия (аддитивности) ряда веществ. Для оценки качества воздушной среды с учетом эффекта суммации используется формула Аверьянова:

$$\sum_{i=1}^n (C_i / \text{ПДК}_i) \leq 1$$

Здесь C_i – концентрация i -го вещества в воздухе (мг/л), ПДК_i – предельно допустимая концентрация i -го вещества (мг/л), n – количество загрязняющих веществ в воздухе. При соблюдении условия состояние воздушной среды считается удовлетворительным, если же сумма превышает единицу – неудовлетворительным.

К настоящему времени установлены группы веществ, для которых характерно однонаправленное действие: диоксид углерода и оксид углерода, диоксид серы и диоксид азота, диоксид серы и сероводород, оксид углерода, диоксид серы и диоксид азота, аэрозоль пентоксида ванадия и диоксид серы, аммиак и оксид азота, диоксид азота и оксид азота и др.

В зависимости от значения ПДК все нормированные вещества в соответствии с ГОСТом 12.1.007-76 разделены на классы опасности (таблица 1).

Таблица 1

Классы опасности загрязняющих веществ
в атмосферном воздухе

Класс опасности	Примеры	Степень опасности	ПДК (мг/м ³)
I	Ртуть, бензапирен	Чрезвычайная	$\leq 0,1$
II	Фенол, диоксид азота	Высокая	0,1-1,0
III	Сажа, диоксид серы	Умеренная	1,0-10,0
IV	Аммиак, диоксид углерода	Малая	$> 10,0$

Для объектов, загрязняющих окружающую среду, устанавливаются санитарно-защитные зоны (СЗЗ). Это территории, расположенные между источником загрязнения среды и ближайшим

местом проживания людей. На внешней границе СЗЗ неблагоприятные факторы (концентрации химических веществ, уровни действия физических факторов) не должны превышать гигиенических нормативов, установленных для населенных мест. Размеры санитарно-защитных зон устанавливаются санитарными нормами (СН-245-71). Все предприятия и сооружения делятся на пять классов, для каждого класса установлены минимальные размеры СЗЗ (таблица 2).

Таблица 2

Минимальные размеры санитарно-защитных зон для предприятий разных классов опасности

Класс предприятия	Примеры	Минимальный размер СЗЗ (м)
I	Производство аммиака, азотной кислоты, серной кислоты, удобрений, целлофана, органических растворителей, переработка нефти и др.	1000
II	Производство мочевины, искусственного волокна, шин, аммиачной селитры и др.	500
III	Производство битума, гудрона, пластмассы и др.	300
IV	Производство лекарств, обуви и др.	100
V	Механическая переработка пластмасс, вулканизация резины и др.	50

Размеры и форма СЗЗ для конкретных предприятий зависят от опасности воздействий, от возможности их нейтрализации (например, очистка выбросов), а также от условий распространения воздействий (роза ветров, рельеф и др.).

4. Загрязнение атмосферы парниковыми газами

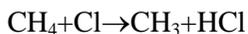
Особенность этих газов состоит в том, что они пропускают только коротковолновое излучение и удерживают волны длинной части спектра (инфракрасные), в результате происходит нагревание нижнего слоя атмосферы. По данным Британского ме-

теорологического общества, примерно с 1910 года наблюдается тенденция к повышению среднегодовой глобальной температуры у поверхности Земли. За это время средняя глобальная температура повысилась примерно на 0,7°C.

Основной газ, создающий парниковый эффект – это **диоксид углерода**, содержание которого в атмосфере за последние 150 лет заметно выросло. Причины этого – выброс (CO₂). Промышленностью в результате сжигание углеводородного сырья, а также снижение интенсивности его поглощения растениями, прежде всего лесами.

Другим газом, создающим парниковый эффект на планете, является **метан** (CH₄). Главная природная причина образования метана – деятельность особых бактерий, разлагающих в анаэробных условиях углеводы. Это происходит, прежде всего, на болотах и в пищеварительном тракте животных. Метан образуется в кучах компоста, на свалках, рисовых полях, то есть везде, где вода и грязь изолируют остатки растений от доступа воздуха, а также при добыче ископаемого топлива.

Метан в основном окисляется в тропосфере, однако небольшая его часть все-таки достигает стратосферы, где он положительно влияет на природные процессы, взаимодействуя с атомарным хлором, разрушающим озоновый слой:



Еще к парниковым газам относятся хлорфторуглероды (фреоны) и их заменители: гемооксид азота и гексафторид серы.

Парниковый эффект также создается парами воды, однако их содержание в атмосфере определяется прежде всего процессами планетарного круговорота воды. Современным человеком эти процессы не могут регулироваться.

В целом, парниковый эффект полезен для биосферы. Полное отсутствие парниковых газов в атмосфере привело бы к снижению температуры у поверхности Земли на 30-33°C, вследствие чего Земля стала бы бесплодной, как Луна, сильно охлаждаясь ночью и перегреваясь днем. В то же время, имей Земля атмосферу Венеры, состоящую более чем на 95% из CO₂, парниковый эффект привел бы к такому сильному перегреву, что жизнь также стала бы невозможна.

Изменение концентрации парниковых газов и температуры у земной поверхности (и даже весьма значительные, как в ледниковые периоды) уже происходили на нашей планете. Так, вследствие вулканической деятельности и крупных лесных пожаров резко увеличивалась концентрация CO_2 , что не раз приводило к природным экологическим катастрофам.

Современное потепление, как следствие парникового эффекта, проблема не новая. Еще в 1827 году французским ученым Фурье было высказано предположение, что атмосфера влияет на температуру поверхности Земли по-разному, пропуская излучение с разной длиной волны. В конце XIX века шведский ученый Аррениус пришел к выводу, что следствием увеличения выброса предприятиями диоксида углерода в период промышленной революции будет изменение его концентрации в атмосфере и рост приземной температуры.

Современная ситуация уникальна из-за крайне быстрого нарастания негативных процессов, необратимые серьезные последствия могут наступить за 100-200 лет. Количество CO_2 в атмосфере при современных темпах потребления человеком ископаемого топлива удваивается каждые 23 года, что может привести к потеплению климата уже к 2025 году на 1°C и к концу века – на 2°C (с учетом случайных изменений от 1 до $3,5^\circ\text{C}$). Из-за инерционности глобальных процессов потепление будет продолжаться еще несколько десятилетий даже при стабилизации содержания парниковых газов в атмосфере.

На основании расчетов, проведенных с использованием климатических моделей, сделан вывод, что если не принять меры по приращению выброса парниковых газов, то уровень моря на Земле поднимется примерно на 200 мм к 2030 году и на 600-1000 мм к концу столетия. Это произойдет в результате увеличения объема воды из-за нагрева и таяния снегов.

Повышение уровня моря на 300-500 мм вызовет серьезные проблемы в странах, расположенных в низменных районах и в ряде крупных городов, таких как Амстердам, Венеция, Рио-де-Жанейро, Санкт-Петербург. Дальнейший подъем уровня моря (на 1 метр выше современного) затронет человеческое сообщество значительно сильнее: море затопит арабские страны, зальет

около 15% площади Египта, засолят пресноводные прибрежные акватории и загрязнит воду в системах водоснабжения у берегов. Таяние вечной мерзлоты может привести к разрушению всего, что создано человеком на ее поверхности. Увеличатся интенсивность и частота экстремальных явлений природы: ураганов, засух. По прогнозам ученых, общее потепление во много раз превысит адаптационные способности многих природных сообществ. Парниковый эффект может привести к быстрой гибели лесов и отдельных видов животных, смещению географических зон, к сокращению территорий, пригодных для жизни растений, животных, людей. По некоторым оценкам, до трети всех наземных экосистем могут начать меняться и переходить в другой тип: например, леса в степи, тундры в леса и т.д. Одновременно с гибелью привычной для человека биоты будут возникать новые виды, для которых подобные условия станут благоприятными. В итоге природе гибель не грозит, но проблема в том, сможет ли в новых условиях выжить человек?

Проведенный в 1957 году Международный геофизический год позволил международному научному сообществу создать широкую сеть станций по наблюдению за окружающей средой: основу для понимания планетарных процессов и влияния на них антропогенной деятельности. Исследования сразу же выявили непрерывное повышение содержания углекислого газа в атмосфере. В итоге уже в 1970 году в отчете Генерального секретаря ООН упоминается о возможности «катастроф, связанных с потеплением».

Обеспокоенность мирового сообщества данной проблемой привела к разработке и принятию в 1992 году в Рио-де-Жанейро Международной Рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций (ООН) по изменению климата. «Рамочная конвенция» – многостороннее соглашение, устанавливающее лишь общие принципы, но не связывающее стороны обязательствами по специфическим действиям.

В декабре 1997 года в Киото (Япония) на конференции сторон этой конвенции был подписан протокол к Конвенции, установивший для промышленно развитых государств-участников четкие лимиты (количественные обязательства) по сокращению выбросов CO₂ относительно базового 1990 года.

Цель соглашения в Киото – добиться совокупного сокращения к 2008-2012 соответствующих выбросов, по крайней мере, на 5%, для чего члены Европейского союза и Швейцария должны в оговоренные сроки снизить выбросы на своей территории на 8%, США – на 7%, Япония – на 6% в год.

Киотский протокол предусматривает реализацию ряда совместных программ, в частности, создание уникального механизма торговли квотами (квота (лат.) – часть, приходящаяся на каждого), заключающегося в том, что Стороны протокола могут перераспределять между собой (например, перепродавать) разрешенные им в течение определенного срока объемы выбросов.

В России выбросы парниковых газов в конце 90-х годов прошлого века не превышали допустимого уровня, и снижения не требовалось, в конце 1998 года общий выброс в атмосферу составил всего 70% от уровня базового 1990 года. Прогноз, выполненный по инициативе Всемирного банка, показал, что к 2010 году выброс парниковых газов составит 96% от базового уровня, а при внедрении энергосберегающих технологий – только 92%.

Экономический кризис и спад производства в России в конце XX века позволяет ей иметь неиспользованные квоты на выброс диоксида углерода примерно в количестве 250 миллионов тонн в год. Кроме того, в России сегодня существует 119,2 миллионов гектаров земель, покрытых лесом. Как известно, 1 гектар леса связывает 1,5 тонны углерода в год. Термин «углерод» широко используется в международных дискуссиях как синоним диоксида углерода, при этом имеется в виду количество диоксида углерода в пересчете на углерод (44 тонны диоксида эквивалентны 12 тоннам углерода). Следовательно, только за счет лесопосадок в России за год может быть связано до 178,8 миллионов тонн углерода. Таким образом, участие в «общем деле» выгодно для России, которая ратифицировала Киотский протокол. Россия может играть ведущую роль на рынке квот и получать по расчетам не менее 10 долларов за квоту на тонну парниковых газов. В то же время, изменения климата могут принести странам бывшего СССР годовой ущерб свыше 20 миллиардов долларов США, в том числе, ущерб России составит 5-10 миллиардов долларов в год. При этом ущерб для США и стран Европейского Союза будет почти в 10 раз больше.

Грядущее потепление чревато множеством вторичных эффектов для нашей страны. В случае правильных прогнозов, от потепления легче станет только энергетике России, а сельское хозяйство из-за резких заморозков и оттепелей может проиграть больше, чем выиграет от повышения средней температуры. Вторичными эффектами будут: повышение смертности из-за резких скачков температуры, рост числа лесных пожаров, таяние вечной мерзлоты, деградация экосистем, сокращение запасов пресной воды, новые для нас болезни, а также непредсказуемая иммиграция в Россию из стран с катастрофическими изменениями климата, и др.

Центральное место на переговорах по глобальному потеплению занимает США, доля их выбросов составляет 25%. Протокол оказался на грани провала из-за того, что США могут отказаться от ратификации. Причина в том, что экономика США опирается на собственные дешевые ресурсы ископаемого топлива. Считают, что ограничение выбросов приведет к необходимости резкого снижения уровня жизни американцев. Поэтому сегодня миллионы долларов тратятся на исследования, направленные на поиск обоснования ошибочности выводов о причинах изменений климата. Корни зла США видят не в собственном энергопотреблении, а в вырубке тропических лесов, росте народонаселения, в экономическом развитии стран «третьего мира» и др. Киотский протокол может вступить в силу без ратификации США, но для реализации его участие США важно.

Существуют разные гипотезы, объясняющие феномен глобального потепления. Так, группа ученых, среди которых есть и российские ученые, объясняет потепление обычными колебаниями климата. По их мнению, в конце XX века завершился очередной малый ледниковый период, пик которого имел место в XVII веке, и рост концентрации CO_2 – следствие, а не причина потепления. Существуют и иные гипотезы, подтвердить или опровергнуть которые сегодня невозможно.

Комплексные исследования показали, что даже полная реализация обязательств сможет повлиять на изменение климата незначительно. Концентрация парниковых газов будет продолжать увеличиваться. Поэтому всем странам необходимо готовиться и приспосабливаться к изменениям климата.

5. Последствия загрязнения атмосферы озоноразрушающими веществами

Наряду с видимым светом Солнце излучает ультрафиолетовые волны. Эти лучи невидимы, но они обладают большей энергией, чем видимые. Проникая сквозь атмосферу и поглощаясь тканями живых организмов, они разрушают молекулы белков и ДНК. Если бы все ультрафиолетовое излучение Солнца достигло Земли, жизнь на ней стала бы невозможна. Мы защищены от агрессивного действия ультрафиолетового излучения, так как большая его часть (свыше 99%) поглощается слоем озона в стратосфере на высоте около 25 км от поверхности Земли. Этот слой называют «озоновым экраном». Необходимость его сохранения очевидна. Однако, некоторые антропогенные загрязнители атмосферы его разрушают.

Общее количество озона в атмосфере не велико, тем не менее, озон – один из наиболее важных ее компонентов. Благодаря озоновому экрану, губительная для всего живого ультрафиолетовая солнечная радиация в слое между 15 и 40 километрами над земной поверхностью ослабляется примерно в 6500 раз.

Озон образуется в основном в стратосфере под действием коротковолновой части ультрафиолетового излучения Солнца, когда некоторые молекулы кислорода распадаются на свободные атомы, а те могут присоединяться к другим молекулам кислорода с образованием озона. Однако весь кислород не превращается в озон, так как свободные атомы кислорода, реагируя с молекулами озона, дают по две молекулы кислорода. Таким образом, количество озона в стратосфере не статично, оно является результатом равновесия между двумя противоположными реакциями его образования и распада.

В зависимости от времени года и удаленности от экватора содержание озона в верхних слоях атмосферы меняется, однако значительные отклонения от средних величин концентрации озона впервые были отмечены лишь в начале 80-х годов прошлого века. Тогда над Южным полюсом планеты резко увеличилась озоновая дыра – область с пониженным содержанием озона. Осенью 1985 года его содержание снизилось относительно

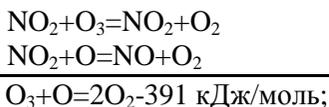
но среднего на 40%. Уменьшение содержания озона наблюдалось и на других широтах. В частности, на широте Москвы оно составило около 3%.

По современным данным, «озоновая дыра» существовала практически всегда, то появляясь время от времени, то исчезая, в соответствии с сезонными изменениями состава атмосферы. В начале 80-х годов прошлого века произошли серьезные изменения в динамике этого явления – «дыра» перестала восстанавливаться до исходного состояния. Таким образом, природные колебания озона в стратосфере усложнились из-за антропогенного воздействия.

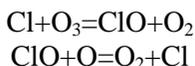
Уменьшение «толщины» озонового слоя приводит к росту количества ультрафиолетового излучения Солнца, достигающего поверхности Земли, к нарушению теплового баланса планеты. Изменение интенсивности солнечного излучения заметно влияет на биологические процессы, что в конце концов может привести к критическим ситуациям. С увеличением доли ультрафиолетовой составляющей в излучении, доходящем до поверхности планеты, связывают рост числа раковых заболеваний кожи у людей и животных. У человека это три вида быстротекущих раковых заболеваний – меланома и две карциномы.

Установлено, что увеличение дозы ультрафиолетового излучения на 1% приводит к увеличению раковых заболеваний на 2%. Однако, у жителей высокогорных районов, где интенсивность излучения в несколько раз выше, чем на уровне моря, рак крови встречается реже, чем у жителей низменностей. Это противоречие пока объясняют тем, что не столько увеличился уровень облучения, сколько произошли изменения в образе жизни людей, которые стали значительно больше времени проводить на солнце. В то же время жесткое ($\lambda < 320$ нм) ультрафиолетовое излучение относится к числу ионизирующих излучений, а следовательно, является мутагенным фактором среды.

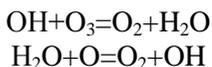
В 1970-ые годы ученые предположили, что некоторые элементы и их соединения в атмосфере катализируют процесс разложения озона. А люди поставляют такие вещества в атмосферу десятилетиями. Среди катализаторов разложения озона наиболее важная роль принадлежит оксидам азота:



А также атомам хлора:



В качестве катализатора реакции разложения озона может служить ОН-радикал, который образуется при участии паров воды:



По расчетам одна молекула оксида азота способна разрушить до 10 молекул O_3 , а одна молекула хлора – до 1 миллиона молекул озона в стратосфере. Небольшое их количество может наносить значительный ущерб озоновому экрану, причем это влияние может продолжаться неопределенно долго, так как атомы хлора покидают атмосферу очень медленно.

Природной причиной разрушения озонового слоя из-за поступления в стратосферу атомарного хлора является хлорметан (CH_3Cl) – продукт жизнедеятельности организмов в океане и лесных пожаров на суше. В то же время достоверно установлено, что в результате деятельности человека в атмосфере появился значительный избыток азотных и галогеноуглеродных соединений.

Оксиды азота антропогенного происхождения образуются из азота и кислорода воздуха при высоких температурах (от 1000°C и выше) в присутствии катализаторов (разные металлы). Такие условия складываются при сжигании топлив, причем, чем выше температура процесса горения, тем больше образуется оксидов азота (NO_x). Наиболее подходящие условия для образования оксидов азота имеются в современных двигателях, в том числе у воздушных судов, давно освоивших как тропосферу, так и стратосферу.

Кроме того, зона стратосферы, где находится озоновый слой, подвергается воздействию ракетной техники. Принципиально новые проблемы возникают при использовании ракетносителей, в первую очередь на твердом топливе, так как оно содержит

много соединений хлора и азота. При подъеме на высоту 50 километров при общей массе полезного груза 29,5 килограммов для ускорителей американского «Спейс шатл» количество отходов, наиболее опасных для озонового слоя, составляет:

- ✓ Хлор и его соединения – 187 тонн
- ✓ Оксиды азота – 7 тонн
- ✓ Оксиды алюминия в виде аэрозолей – 177 тонн.

Феномен антарктической «озоновой дыры» по одной из теорий объясняется воздействием хлорфторуглеродов (фреонов) антропогенного происхождения. Измерения показали почти двукратное превышение фоновых концентрация хлорсодержащих частиц в зоне антарктической «дыры» и наличие в весенние месяцы в стратосфере над Антарктидой областей почти без озона.

Большая часть хлора, используемого на Земле, например для очистки воды, представлена его растворимыми в воде соединениями или ионами. Следовательно, попадая в атмосферу, такие ионы вымываются осадками задолго до того, как попадают в стратосферу. Хлорфторуглероды (ХФУ), то есть обычные углеводородные молекулы, в которых некоторые атомы водорода заменены хлором и фтором – исключение. Они очень летучие, газообразные вещества, нерастворимые в воде. Значит, они не вымываются из атмосферы и распространяются в ней, достигая стратосферы. Там они разлагаются, высвобождая атомарный хлор, который разрушает озон. Таким образом, ХФУ служат переносчиками атомов хлора в стратосферу.

Атомарный хлор образуется в стратосфере в результате фотохимического разрушения хлорфторуглеродов (ХФУ), или фреонов, или хладонов (CF_2Cl_3 и CFCl_3) Эти вещества летучи и устойчивы в тропосфере. Однако, в условиях стратосферы они начинают разлагаться в связи с образованием свободных атомов галогенов.

Хлорфторуглероды являются очень стабильными веществами. Время их существования в атмосфере велико: многие десятилетия и даже столетия они долгое время широко применялись в аэрозольных баллончиках, холодильниках и других установках. Хлорфторуглерод «Хладон 12» (CCl_2F_2) был специально подобран для замены токсичного и обладающего резким запахом аммиака, который повсеместно применялся в холодильных агрега-

тах. Демонстрируя в 1930 году новый хладагент в Американском химическом обществе, американский инженер Томас Мидгли вдыхал его в себя и задувал им свечу. Тем самым подчеркивалось два основных положительных качества «Хладона 12» – отсутствие горючести и токсичности (ПДК рабочей зоны 1000-5000 мг/м³). Кроме того, это соединение коррозионно пассивно. Находясь в газообразном состоянии при комнатной температуре, ХФУ сжижаются при небольшом давлении с выделением тепла, а испаряясь вновь его поглощают и охлаждаются. Эти свойства позволили применять фреоны в следующих целях: производство холодильных установок, производство пористых пластмасс, электронная промышленность. При производстве пластмасс ХФУ подмешивают в жидкие пластмассы под повышенным давлением, так как они растворимы в органических веществах. Когда давление понижают, ХФУ вспенивают пластмассу, как углекислый газ содовую воду, и при этом улетучиваются в атмосферу.

«Хладон 12», а также «Хладон 11» (CCl_3F) относятся к классу хлорфторуглеродов – веществ, состоящих из хлора, фтора и углерода. Эти соединения обладают разной температурой кипения, что позволяет легко подобрать конкретное вещество для решения разнообразных задач: создания холодильного агрегата или автомобильного кондиционера; очистки поверхности печатных плат для изделий микроэлектроники; аэрозольного распыления косметики или иных средств из аэрозольных баллончиков; вспенивания сырья при изготовлении изделий из пластмасс; пожаротушения и др. К ХФУ относятся метилхлороформ (CH_3CCl_3), четыреххлористый углерод (CCl_4) и галоны (бромфторуглероды), которые используются в огнетушителях и в некоторых видах военной техники (CF_3Br и др.).

Согласно оценкам экспертов Всемирной метеорологической организации при уровне поступления в атмосферу фреонов, который имел место в начале 90-х годов, концентрация озона в стратосфере через 15-20 лет должна уменьшиться на 17%, а затем стабилизироваться. При этом климат у поверхности Земли изменится незначительно, а уровень ультрафиолетового излучения возрастет на треть.

Вскоре после появления в начале 1970-х годов гипотезы о связи ХФУ с озоном, в США и ряде других стран запретили их использование в аэрозольных баллончиках, но большинство стран не последовало этому примеру, не отказались от использования ХФУ и в других целях. Выпуск и использование ХФУ продолжали расти, а так как анализы показали небольшое уменьшение содержания озона (1-2%), вплоть до 1985 года на это обращали мало внимания. Осенью 1985 года спутниковые наблюдения обнаружили «дыру» в озоновом экране над Антарктидой. На территории, равной по площади США, содержание озона сократилось на 50%. Ранее предполагалось, что потеря озона будет происходить медленно и равномерно над всей Землей, а дыра появилась неожиданно, и если бы она возникла не над полюсом, а в другом месте, последствия были бы катастрофичны. Это пример того, что серьезные изменения в биосфере могут происходить внезапно. Ученые не смогли предугадать, что частицы облаков, формирующихся при низких температурах, стимулируют высвобождение атомов хлора из ХФУ. Таким образом, во время холодной антарктической зимы накапливается их большое количество, а затем весеннее Солнце приводит к разрушению озона активным хлором. В 1989 году ученые исследовали стратосферу над Арктикой и обнаружили наличие тех же факторов. Был сделан вывод, что и здесь может произойти резкое сокращение озона, что зависит только от погодных условий. Последствия будут более серьезными, так как в Арктике больше организмов, которые могут пострадать. Даже в Антарктиде периодическое раскрытие такой дыры чревато большими потерями морского фитопланктона. Это сильно повлияет на всех антарктических животных: от пингвинов до китов, так как фитопланктон – основа всех пищевых цепей данного региона. Если выбросы в атмосферу ХФУ сохраняться, это приведет к расширению и углублению «дыр» над полюсами, к разрежению озонового слоя над всей планетой.

Понимая остроту и сложность этой неожиданно возникшей перед человечеством глобальной экологической проблемы, участники международных переговоров в Вене в марте 1985 года подписали «Венскую конвенцию по охране озонового слоя», призывающую страны к проведению дополнительных исследо-

ваний и обмена информацией по сокращению озонового слоя. Однако они не смогли прийти к соглашению о единых международных мерах ограничения производства и выбросов ХФУ.

В 1987 году на международной встрече в Монреале 98 стран заключили соглашение (Монреальский протокол) о постепенном прекращении производства ХФУ и запрещении выбросов их в атмосферу. В 1990 году на новой встрече в Лондоне ограничения были ужесточены – около 60 стран подписали дополнительный протокол с требованием полностью прекратить производство ХФУ к 2000 году.

В связи с тем, что подобные ограничения затрагивали экономические интересы стран, был организован специальный фонд для помощи развивающимся странам по выполнению требований Протокола. В частности, было достигнуто соглашение о передаче этим странам передовых технологий для самостоятельного производства заменителей ХФУ.

После того, как выяснилось, что ХФУ столь губительны для стратосферного озона, было предложено использовать заменители – хлорфторуглеводороды (ХФУВ) и фторуглеводороды (ФУВ), имеющие в составе своих молекул атом водорода, химическая связь с которым менее прочная. Эта особенность снижает стойкость соединения, и оно может разрушиться уже в тропосфере, а не только когда попадает в стратосферу.

В мае 1995 года принято постановление Правительства РФ № 526 «О первоочередных мерах по выполнению Венской конвенции об охране озонового слоя и Монреальского протокола по веществам, разрушающим озоновый слой». В мае 1996 года появилось постановление Правительства РФ № 563 «О регулировании ввоза в РФ и вывоза из РФ озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции».

К сожалению, расчеты показывают, что даже при успешном выполнении принятого графика реализации достигнутых соглашений содержание хлора в атмосфере вернется к уровню 1986 года (когда впервые было выявлено антропогенное воздействие на озоновый слой) только лишь к 2030 году. Причина этого – миграция фреонов, уже попавших в атмосферу, из ее нижних слоев в более высокие и большое время их жизни в природных условиях.

Проблема еще и в том, что в уже существующих холодильниках и кондиционерах накоплено слишком много ХФУ: по мере их выхода из строя количество ХФУ в атмосфере будет расти многие годы, даже в случае полного и немедленного прекращения их производства. Поэтому, чем скорее это произойдет, тем лучше.

6. Последствия загрязнения атмосферы продуктами сгорания органического топлива

Кислотными осадками называют любые осадки – дожди, туманы, снег, - кислотность которых выше нормальной. К ним также относят выпадение из атмосферы сухих кислых частиц, более узко называемых кислотными отложениями. В двух словах, на обширных территориях США, Европы и других промышленно развитых зон мира выпадают осадки, кислотность которых превышает нормальную в 10-1000 раз, что по-разному воздействует на экосистемы.

Кислотные свойства (кислый вкус и разъедание многих материалов) обусловлен присутствием чрезвычайно активных ионов водорода (H^+), то есть атомов водорода без электронной оболочки. Таким образом, кислота – это любое химическое вещество, при растворении высвобождающее ионы водорода (таблица 3).

Таблица 3

Некоторые кислоты и ионы, высвобождаемые при их растворении в воде

Кислоты	Формула	Ион водорода (катион)	Отрицательный ион (анион)
Соляная	HCl	H^+	Cl^-
Серная	H_2SO_4	H^+	SO_4^{2-}
Азотная	HNO_3	H^+	NO_3^-
Фосфорная	H_3PO_4	H^+	PO_4^{3-}
Уксусная	CH_3COOH	H^+	COO^-

Чем больше концентрация водородных ионов в растворе, тем выше его кислотность. Аналогично, горький вкус и едкость растворов щелочей обусловлены присутствием гидроксильных ио-

нов (ОН), то есть кислород-водородной группы с лишним электроном. Значит основание – это любое химическое вещество, способное высвобождать ионы ОН⁻ (таблица 4).

Таблица 4

Некоторые щелочи и ионы,
высвобождаемые при их растворении в воде

Основания	Формула	Ион водорода (катион)	Отрицательный ион (анион)
Гидроксид натрия	NaOH	ОН ⁻	Na ⁺
Гидроксид калия	KOH	ОН ⁻	K ⁺
Гидроксид кальция	Ca(OH) ₂	ОН ⁻	Ca ²⁺
Гидроксид аммония	NH ₄ OH	ОН ⁻	NH ⁺

Оказываясь в одном растворе, кислоты и основания нейтрализуют друг друга. Это происходит в результате соединения ионов Н⁺ и ОН⁻ с образованием воды (Н₂О). Добавляя постепенно основание к кислотному раствору, можно снижать его кислотность, пока не будет достигнута нейтральная точка, затем начинается повышение щелочности. Равновесное состояние – вода. Ионы, оставшиеся в растворе от кислоты и основания образуют соль и не влияют на реакцию среды.

Реальная концентрация ионов водорода вдоль кислотно-основного градиента выражается в единицах водородного показателя или рН. Шкала рН идет от 0 (крайне высокая кислотность) через точку 7 (нейтральная среда) до 14 (крайне высокая щелочность). Эти цифры – отрицательный десятичный логарифм концентрации ионов водорода, выраженный в граммах на литр. Например, рН=1 означает, что концентрация Н⁺ составляет 0,1 г/л (10⁻¹). В точке рН=7 концентрация ионов водорода равна 10⁻⁷ граммов/литр, при этом концентрация ионов ОН такая же. Небольшое количество этих ионов присутствует даже в чистой воде. Важно отметить, что поскольку цифры шкалы рН выражают степень 10, то и разница между соседними единицами десятикратная.

Значения рН измеряют с помощью индикаторной бумаги, которая содержит пигменты, легко отдающие или присоединяю-

щие ионы водорода и меняющие при этом цвет. Существуют также электронные приборы, измеряющие рН.

В отсутствии загрязнителей у дождевой воды обычно слабокислая реакция ($\text{pH}=5,6$), поскольку в ней легко растворяется углекислый газ из воздуха с образованием слабой угольной кислоты. Таким образом, кислотными называют осадки с $\text{pH}=5,5$ и ниже. К сожалению, они выпадают в большинстве промышленных районов мира.

Над восточной частью США и Канады, вдоль западного побережья Северной Америки и почти над всей Европой рН дождя и снега обычно составляет около 4,5. Многие места в пределах этих регионов регулярно получают осадки с $\text{pH}=4$. Это – средние цифры. В отдельных случаях рН дождя может быть гораздо ниже, а туман и роса бывают более кислыми, чем дождь. Так рН тумана в районе Лос-Анджелеса обычно составляет 2,5-3. Таким образом, на значительных площадях промышленных зон и вокруг крупных городов осадки, как правило, в 10-1000 раз кислее нормальных и отмечались случаи $\text{pH}=1,5$, то есть в 10000 раз большей концентрации ионов водорода.

Химический анализ кислотных осадков показывает присутствие серной и азотной кислот. Обычно кислотность на 2/3 обусловлена серной и на 1/3 – азотной. Присутствие серы и азота показывает, что проблема связана с выбросами данных элементов в воздух. Как известно, при сжигании топлива образуется диоксид серы и оксиды азота. Эксперименты четко подтверждают, что диоксид серы и оксиды азота постепенно реагируют с парами воды, в конечном итоге образуя кислоты. Вымывая из атмосферы эти кислоты, осадки становятся кислыми. Их рН зависит от количества кислот и воды, в которой они растворены, поэтому сильные дожди обычно менее кислотные, а у туманов рН может быть самой низкой, так как воды в них меньше.

Известно, что кислоты могут выпадать из атмосферы и сами по себе, без воды, или с частицами пыли. Такие сухие кислотные отложения могут накапливаться на поверхности растений и при смачивании небольшим количеством воды, например при выпадении росы, дают сильные кислоты. Это кислотная роса – разновидность кислотных осадков.

Согласно данным об общих объемах выбросов оксидов азота и серы, кислотные осадки связаны в первую очередь с работой угольных электростанций, транспорта и промышленных предприятий. Работой угольных электростанций обусловлено 50% кислотных осадков, выпадающих над США и Канадой. Местоположение основных загрязняющих электростанций определяли с помощью космических снимков. Оказалось, что для США источник более 50% таких осадков – это 50 высоких труб ТЭЦ. Эти трубы были построены специально для уменьшения загрязнения приземного воздуха диоксидов серы, но решение оказалось неудачным – возникли новые проблемы, которые воздействуют на сотни миль от источника.

Явление кислотных дождей впервые точно описано в середине XIX века Дж. Смитом по результатам изучения химизма осадков в районе Манчестера (Англия). Во второй половине XX века пропорционально растущим выбросам диоксида серы и оксидов азота возросла значимость последствий кислотных дождей. В 70-80 годы в промышленных регионах создалась ситуация, близкая к экологической катастрофе. Тогда же рыбаки заметили резкое сокращение популяций рыбы во многих озерах Швеции, Канады, США. В поисках причины были высказаны разнообразные гипотезы. Шведские ученые первыми определили, что все дело в повышении кислотности воды и связали это с осадками.

Значение рН среды чрезвычайно важно, так как от него зависит деятельность всех ферментов, гормонов, белков, регулирующих метаболизм. На крупные виды незначительные изменения рН среды могут влиять незначительно, так как метаболизм поддерживает рН внутренней среды, а кожа защищает от нарушений. Однако, яйцеклетки, сперма и молодь водных обитателей защищены недостаточно. При изменении рН всего на одну единицу они испытывают сильный стресс и часто погибают. У пресноводных озер и ручьев рН воды составляет обычно 6-7 и организмы адаптированы именно к этому уровню. Поэтому в подкисленной среде организмы быстро вымирают из-за невозможности размножения.

Влияние кислотных на экосистемы иногда усиливается в период таяния снегов, когда все накопившиеся за зиму кислотные

осадки устремляются в ручьи и реки как раз в период размножения большинства организмов.

Дополнительный ущерб возникает в связи с тем, что кислотные осадки, просачиваясь сквозь почву, способны выщелачивать алюминий и тяжелые металлы. Обычно присутствие этих элементов в почве не создает проблем, так как они связаны в нерастворимые соединения и не поглощаются организмами. Однако, при низких значениях рН их соединения растворяются. Становятся доступными и оказывают сильное токсическое влияние на растения и на животных. Например, алюминий, обильный во многих почвах, попадая в озера вызывает аномалии развития и гибель эмбрионов рыбы.

В Швеции и в Норвегии рыба погибла примерно в 6500 озерах и в 7 реках, в которых водилась семга. В Канадской провинции Онтарио около 1200 озер сегодня мертвы, в окрестностях Нью-Йорка более 200 озер лишены рыбы, причем во многих выжило лишь несколько видов бактерий. Внешний вид таких водоемов обманчив – их вода чистая и голубая, но они совершенно пустынные.

Ущерб не ограничивается гибелью рыбы и других водных обитателей. Многие пищевые цепи начинаются в реках и в ручьях. В США в горах недалеко от Нью-Йорка полностью исчезли гагары и другие водоплавающие птицы. Резко сократились популяции птиц, питающихся личинками насекомых, развивающимися в воде, а также популяции енотов и других млекопитающих. Под угрозой гуси и другие перелетные птицы, которые останавливаются на озерах.

Наряду с гибелью озер становится очевидной и деградация лесов. С 1963 по 1973 год прирост ели в горах Грин-Маунтинс (штат Вермонт) сократился на 50%. Позднее ученые наблюдали аналогичное замедление роста на обширных территориях востока США и Калифорнии. Беспрецедентное число деревьев поражается насекомыми-вредителями и заболеваниями. В Новой Англии, Калифорнии и других районах, где выпадают кислотные осадки, буквально вымирают некоторые виды растений. В 1970-1980 годы в Европе было зафиксировано значительное увеличение кислотности осадков, связанное с сжиганием высокосернистых углей. В наибольшей степени пострадали леса на

территориях ФРГ, Чехословакии, Польши, отмечена деградация лесов в Австрии, Швеции, Швейцарии, Голландии, Румынии, Великобритании, Югославии.

Первоначально снижается продуктивность лесов, прирост биомассы, что фиксируется по уменьшению размеров годичных колец на срезе ствола, а потом леса начинают гибнуть. По данным многочисленных наблюдений, наиболее чувствительны хвойные породы деревьев, хотя важную роль играют почвы и подстилающие породы.

Тщательные исследования показали, что деградация лесов – результат действия комплекса негативных факторов, который включает засухи, большую высоту над уровнем моря и облачный покров, в который попадали пострадавшие деревья, присутствие в листе серы и озона в атмосфере, а также – кислотные осадки. Совместное действие этих факторов привело к экологической катастрофе в Северном полушарии.

Многие ученые считают кислотные осадки одной из важнейших причин деградации лесов, так как обнаружены следующие пути их влияния на растительность:

- нарушение поверхности при прямом контакте;
- вымывание биогенов;
- мобилизация алюминия и других токсичных элементов;

Кроме того, деревья, испытывающие влияние одного или нескольких стрессовых факторов, легче поражаются вредителями и патогенами.

Опыты с моделированием кислотных дождей в теплицах показали, что кислоты нарушают защитный восковой покров листьев, делая растения более уязвимыми для насекомых, грибов, других патогенов. Кроме того, во время засух через поврежденные листья испаряется больше влаги. Такое воздействие, вероятно, сказывается особенно сильно при густых кислотных туманах и при накоплении сухих кислотных отложений.

Анализ вод, дренирующих различные природные уголья при неодинаковых условиях, показал, что кислотные осадки значительно увеличивают выщелачивание биогенов. Ионы водорода легко вытесняют их ионы с частиц почвы и гумуса. Кроме того, при низких значениях рН понижается активность редуцентов и азотфиксаторов, что еще больше обостряет дефицит биогенов.

Наконец, кислотные осадки, стекая по растениям, вымывают из листьев биогены и другие метаболиты, особенно если повреждена поверхность листьев. Все это вызывает дефицит биогенов, а значит замедление роста деревьев и их уязвимость для естественных врагов и засух.

Наиболее чувствительными к закислению являются леса с глинистой и алюмосиликатной почвами. Из таких почв легко вымываются ионы алюминия, уничтожающие полезные почвенные бактерии и проникающие через корневую систему в древесину, где они действуют как клеточные яды. Так же действуют ртуть и свинец.

Многие растения очень чувствительны к алюминию. Этот элемент широко распространен, он присутствует в значительных количествах во многих горных породах и почвенных минералах. В естественных условиях они практически не растворимы и поэтому безвредны, но под действием кислот разрушаются, высвобождая алюминий в раствор. Этот процесс называется мобилизацией, в данном случае – алюминия. Другие токсичные элементы, в том числе ртуть и свинец, могут мобилизоваться при подкислении среды. Кроме того, известно синергетическое действие токсичных элементов и низких рН. Все эти факторы также могут вести к замедлению роста и гибели деревьев.

Многие районы получают примерно одинаковое количество кислотных осадков, но последствия их выпадения различны. Одни участки остаются практически без изменений, тогда как другие подкисляются настолько, что становятся необитаемыми. Если подстилающие породы водоема устойчивы к растворению (напр. Гранит), то для таких озер характерна мягкая вода, а если в подстилающих породах присутствует известняк, то вода жесткая и такие озера более устойчивы к закислению. Чувствительность экосистемы зависит также от состава почвы. Как это объяснить? и как строить прогнозы на будущее? Ключ к ответу на эти вопросы связан с понятием **буферной емкости**.

Защитить систему от изменения рН при добавлении кислоты может **буфер**. Так называют вещество, способное поглощать (или высвобождать) ионы водорода при данном значении рН. Когда в систему, содержащую буфер, добавляют кислоту, дополнительные ионы водорода им поглощаются и рН остается

практически неизменным. Многие, но далеко не все водоемы и почвы содержат в качестве буфера известняк, то есть карбонат кальция (CaCO_3). Фермеры давно используют известь для нейтрализации кислых почв. Для тех же целей в садоводстве используется яичная скорлупа. Однако возможности любого буфера ограничены. Известь, например, просто расходуется, реагируя с кислотой. Поэтому говорят о буферной емкости системы. Когда она исчерпана, дополнительные ионы водорода остаются в растворе и pH снижается.

При одинаковом количестве кислотных осадков в первую очередь подкисляются и гибнут экосистемы с низкой буферной емкостью, а те, у которых она высока, не страдают. Но что произойдет в будущем, если выпадение кислотных осадков будет продолжаться? Когда буферная емкость системы истощена, pH резко падает, при добавлении буквально нескольких капель кислоты. В 1980 году на границе между Восточной Германией и Чехией всего за два года погибло почти 40% лесов. Понятно, что это связано с тяжелыми последствиями для всех лесных обитателей. Если лесная система разрушается внезапно, что эрозия почвы, засорение водоемов, наводнения, ухудшение качества воды становится катастрофическим. При дальнейшей сукцессии погибшие деревья будут замещены ацидофильными («любящими кислотность») видами, состав которых очень ограничен. Большинство из них – это мхи, папоротники и другие низкорослые растения, не представляющие экономической ценности даже для выпаса скота.

Кислотные осадки ускоряют процессы коррозии металла, разрушение зданий и сооружений. Установлено, что в промышленных районах сталь ржавеет в 20 раз, а алюминий разрушается в 100 раз быстрее, чем в сельских районах. Одно из наиболее заметных последствий кислотных осадков – разрушение произведений искусства. Многочисленны примеры начавшегося с середины XX века разрушения памятников истории и культуры, изготовленных из природных минералов (мрамора, известняка и других, имеющих в своем составе CaCO_3 и MgCO_3). Известняк и мрамор – излюбленные материалы для оформления фасадов зданий и сооружения памятников. Взаимодействие кислоты и известняка приводит к их быстрому выветриванию и эрозии. Па-

мятники и здания, простоявшие сотни и тысячи лет с незначительными изменениями, сейчас растворяются и рассыпаются в крошево.

Специалисты обеспокоены тем, что мобилизация кислотными осадками алюминия и других токсичных элементов может привести к загрязнению поверхностных и подземных вод. Показано, что алюминий может вызвать болезнь Альцгеймера (разновидность преждевременного старения). Повышенная кислотность воды мобилизует также свинец, который раньше применялся при строительстве водопроводных и канализационных систем. То есть, кислотные осадки обостряют проблему загрязнения среды.

Кислотные осадки представляют опасность для человека как при косвенном воздействии, через изменение объектов ОС, так и при непосредственном контакте. В середине XX века произошла одна из первых масштабных экологических трагедий, истинная причина которой была достоверно зафиксирована, когда в Лондоне около 4 тысяч человек погибло от смеси тумана с дымом – смога. Однако гибель озер и лесов – наиболее тяжелые для человечества последствия выпадения кислотных осадков.

Стратегии борьбы с закислением среды.

- 1) Устранение симптомов – известкование почв, добавление извести в озера. Это дорого, трудоемко и малоэффективно.
- 2) Сокращение выбросов кислотообразующих веществ.

Подсчитано, что сокращение выбросов на 50% практически остановит дальнейшее закисление среды. Поскольку 50% кислотообразующих веществ выбрасывается высокими трубами угольных электростанций, стратегии борьбы с выбросами направлены в основном на эти источники. Предлагается несколько вариантов решения проблемы:

- 1) замена топлива: переход на низкосернистый уголь, нефть, природный газ;
- 2) промывание угля: измельчение угля и очищение его от серы перед сжиганием – нерентабельно;
- 3) сжигание в псевдосжиженном слое – уголь сжигают в смеси с песком и известью, которая постоянно как бы кипит под действием дувяемого снизу воздуха. В результате сера соединяется с

известью и удаляется с золой. Этот способ может быть перспективным при сооружении новых станций, но чтобы внедрить его на существующих станциях их надо почти полностью переделывать;

4) использование скрубберов - жидких фильтров. Газообразные продукты сгорания пропускаются через распыленный водный раствор извести и диоксид серы реагирует с ней, осаждаясь в виде нерастворимого сульфата кальция. Весьма эффективный и не слишком дорогой способ;

5) развитие альтернативной энергетики, строительство атомных, солнечных и др. электростанций;

6) экономия энергии;

7) сокращение выбросов оксидов азота транспортом.

В нашей стране наблюдения за химическим составом и кислотностью осадков ведутся много лет, создана сеть станций экологического мониторинга федерального и регионального уровней. Результаты наблюдений показывают, что хотя химический состав осадков по регионам России различается значительно, рН достаточно стабильна и составляет в среднем от 5,7 на Дальнем Востоке до 6,6-6,7 на Урале и в Сибири. Зафиксированы минимальные значения рН 3,6-3,7 на Юге Сибири, а максимальные – рН=9,4 на Урале. Зафиксированные значения рН признаны не представляющими опасности даже для чувствительных экосистем Сибири. Это связывают с достижениями западных стран в области защиты атмосферы и со спадом производства на территории бывшего СССР.

7. Антропогенные воздействия на гидросферу

Вода, как и воздух, является количественно неисчерпаемым природным ресурсом, но человеку и всему живому в биосфере нужна не просто вода, как вещество с формулой H_2O , а вода определенного качества, то есть имеющая определенную прозрачность, температуру, сопутствующие примеси и т.д.

Гидросфера – естественный фильтр-аккумулятор загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду, что связано с циклом глобального круговорота воды и с ее универсальной способностью к растворению газов и минеральных веществ.

Статистика показывает, что 80% всех заболеваний в мире вызвано неудовлетворительным качеством питьевой воды. От таких болезней, как гастроэнтерит, трахома, малярия, шистосоматоз страдают сотни миллионов человек. Только от гастроэнтерита ежегодно в мире умирают 22 миллиона человек.

По мере развития цивилизации человеку требовалось все больше и больше воды. Человек каменного века потреблял в сутки менее 10 литров воды, в Римском государстве – до 70 литров, современный житель США – около 700 литров. Во многих развивающихся странах эта цифра сегодня не превышает 30 литров в сутки. Считают, что уровень потребления воды характеризует уровень технического и культурного развития общества. На питье и приготовление пищи человек затрачивает не более 10% потребляемой воды, а среднее бытовое потребление в развитых странах составляет 220-320 литров в сутки.

Среди отраслей экономики нашей страны первое место по потреблению воды занимает сельское хозяйство. Для получения 1 тонны пшеницы необходимо 1500 тонн воды, 1 тонны риса – более 7000 тонн, 1 тонны хлопка – около 10000 тонн. Второе место отводится промышленности. Ни одно промышленное предприятие не может функционировать, не используя воду из природных источников. Потребность предприятий в воде изменяется в широких пределах и зависит от вида продукции, технологии, системы водоснабжения (прямоточная или водооборотная), климатических условий и т.д. Так, для получения 1 тонны угля затрачивается 2 тонны воды, стали – 15-20 тонн, целлюлозы, синтетического волокна – 400-500 тонн. Третье место по водоёмкости занимает коммунальное хозяйство городов. Значительный объем чистой воды затрачивается на разбавление, обеззараживание стоков и отбросов промышленности, сельского хозяйства, строительства, населенных пунктов и транспортных путей, то есть на борьбу с загрязнением гидросферы. Все перечисленное ведет к дефицитности воды и, как следствие, к планированию ее расхода не по запросам потребителей, а по необходимости удовлетворения первоочередных потребностей.

В целях разработки комплексных мероприятий, направленных на удовлетворение перспективных потребностей в воде населения и народного хозяйства в сочетании с охраной вод, со-

ставляются генеральные, бассейновые и территориальные схемы. **Генеральные схемы** комплексного использования и охраны вод определяют принципиальные направления развития водного хозяйства страны, что позволяет достаточно четко выявить технико-экономическую целесообразность и очередность проведения наиболее крупных водохозяйственных мероприятий. На их основе разрабатываются **бассейновые схемы** для бассейнов рек и других водных объектов. **Территориальные схемы** разрабатываются на основе генеральной и бассейновой схем и охватывают конкретные экономические районы страны и субъекты РФ.

Для координации деятельности разных водопользователей, направленной на восстановление и охрану водных объектов в пределах бассейна, Водный кодекс РФ требует составления так называемого **бассейнового соглашения** о восстановлении и охране водных объектов. Указанные соглашения заключаются между специально уполномоченным государственным органом управления использованием и охраной водного фонда и органами исполнительной власти субъектов Федерации, которые расположены в пределах бассейна водного объекта (например, озера Байкал). Бассейновое соглашение основывается на водохозяйственных балансах, схемах комплексного использования и охраны водных ресурсов, государственных программах по использованию, восстановлению и охране водных ресурсов и в обязательном порядке учитывает предложения органов государственной власти субъектов РФ.

Большую роль в загрязнении вод играют вещества, выпадающие из атмосферы с осадками. В воды суши и океана поступают сера и азот в виде соединений H_2SO_4 , HNO_3 и др.

8. Нормирование качества вод.

Условия сброса сточных вод в водоемы определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения. Согласно этим правилам все водоемы классифицируются по типу использования. Среди водоемов, которые используются для бытовых целей, выделяют водные объекты хозяйственно-питьевого водоснабжения и объекты спортивно-рекреационного назначения. Водоемы, которые используются для рыбохозяйственных целей, также де-

лятся на две категории. В первую входят водоемы, обеспечивающие сохранение и воспроизводство ценных видов рыбы, чувствительных к содержанию кислорода, во вторую – другие рыбохозяйственные объекты.

Для каждого типа водоемов предусмотрены допустимые изменения состава воды после сброса очищенных сточных вод. Так для водоемов хозяйственно-питьевого назначения допускается повышение содержания взвешенных частиц не более чем на 0,25 мг/л, а для вод культурно-бытового назначения – не более, чем на 0,75 мг/л.

Аналогично воздушной среде, в водных объектах анализируются концентрации загрязняющих веществ. При этом определяются ПДК_в - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в водоеме вообще и ПДК_{вр} - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ для рыбы. Загрязняющие вещества воздействуют на состояние водоема по-разному, на этой основе выделяются признаки вредного действия: органолептический (изменение цвета и/или запаха воды), токсикологический (отравляющее воздействие на людей и другие виды биоты) и санитарный (влияние на санитарное состояние водоема). ПДК вредных веществ в водоемах устанавливаются по тому признаку вредного действия, который характеризуется минимальной пороговой концентрацией. Этот лимитирующий признак вредности (ЛПВ) всегда сопровождает ПДК для водной среды, характеризуя его с качественной стороны.

Вещества с одинаковыми ЛПВ проявляют аддитивное действие. Поэтому при попадании в водоем нескольких веществ с одинаковыми ЛПВ должно соблюдаться правило:

$$\sum_{i=1}^n (C_i / \text{ПДК}_i) \leq 1$$

Весьма важным показателем состояния водных объектов является содержание в воде растворенного кислорода, количество которого может значительно уменьшиться в результате окисления загрязняющих воду веществ. Содержание в воде кислорода оценивается величинами биологического потребления кислорода БПК на 1, 2, 5, ...n сутки и, соответственно обозначается БПК₁, БПК₂, БПК₅, ...БПК_n и химической потребностью в кисло-

роде - ХПК, то есть количество кислорода, эквивалентное количеству расходуемого окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в воде, мг O_2 /мг вещества.

Состав и свойства воды должны соответствовать нормативам при взятии пробы на 1 километр выше ближайшего пункта водопользования (водозабор, населенный пункт, место для купания и др.). В рыбохозяйственных водоемах пробы воды берутся не далее чем в 500 метрах от места выпуска, конкретное место определяется органами рыбоохраны.

При определении степени загрязненности природных вод следует учитывать их естественный состав. Например, содержание растворенных веществ в питьевой воде составляют 1 г/л. Следовательно, если в результате очистки загрязненной воды концентрация растворенных веществ в ней снизится ниже этой величины, при прочих благоприятных условиях ее состава такая вода может быть признана очищенной. Однако, при природной минерализации, например Байкальской воды, менее 100 мг/дм^3 и повышении концентрации растворенных в ней минеральных веществ до 1 г/дм^3 в результате сброса загрязненных вод, эту воду следует признать загрязненной, хотя, быть может, и пригодной по ГОСТу для использования в питьевых целях.

9. Защита гидросферы

Охрана гидросферы включает разработку соответствующего законодательства; организацию мониторинга водных объектов; защиту поверхностных и подземных вод от засорения, истощения, загрязнения; водоподготовку питьевой и хозяйственной воды; государственный контроль охраны и использования вод.

Водный кодекс РФ, законы и нормативные акты РФ и ее субъектов, принимаемые в соответствии с Водным кодексом. Цель Водного кодекса – регулирование отношений в области использования и охраны водных объектов. Приоритетным является использование воды для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения. Для этих целей используются защищенные от засорения и загрязнения водные объекты.

На всех водопользователей возлагается обязанность сокращать изъятие и потери воды, не допускать засорения, загрязне-

ния, истощения. Запрещены сбросы сточных вод в водоемы, которые являются особо охраняемыми, содержат природные лечебные ресурсы, находятся в местах массового отдыха, в курортных зонах, в местах нереста и зимовки ценных видов рыб и т.п.

Основополагающую роль в охране вод играет государственный учет, в основе которого лежат данные государственного мониторинга и данные, которые представляют водопользователи. Свод систематизированных ресурсов о водных объектах, водопользователях, качестве вод и режиме их использования включаются в Водный кадастр.

Водный кодекс запрещает вводить в эксплуатацию любые объекты, которые не оборудованы очистными сооружениями и устройствами, предотвращающими засорение, истощения и загрязнение водных объектов; сбросные и водозаборные сооружения, а также гидротехнические сооружения без рыбозащитных устройств; объекты промышленности, сельского хозяйства и другие комплексы без санитарно-защитных зон; оросительные, обводнительные, осушительные системы, водохранилища, плотины и каналы до завершения мероприятий, которые предотвращают их вредное воздействие на водные объекты.

Важную роль играет лицензирование водопользования, а также сброса сточных вод. Порядок лицензирования регулируется Водным кодексом, а также постановлением правительства РФ «Об утверждении Правил предоставления в пользование водных объектов, находящихся в государственной собственности, установления и пересмотра лимитов водопользования, выдачи лицензий на водопользование и распространительной лицензии».

Нарушение требований по охране и рациональному использованию водных объектов может повлечь ограничение, приостановление или запрещение эксплуатации хозяйственных объектов. Решение об этом принимается правительством РФ или органами исполнительной власти субъектов РФ по представлению органов Минприроды или санитарно-эпидемиологического надзора.

В 1966 году Правительство РФ приняло постановление «О порядке разработки и утверждения нормативов предельно до-

пустимых вредных воздействий на водные объекты», согласно которому нормативы ПДВ на водные объекты должны разрабатываться и утверждаться по бассейну водного объекта или его участку с целью поддержания поверхностных и подземных вод в надлежащем состоянии.

Мониторинг водных объектов является составной частью системы государственного мониторинга окружающей природной среды и включает мониторинг поверхностных водных объектов суши и морей, мониторинг подземных водных объектов, мониторинг водохозяйственных систем и сооружений. Он предусматривает: постоянные наблюдения за их состоянием, качественными и количественными показателями поверхностных и подземных вод; сбор, хранение и обработку данных наблюдений; создание и ведение банков данных; оценку, составление прогнозов изменения состояния водных объектов и передачу соответствующей информации правительственным органам РФ и ее субъектов.

Государственный мониторинг водных объектов осуществляет Министерство природных ресурсов (МПР), Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу ОС (Росгидромет) и другие специально уполномоченные государственные органы в области охраны ОС.

МПР РФ отвечает за развитие сети станций и постов наблюдения на водных объектах, разработку автоматизированных информационных систем (АИС) по ведению государственного мониторинга водных объектов, создание наблюдательной сети постов на водохозяйственных системах и сооружениях.

Росгидромет ведет наблюдение за загрязнением поверхностных вод суши, охватывая 154 водоема и 1172 водотока, на которых исследуются гидрохимические показатели. Санитарно-эпидемиологическая служба России отвечает за санитарную охрану водоемов. Она располагает 2600 санитарно-эпидемиологическими учреждениями, 35 научно-исследовательскими учреждениями гигиенического и эпидемиологического профиля. Кроме того, имеется сеть санитарных лабораторий на предприятиях, занятых изучением состава сточных вод и качества воды водоемов. Сегодня большое внимание уделяется развертыванию сети автоматизированных станций, спо-

собных измерять и контролировать десятки показателей, причем очень быстро.

Большое значение придается охране поверхностных вод. К поверхностным относятся воды, постоянно или временно находящиеся на земной поверхности. Это воды рек, временных водотоков, озер, водохранилищ, прудов, болот, ледников и снежного покрова. Меры по их охране предусмотрены в Правилах охраны поверхностных вод, утвержденных Госкомприроды СССР в 1991 году.

Поверхностные воды необходимо охранять от засорения, истощения и загрязнения. Для предупреждения засорения осуществляют мероприятия, исключающие попадание в них мусора, твердых отходов, остатков лесосплава и других предметов, вредно действующих на качество вод и условия обитания водных организмов. Защите от истощения способствует контроль за минимально допустимым стоком вод, регуляция водозабора, ограничение нерационального потребления. Сложнее всего защитить воды от загрязнения (химического, физического, биологического). С этой целью создают водоохранные зоны, развивают безотходные технологии, системы оборотного водоснабжения, используют очистку сточных вод, их закачку в глубокие водоносные горизонты, очистку и обеззараживание поверхностных вод, используемых для питьевого водоснабжения и для других целей.

Для поддержания водных объектов в состоянии, которое соответствует экологическим требованиям, исключает загрязнение, засорение, истощение поверхностных вод, сохраняет среду обитания животных и растений, организуют водоохранные зоны. Ими являются территории, примыкающие к акваториям рек, водохранилищ и других поверхностных водных объектов, на них устанавливается специальный режим использования и охраны природных ресурсов, а также осуществления иной деятельности. В пределах указанных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, где не разрешается распахивать землю, рубить лес, размещать фермы и так далее.

Согласно Водному кодексу РФ на правительство страны возложена обязанность установления размеров и границ водоохранных зон и их прибрежных защитных полос. Так, минималь-

ная ширина указанных зон для озер и водохранилищ при акватории до 2 км² составляет 300 метров, более 2 км² – 500 метров. Аналогичный показатель для рек определяется длиной реки: от истока до 10 км – 15 метров, от 11 до 50 км – 100 метров, от 51 до 100 км – 200 метров, от 201 до 300 км – 400 метров, свыше 500 км – 500 метров.

Большое значение в деле охраны поверхностных вод от засорения и загрязнения имеют водоохранные лесные насаждения вокруг естественных и искусственных водотоков и водоемов. Они предназначены для защиты их от разрушительных действий ветров и поступающей в них с водосбора воды, а также для уменьшения потерь воды на испарение. Лесные насаждения улучшают водный режим водоемов, санитарно-гигиенические условия побережья и его ландшафтно-декоративное оформление, качество воды в водоемах, уменьшают их заиление, сокращают потери земельных угодий из-за переработки берегов волнами (абразии).

Водоохранные лесные насаждения, размещаемые вокруг питьевых водохранилищ, должны удовлетворять особые требования. В их состав входят до 50% хвойных пород, которые размещают в крайних 2-3 рядах со стороны водохранилища для защиты его зеркала от опадающих листьев. Кроме хвойных, в эти насаждения вводят лиственные породы, обладающие большой фитонцидной способностью (липа, тополь и т.д.).

Помимо водоохранных зон в целях обеспечения охраны вод могут устанавливаться **зоны и округа санитарной охраны**. Они устанавливаются в целях охраны водных объектов, используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, а также содержащих природные лечебные ресурсы.

Особое внимание уделяется охране водных объектов при сбросе в них сточных вод. Наибольшее количество стоков, загрязняющих поверхностные и грунтовые воды, образуется в энергетике, сельском хозяйстве и в коммунальном хозяйстве.

Разнообразие сточных вод принято подразделять на следующие виды:

- технологические - возникающие в технологических процессах предварительной мойки, промежуточной или фи-

- нишной промывки, а также при использовании воды в качестве технологического растворителя либо носителя;
- хозяйственно-бытовые (коммунальные) - образуются в жилищно-бытовом секторе, а также в сфере общественного питания и санитарно-гигиенического обслуживания на предприятиях;
 - поверхностные - формируются за счет дождевых и талых снеговых вод, а также при мокрой уборке территорий с искусственными покрытиями (асфальт, бетон и др.).

Природные экосистемы устойчивы, поскольку рециклируют биогены, высвобождающиеся из растительных остатков и отходов жизнедеятельности животных. Люди, напротив, создали односторонний поток биогенов: из земли с урожаем, а затем в озера и реки. Такая система неустойчива и ведет к эвтрофикации водоемов. Односторонность потока биогенов связана с опасностью «круговорота» и распространения болезнетворных бактерий, вирусов, паразитов в случае рециклирования человеческих отходов. Неочищенные канализационные стоки угрожают здоровью многих людей, если они попадут в питьевую воду или места для купания. Иногда инфекция передается через пищевые цепи, например, устрицы могут заглатывать паразитов, которые затем передаются человеку, когда тот ест устриц. Поэтому устричные банки, загрязненные отходами канализации, закрыты для лова, а пищевые продукты рекомендуется подвергать термической обработке. В большинстве случаев патогенные организмы выживают вне хозяина не более нескольких дней, поэтому, если плотность населения низка, перенос патогенов происходит относительно редко. Однако, чем выше плотность населения, тем вероятнее заражение.

Прежде чем в середине XIX века была установлена связь между заболеваниями и наличием в отбросах патогенов, в городах часто случались опустошительные эпидемии. Например, до начала XX века в США были нередки эпидемии брюшного тифа, уносившие жизни тысяч людей. Сегодня в большинстве стран приняты санитарно-гигиенические правила, предотвращающие круговорот патогенов: дезинфекция воды для населения; личная санитария и гигиена; сбор и очистка канализационных стоков.

Снижение заболеваемости инфекционными болезнями во многом связано именно с этими правилами.

Сброс неочищенных канализационных отходов в водоемы также чреват снижением содержания растворенного в воде кислорода, что ведет к деградации водных экосистем. Органическое вещество, присутствующее в стоках, охотно поедается редуцентами и детритофагами, которые поглощают кислород в процессе дыхания. Когда детрита избыток, эти организмы слишком быстро потребляют кислород и его запас истощаются. Концентрацию органики в канализационных стоках часто выражают биологической потребностью в кислороде (БПК), то есть количеством кислорода, которое потребуется редуцентам, чтобы разложить поступившее вещество.

Истощение запасов растворенного в воде кислорода не наносит вреда самим бактериям-редуцентам, так как они способны к анаэробному дыханию и брожению. Анаэробные (лишенные кислорода) водоемы не только не могут поддерживать жизнь рыб, моллюсков, ракообразных, но и дурно пахнут, так как у многих продуктов бескислородного метаболизма весьма неприятный запах. Этим же обусловлен характерный запах канализационных стоков. Истощение запасов растворенного кислорода увеличивает опасность инфекции. Многие патогенные организмы дольше живут в анаэробных условиях, а в среде, богатой кислородом быстро погибают или съедаются другими организмами.

Наконец, даже если устранить из стоков патогенные организмы и органику, вода с растворенными биогенами может нарушить экологическое равновесие водоема за счет эвтрофикации. Эвтрофикация – обогащение водоема биогенами, стимулирующее рост фитопланктона. От этого вода мутнеет, гибнут бентосные растения, сокращается концентрация растворенного кислорода, задыхаются глубинные рыбы и моллюски. Очевидно, что современные системы очистки сточных вод должны учитывать три приведенных выше обстоятельства: наличие в стоках патогенов, БПК и биогенов.

Вплоть до конца XIX века наиболее распространенными были обычные уличные туалеты. Стоки оттуда нередко попадали в питьевую воду и вызывали заболевания, особенно в городах, где туалеты и колодцы нередко находились недалеко друг от друга.

В середине XIX века открытия Луи Пастера и других ученых, доказавших, что бактерии, вызывающие инфекции, присутствуют в канализационных стоках, стимулировали создание в городах эффективных канализационных систем. Во многих городах уже существовали системы отвода ливневых вод, и канализационные отходы стали сбрасываться прямо в ливнестоки, откуда затем они попадали в естественные водоемы.

К концу 70-х годов XIX века многие водоемы были настолько засорены дохлой рыбой и так неприятно пахли, что стали представлять угрозу для здоровья людей. Стало ясно, что необходимо создавать приспособления для очистки сточных вод. Первые водоочистные сооружения появились в начале XX века. При очистке сточных вод производится разрушение или извлечение из них вредных веществ.

Канализация – это комплекс инженерно-технических сооружений и санитарно-технических мероприятий, которые обеспечивают сброс и удаление за пределы населенных мест и предприятий загрязненных сточных вод, их очистку, обезвреживание и обеззараживание. Мощность очистных сооружений канализации в РФ превышает 58 млн. кубометров в сутки, длина сетей достигла 114 тысяч км. Через эту систему сбрасывается 21,9 миллиардов кубометров сточных вод в год, из них только 76% проходит через очистные сооружения. В поверхностные водоемы ежегодно сбрасывается 13,3 млрд. кубометров сточных вод, причем лишь 8% очищены до установленных нормативов. Согласно официальным данным, 60% сетей перегружены, 38% эксплуатируются более 25 лет и требуют срочной реконструкции, 52 города и 845 поселков городского типа вообще не имеют централизованных систем канализации.

В целях экономического стимулирования природоохранных мероприятий Правительство РФ в 1996 году приняло постановление «О взимании платы за сброс сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов», согласно которому определен порядок и размеры платежей за сброс СВ с предприятий и организаций. При этом 40% идет в федеральный бюджет, а 60% - в бюджет субъекта РФ. Полученные средства должны направляться на восстановление и охрану водных объектов.

10. Антропогенные воздействия на литосферу

Безопасность биоты в первую очередь зависит от существования почвы. Почва – среда обитания живых организмов, это и жизненное пространство, убежище, источник питательных веществ, хранилище семян и личинок и др. Геологические процессы, влияющие на биоту, протекают с деградацией или с полным уничтожением почвы. Неблагоприятные процессы, связанные с деградацией почвы, могут представлять собой нарушение растительного покрова, наводнение, заболачивание, землетрясение, оползни и так далее. Процессы, связанные с угрозой уничтожения почвы могут быть катастрофическими или опасными.

Катастрофы могут вызываться извержениями вулканов, падением метеоритов, селями, лавинами или цунами. Для таких процессов характерна неопределенность момента возникновения и высокая скорость протекания, как правило, они приводят к массовому вымиранию биоты. Например, в Индии 65 миллионов лет назад имело место массовое вымирание биоты, за короткое время исчезли почти все рептилии, а также 90% простейших и водорослей. Ученые считают, что причиной катаклизма было столкновение Земли с кометой, или, возможно, извержение вулкана. Цунами. Сели и лавины обычно действуют локально, уничтожая почвы и биоту на ограниченной территории.

Опасные процессы («ползучие катастрофы») развиваются медленно, нарушая взаимодействие видов. К таким процессам приводят затопления, опустынивание, осушение болот, оледенение, засоление или эрозия. Сегодня более 50% сельскохозяйственных земель в странах бывшего СССР находится в опасности.

Катастрофические последствия могут иметь необдуманные хозяйственные решения. Например, в результате сооружения Каракумского канала практически иссяк сток Амударьи и Сырдарьи в Аральское море. За 30 лет с 1960 по 1990 год уровень воды в Аральском море упал на 13 метров, площадь акватории сократилась на треть, объем воды упал на 60%, соленость оставшейся воды возросла в 2,5 раза. Антропогенные воздействия на почву могут приводить к следующим опасным процессам: эрозия, загрязнение, засоление, заболачивание, опустынивание. Сокращению площади плодородных земель способствует отчу-

ждение их под строительство дорог, жилых домов, хозяйственных объектов.

Эрозия – это разрушение и снос верхних горизонтов почвы и подстилающих пород. Эрозия – естественный процесс. Она бывает ветровая и водная. Сегодня в мире 31% суши подвержен водной эрозии, 34% - ветровой. Выделяют промышленную эрозию, связанную с разрушением сельскохозяйственных земель при строительстве и разработке карьеров. Также бывает военная эрозия, когда почва разрушается при образовании воронок или при рытье траншей. В основе пастбищной эрозии лежит перевыпас скота. Ирригационная эрозия происходит при прокладке каналов, а также как результате нарушения норм полива.

Интенсивность эрозии зависит от скорости ветра, от особенностей рельефа местности, от растительного покрова и других факторов. В основе эрозии – природные факторы и процессы, однако антропогенные факторы усиливают эрозию при уничтожении растительности, нарушении агротехнологий, прямом разрушении почвенного покрова.

Поверхностные слои почвы легко загрязняются. Загрязнители могут попадать непосредственно на почву, но чаще они поступают в почву через воздух или воду. Высокие концентрации химических соединений пагубно влияют на почвенную биоту, при этом страдает способность почвы к самоочищению от вредных микроорганизмов.

Почва представляет собой сложную экосистему. Она находится в постоянном взаимодействии с другими элементами биосферы, испытывает влияние климата, погоды, флоры и фауны, антропогенных нагрузок. Почва имеет большое эпидемиологическое значение, так как в ней длительное время сохраняют жизнеспособность многие возбудители инфекционных заболеваний, яйца и личинки гельминтов. Возбудители болезней попадают в почву со сточными водами и ливневыми стоками, а также с продуктами жизнедеятельности и распада организмов. В чистой почве они, как правило, быстро погибают. Например, возбудители тифа в чистой почве погибают в течение 3 суток. Однако в почве, загрязненной органическими и химическими веществами патогенные микроорганизмы могут сохранять жизнеспособность несколько месяцев (от 3 до 10 месяцев) или даже до 1,5

лет (например, возбудители тифа), яйца аскарид – до 1 года, спорообразующие микроорганизмы (бациллы, клостридии) – десятки лет. В таких почвах нарушаются процессы самоочищения.

Самоочищение почвы – сложный многоступенчатый процесс. Начинается самоочищение с того, что поступающие в почву органические вещества, содержащие бактерии, вирусы и яйца гельминтов, частично задерживаются. Проходя через поры почвы, в результате чего их количество уменьшается. Благодаря механическим, физико-химическим, биохимическим и биологическим процессам, протекающим в почве, осуществляется преобразование органических веществ, происходит их нитрификация и минерализация. Особенно важна роль почвы в нейтрализации поступающих в нее микроорганизмов. Здесь важная роль принадлежит естественной почвенной микрофлоре, представленной в основном сапрофитами. Антагонизм почвенной микрофлоры, а также бактерицидное влияние коротковолновой части солнечного света и электрохимических процессов патогенные микроорганизмы в почве уничтожаются. Скорость их уничтожения зависит от индивидуальной устойчивости и способности образовывать споровые формы. Очень важно в процессах самоочищения явление гумификации почвы. В результате сложного взаимодействия химических и биохимических процессов образуется гумус, в состав которого входят гумины, углеводы, жиры, органические кислоты и целый ряд углеродистых соединений. Отличительное свойство гумуса в том, что он не способен гнить, а значит и не может стать средой размножения патогенных микроорганизмов. В подавлении роста и развитии нежелательной микрофлоры, в ее последующем отмирании особое значение имеет действие бактериофагов и антибиотиков. В результате почва становится эпидемиологически безопасной, стабилизируется состав почвенного воздуха. Массивное загрязнение почвы влечет за собой резкое снижение самоочищающей способности за счет изменения микробного баланса и биоценоза почвы, иногда даже гибели почвенной микрофлоры под влиянием химических загрязнений. В такой почве нарушаются естественные биологические и биохимические процессы, резко снижается плодородие.

Основными загрязнителями почвы сегодня являются пестициды. Ежегодное их применение в сельском хозяйстве РФ в конце XX века составляло примерно 150 тысяч тонн, в последние годы эта цифра несколько снизилась, но все же составляет около 100 тысяч тонн. Значительно загрязнены почвы Московской и Курганской областей, средний уровень загрязнения характерен для почв Центрально-черноземного района, Приморского края, Северного Кавказа и других регионов России.

Почвы вокруг больших городов, крупных предприятий цветной и черной металлургии, химической и нефтехимической промышленности, машиностроения, ТЭС, на расстоянии несколько десятков километров загрязнены тяжелыми металлами, нефтепродуктами, соединениями свинца, серы и др. Содержание свинца, марганца и других химических веществ вокруг городов и предприятий многократно превышает ПДК. Загрязнение почвы нефтью в местах добычи, переработки, транспортировки превышает фоновое в десятки раз. Например, в западном и восточном направлении от Владимира в радиусе 10 километров содержание нефти в почве превышает фоновое в 33 раза. Не лучше обстановка в Сибири и на Дальнем Востоке. Так почвы вокруг Красноярска, Братска, Новокузнецка загрязнены фтором, содержание которого превышает региональный фон в 4-10 раз. Сильное загрязнение почвы тяжелыми металлами и соединениями серы, которое образуется при сжигании угля, значительно меняет состав микроэлементов почвы и ведет к образованию техногенных пустынь.

Земельный фонд Томской области занимает площадь около 31,4 миллионов гектаров, из них сельхозугодий – 9,77 миллиона гектаров, в том числе около 0,6 миллионов гектаров пашни. Высока загрязненность почв нефтепродуктами, в северных районах области выявлено 170 гектаров таких земель, на которых концентрации нефтяных углеводородов превышают фоновые в 150-250 раз. Вблизи областного центра содержание хрома, стронция, ванадия в пахотном слое значительно выше ПДК. В Томске почвы сильно загрязнены растворимыми кислотой формами свинца – до 4 ПДК. По данным природоохранных органов в зоне агропромышленного комплекса Томска имеются почвы, загрязненные тяжелыми металлами и радионуклидами, что является след-

ствием техногенного воздействия промышленных предприятий областного центра и Сибирского химического комбината. В радиусе 30-100 км от Томска содержание выпадений техногенного происхождения в почвах в 2-3 раза и более превышают фоновые значения по марганцу, барию, хрому, ванадию, меди, свинцу, цинку, кобальту, никелю. Наиболее загрязнена цезием-137 и другими техногенными радионуклидами северная часть Томского района, включая пойму реки Томи.

Накопление в почве легко растворимых солей приводит к такому явлению, как засоление. В почвах наиболее широко распространены хлористый натрий (NaCl), сернокислый натрий (Na_2SO_4) и гидрат сернокислого натрия – глауберова соль ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), а также гидраты сернокислого магния – эпсомит ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) и гексагидрит ($\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$), гидрокарбонат натрия - питьевая сода (NaHCO_3) и кристаллогидрат карбоната натрия – сода ($\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$). Также могут присутствовать другие соли, обычно в виде гидратов. Соли могут находиться в почве в разном составе и на разной глубине. На поверхности почвы соли накапливаются в солончаках, а в нижней части почвенного горизонта – в солонцах. Засоление почв приводит к снижению урожайности зерновых культур уже при содержании солей 2,5 – 4 мг/л, а овощей и фруктов даже при более низком содержании (0,6-1,3 мг/л). Это происходит потому, что повышение осмотического давления в почвенных растворах препятствует усвоению влаги растениями. В условиях засоленности растения, даже при высокой влажности почвы, страдают от засухи.

Растения плохо усваивают такие микроэлементы, как магний и калий, если в почвенном растворе содержатся высокие концентрации катионов кальция, а повышенное содержание натрия в растворе затрудняет усвоение кальция и магния. Содовое засоление почвы ухудшает ее водопроницаемость. Такая почва с трудом поддается рассолению даже путем промывания.

Проникновение в листья растений содержащихся в почве ионов хлора и натрия вызывает некротическое повреждение листьев, если содержание хлора в расчете на сухую массу превышает 0,5%, а содержание натрия превышает 0,2%. При этом листья приобретают бронзовую окраску, нарушаются процессы транс-

пирации. Наличие в почве заметных количеств натрия ухудшает физическую структуру почвы, в результате нарушается ее водный и воздушный режим.

Засоление может происходить путем атмосферного переноса солей с территорий, где есть соленые озера, особенно при понижении их уровня и обнажении донных отложений солей. Например, над обнажившимся дном Аральского моря почти постоянно висит соленый туман, который разносится ветром на сотни километров. Засоление почв происходит и в том случае, если по каким-то причинам поднимается уровень грунтовых вод до отметки 3,0-1.5 метра и выше. Поднимаясь по почвенным капиллярам, вода испаряется, а содержащиеся в ней соли накапливаются в почве. Это явление называется вторичным засолением. Часто его причиной становится неумеренное или неправильное орошение, особенно в условиях засушливого и жаркого климата, либо неправильное осушение территории, перевыпас скота на лугах, неправильное регулирование паводков и др.

Феномен вторичного засоления давно известен в странах с орошаемым земледелием (Ближний и Средний Восток, Австралия, Аргентина, США, Мексика). Особенно широко это распространено на равнинах, плохо дренированных территориях. Плохой дренаж резко ускоряет процессы накопления солей в верхнем слое почвы. В результате обширные массивы орошаемых земель становятся полностью непригодными для сельского хозяйства, и их приходится забрасывать. Примером вторичного засоления является территория Алейской оросительной системы в Алтайском крае. Система была построена в 1939 году, за 40 лет эксплуатации грунтовые воды поднялись до критической отметки и 80% орошаемых земель подверглись засолению.

Еще одна проблема связана с подкислением почвы. Оптимальный диапазон кислотности почв: рН от 5 до 7. Если рН больше 7, почвы щелочные, 5-6 – слабокислые, 4-5 – кислые, 3-4 – сильнокислые. Кислые почвы имеют низкое плодородие, а сильнокислые – бесплодны. Для щелочных почв характерно ухудшение физической структуры. Подкисление почвы может быть связано с внесением минеральных удобрений без известкования почв; выщелачиванием кальция, калия, магния, которые замещаются ионами водорода и алюминия; выпадением кислот-

ных осадков и др. Известковые почвы Средней и Восточной Европы отличаются высокой буферностью, а подзолистые почвы Северной Европы имеют кислую реакцию и легко подвергаются выщелачиванию. Почвы томской области, главным образом дерново-подзолистые и торфяники, не обладают устойчивостью к антропогенным нагрузкам, в связи с чем увеличивается доля кислых почв, которые сегодня составляют в среднем по области до 33%, а в отдельных районах (Александровский, Колпашевский, Верхнекетский) – 90%.

В подкисленных почвах подавляется деятельность почвенной биоты и замедляется разложение органики. Азотфиксирующие бактерии гибнут при $pH < 5$. Ухудшаются физические качества почвы, почва теряет пористость, уплотняется, становится похожей на глину. К корням растений не поступает воздух.

Процессы подкисления почти необратимы. На больших территориях известкование сложно. На закисленных почвах формируются новые экосистемы, которые стремятся поддерживать физико-химические параметры закисленной почвы.

11. Нормирование качества и защита почвы

Объектами гигиенического изучения и оценки санитарного состояния могут быть два вида почв:

- естественно образовавшаяся почва вне населенных мест, участки которой могут быть использованы для застройки или в других хозяйственных целях;
- искусственно образовавшаяся почва населенных мест, смешанная с отходами жизнедеятельности и хозяйственной деятельности человека (культурный слой почвы населенных мест).

Предметом санитарно-гигиенической оценки почвы являются:

1. Показатели химического состава почвы, содержание в ней микро- и макроэлементов, солей, их влияние на химический состав пищевых продуктов и воды.
2. Способность почвы к самоочищению.
3. Эпидемиологическая роль почвы, которая характеризуется

- А) выживаемостью в ней патогенных бактерий, спор, вегетативных форм бацилл и вирусов;
- Б) ролью почвы как промежуточной среды в развитии гельминтов и кишечных патогенных простейших;
- В) ролью почвы в развитии мух (от личинки до половозрелой особи).

Согласно методическим указаниям (МУ 2.1.7.730-99) «Гигиеническая оценка почвы населенных мест», основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами является предельно допустимая концентрация (ПДК) или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) химических веществ в почве. Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами проводится по каждому веществу с учетом следующих общих закономерностей:

- опасность загрязнения тем выше, чем больше фактическое содержание компонентов загрязнения почвы (С) превышает ПДК, что может быть выражено коэффициентом $K_0 = C / \text{ПДК}$;
- опасность загрязнения тем выше, чем выше класс опасности контролируемого вещества, его персистентность, растворимость в воде, подвижность в почве и глубина загрязненного слоя;
- опасность загрязнения тем больше, чем меньше буферная способность почвы, которая зависит от ее механического состава, содержания органического вещества, кислотности почвы. Чем ниже содержание гумуса, рН почвы и легче механический состав, тем опаснее ее загрязнение химическими веществами.

При загрязнении почвы одним веществом оценка степени загрязнения проводится с учетом класса опасности компонента, его ПДК и максимального значения уровня содержания элемента (K_{\max}). При полиэлементном загрязнении оценка степени опасности допускается по наиболее токсичному элементу с максимальным содержанием в почве (таблица 5).

Химические вещества экзогенного происхождения при их накоплении в почве могут практически полностью подавить почвенный биоценоз, что приводит к извращению процессов самоочищения. Уже сейчас с химическим загрязнением определенных районов связывают повышенный уровень заболеваемости

населения, частоту уродств, аномалий развития, физических и психический нарушений.

Таблица 5

Критерии оценки степени загрязнения почв неорганическими и органическими веществами

Степень загрязнения	Класс опасности вещества		
	1	2	3
Загрязнение неорганическими веществами			
K_{max}	Очень сильное	Очень сильное	Сильное
от ПДК до K_{max}	Очень сильное	Сильное	Среднее
от 2 фоновых значений до ПДК	Слабое	Слабое	Слабое
Загрязнение органическими веществами			
>ПДК	Очень сильное	Очень сильное	Сильное
От 2 до 5 ПДК	Очень сильное	Сильное	Среднее
От 1 до 2 ПДК	Слабое	Слабое	Слабое

Для оценки химического загрязнения почв как индикатора неблагоприятного воздействия окружающей среды на здоровье населения используются показатели, разработанные при сопряжении геохимических и гигиенических исследований в городах с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются:

- коэффициент концентрации химического вещества (K_{ci}), представляющий отношение фактического содержания определяемого вещества в почве C_i (в мг/кг) к региональному фоновому $C_{\phi i}$: $K_{ci} = C_i / C_{\phi i}$;
- суммарный показатель загрязнения Z_c , равный сумме коэффициентов химических элементов-загрязнителей, выраженный формулой:

$$Z_c = \sum_{i=1}^n (K_{ci} - (n-1)),$$

где n – число определяемых суммируемых веществ, K_{ci} – коэффициенты компонентов загрязнения.

Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате апробирования почв, дает пространственную структуру загрязнения селитебных территорий и позволяет выделить зоны риска для здоровья населения (таблица 6).

Таблица 6
Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c)

Категория загрязнения почв	Величина Z_c	Изменения показателей здоровья населения в очагах загрязнения
Допустимая	<16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей и минимальная частота встречаемости функциональных отклонений
Умеренно опасная	16-32	Увеличение общей заболеваемости
Опасная	32-128	Увеличение общей заболеваемости, числа часто болеющих детей, детей с хроническими заболеваниями, нарушениями функционального состояния сердечно-сосудистой системы
Чрезвычайно опасная	>128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин, увеличение числа токсикозов беременности, преждевременных родов, мертворожденных, гипотрофий новорожденных и др.

Оценка санитарного состояния почвы по санитарно-химическим показателям проводится с использованием санитарного числа S , которое косвенно характеризует процесс гумификации почвы и позволяет оценить способность ее самоочищения от органических загрязнений. Санитарное число – это отноше-

ние количества белкового (гумусного) азота (А) в мг на 100 г абсолютно сухой почвы к количеству органического азота (В) в аналогичных единицах: $C=A/B$. Оценка санитарного состояния почвы по этому показателю проводится в соответствии с таблицей (таблица 7).

Таблица 7

Оценка чистоты почвы по санитарному числу

Характеристика почв	Санитарное число, С
Практически чистая	$\geq 0,98$
Слабо загрязненная	От 0,85 до 0,98
Загрязненная	От 0,7 до 0,85
Сильно загрязненная	$< 0,7$

Химическими показателями процессов разложения азотсодержащего органического вещества в почве являются аммиачный и нитратный азот. Аммиачный азот, нитратный азот и хлориды характеризуют уровень загрязнения почвы органическим веществом. Оценка почв по этим показателям осуществляют в динамике или путем сравнения с незагрязненной почвой.

Для оценки биологического загрязнения почвы используют большой круг показателей, например содержание кишечной палочки или патогенных энтеробактерий, энтеровирусов (колититры на грамм), яиц гельминтов (экз./кг), цист кишечных патогенных простейших (экз./кг), личинок и куколок мух (экз. с площади 20*20 см) и др. (таблица 8)

При длительном наблюдении за процессами самоочищения почвы установлено, что после сильного химического загрязнения при коли-титре 0,0001 мг только через год показатели достигают нормы (коли-титр 1,0).

В законе Российской Федерации «Об охране окружающей природной среды» от 19.02.1991 года определены наиболее важные задачи в отношении охраны почвы:

- 1) охрана естественных свойств почвы, важных с точки зрения ее плодородия и содержания биомикроэлементов;
- 2) охрана почвы от внесения в нее токсических, канцерогенных веществ;
- 3) охрана почвы от загрязнения органическими веществами;

- 4) правила устройства искусственных покрытий и замощений.

Таблица 8

Оценка эпидемиологической опасности
почв населенных пунктов

Объект	Категория загрязнения	Кишечные палочки (коли-титр/г)	Личинки (Л) и куколки (К) мух, экз. с площади 20*20 см
Почва зон повышенного риска	Чистая	1-9	-
	Загрязненная	≥ 10	Л – до 10, К – нет
Почва зон санитарной охраны водоемов	Чистая	1-9	-
	Загрязненная	≥ 10	Л – до 10, К – нет
Почва санитарно-защитных зон предприятий	Чистая	1-99	-
	Загрязненная	≥ 100	Л – до 10, К – нет

Большое внимание вопросам санитарной охраны почвы уделяется в Федеральном законе «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30.03.1999 года № 52-ФЗ.

12. Природно-технические системы и их свойства

Возможность использования природных ландшафтов в тех или иных целях predetermined комплексом объективных природных свойств. Например, хребты и вершины гор, если они не содержат в себе месторождений твердых полезных ископаемых, можно использовать лишь в рекреационных целях, для развития альпинизма и горного туризма, а зимой - горнолыжного спорта. Однако, чаще возможность использования ландшафта не столь однозначна. В одной социально-экономической ситуации целе-

сообразно сельскохозяйственное его использование, в иной - выгоднее добывать уголь или руду, если их месторождения содержатся в недрах. Таким образом, в объективных свойствах ландшафта заложены предпосылки использования и последующие техногенные нагрузки на природные компоненты, эти свойства могут быть определены, как технофильность ландшафтов (таблица 9).

В результате накопления отвалов горнодобывающих предприятий на больших площадях возникают «техногенные бедленды» (от английского badlands, что значит скверные земли). Эти отвалы в силу особенности своего состава могут самовозгораться, способствуют закислению подземных вод, а также загрязнению атмосферы из-за постоянного пылеобразования или дымовых выбросов. При отсутствии фитотоксичных компонентов или в результате рекультивации бедленды постепенно осваиваются растительностью. Такой ландшафт можно назвать природно-техногенным.

Природно-техническая система (ПТС) – это совокупность природных и искусственных объектов, взаимодействующих между собой. Структура ПТС включает подсистему природных объектов (геологические тела, почва, растительный покров, водные источники, воздух, животные) и подсистему искусственных объектов (наземные и подземные сооружения, плотины, водохранилища, технические средства, например бульдозеры и т.п.) Структура системы, то есть совокупность взаимодействий всех ее компонентов, будет определяться ее назначением, функцией. С этих позиций можно выделить несколько категорий ПТС:

- 1) добывающие природные ресурсы;
- 2) перерабатывающие ресурсы и выпускающие продукцию;
- 3) обеспечивающие функционирование двух первых типов (например, осуществляющие перевозки и т.п.).

Нередко добывающие и перерабатывающие комплексы объединяются в единые системы более высокого ранга. Например, системы Газпрома охватывают комплексы добывающих скважин, трубопроводов и тепловых электростанций, перерабатывающих значительную часть добываемого топлива в электрическую энергию, являющуюся конечной продукцией предприятий. В зависимости от характера и режима воздействия техногенного

ядра на природную основу, стадии формирования ПТС, последние могут быть неравновесными (динамичными) или квазистационарными.

Таблица 9

Характер ландшафтов и приоритеты их использования

Характер ландшафта	Приоритеты использования
1. Уникальные и типичные, объявленные объектами особо охраняемых природных территорий или заслуживающие быть таковыми	Возможно использование только по назначению (научные исследования, рекреация); система охраны должна обеспечить сохранение ландшафта
2. Природные и антропогенные, относящиеся к курортным зонам, зеленым зонам внутри и вокруг городов, рекреационным территориям, заказникам, охотничье-промысловым хозяйствам	Использование происходит в соответствии с целями его организации. Допустимо инженерное обустройство и биологическая мелиорация в целях обеспечения заданного качества ландшафта
3. Национальные ландшафты, в том числе - национальные природные парки, приуроченные к территориям проживания малочисленных аборигенных этносов.	Допускается использование только в научных, рекреационных, образовательных целях, а также традиционное пользование природными ресурсами для обеспечения жизнедеятельности коренного населения
4. Литогенная основа содержит месторождения полезных ископаемых	Добыча полезных ископаемых
5. Почвенно-климатические условия которых благоприятны для получения биологической продукции (сельское и лесное хозяйство)	Получение биопродукции, поддержание оптимальной биопродуктивности, в соответствии с выбранным вариантом использования, систематическая рекультивация
6. Ландшафты, не обладающие свойствами, характерными для ландшафтов 1-5	Могут быть рекомендованы для первоочередного освоения в целях гражданского и промышленного использования

категорий	ленного строительства
-----------	-----------------------

Практически значимым является вопрос о границах ПТС, а также о направленности и характере воздействия искусственных компонентов на природные. В частности, нередки случаи, когда производственные комплексы, граничащие друг с другом, взаимосвязаны сырьевыми, энергетическими и даже людскими потоками и образуют функциональное или пространственное (территориальное) сообщество, отвечающее границам крупных городов или их агломерациям (мегаполисам). Следовательно, характерная черта ПТС - открытость границ, а их установление всегда условно и определяется целями исследования.

Границы ПТС, особенно определяющиеся загрязнением природных объектов, могут быть различны в разных средах, например в почве, поверхностных водах, атмосферном воздухе. Известно, что загрязнение воздушного бассейна современного крупного промышленного города может распространяться до 1000 километров от его административной границы. В речном потоке факел загрязнения воды нефтепродуктами может быть "оторван" и отнесен течением от источника загрязнения на расстояния более 300 километров. На сотни квадратных километров простираются депрессионные воронки уровня подземных вод по периферии крупнейших карьеров Курской магнитной аномалии, и более 100 км ощущается подпор грунтовых вод по периферии Каракумского канала. В подобных условиях, в освоенных промышленностью и сельским хозяйством регионах правомерно выявление не границ, а зон взаимовлияния смежных ПТС.

Оценивая воздействие техногенного ядра на природную основу ПТС, практически всегда приходится учитывать многообразные последствия таких воздействий. Направленность воздействия можно свести к четырем группам:

- 1) изъятие вещества из системы (добывающие ПТС),
- 2) привнесение вещества в систему (строительство, водохранилища, золошлакоотвалы, всякого рода свалки),
- 3) рассеивание вещества (например, аэрозолей, гербицидов или минеральных удобрений);
- 4) перемещение (перераспределение) вещества.

Изменения свойств природной среды многообразны и проявляются в нарушении геохимического баланса веществ, сниже-

нии прозрачности атмосферы, возникновении наведенных магнитных и электрических полей, изменении величины альbedo подстилающей поверхности. В частности, загрязнение поверхности снежного покрова в угледобывающих районах и по периферии промышленных комплексов приводит в северных мерзлотных условиях к раннему снеготаянию, деградации высоко-температурной "вялой" мерзлоты, интенсификации термокарстовых процессов. Направленность и интенсивность техногенного воздействия на природную основу определяют реакцию и состояние природной среды, способность адаптироваться к техногенным нагрузкам. Можно рассмотреть следующую классификацию территорий по планируемому воздействию на окружающую природную среду (таблица 10).

Таблица 10

Классификация территорий по планируемому воздействию на окружающую среду

1. Предусматривается полное преобразование природной среды	ПТС, связанные с добычей полезных ископаемых открытым способом, застройка городских территорий, промышленных комплексов, водохранилищ
2. Предусматривается сохранение части свойств и параметров окружающей природной среды, ее биопродуктивность	Сельскохозяйственные угодья, мелеорированные земли и лесопромышленные комплексы
3. Изменение природной среды не предусматривается, но происходит от неправильного применения гербицидов, вследствие несовершенства технологии или несоблюдения норм и правил охраны природы	Переосушение повышенных участков местности при лесомелиорациях, загрязнение воздуха и т.п.
4. Изменение природной среды не допускаются	Природные архитектурные парки, заповедники национальные природные парки, зеленые зоны городов, охрана

	курортных факторов
--	--------------------

Из приведенной классификации следует, что в системе "воздействие на природный объект → последствия этого воздействия" возможны различные случаи: наряду с положительными планируемыми изменениями природной среды (например - улучшение свойств почв и повышение на этой основе их плодородия и урожайности земель) проявляются (или могут возникать) и отрицательные последствия. Они могут быть необходимы (например, разрушение сельскохозяйственных угодий при строительстве разрезом или городов), но часто проявляются в результате недопустимого пренебрежения к природоохранным мероприятиям, несовершенной отсталой технологии производства работ или в силу каких-то аварийных ситуаций.

Анализ последствий развития техногенных процессов весьма сложен по той причине, что собственно техногенное воздействие, как правило, сопровождается цепочкой последующих природных событий. Иначе говоря, первичные техногенные воздействия могут вызвать к жизни процессы, которые правомерно определить как природно-техногенные или техногенно-природные. Сложность их прогнозирования состоит в том, что эти природно-техногенные процессы могут быть существенно сдвинуты во времени, а нередко и в пространстве по отношению к воздействию источнику техногенеза.

Например, уничтожение лесной растительности на широкой площади, вне зависимости от причины, приводит, в условиях криолитозоны, к последовательному развитию следующих событий:

- увеличению прямой солнечной радиации, достигающей поверхности почвы за счет отсутствия рассеивающего фактора - крон деревьев;
- усилению турбулентного воздушного обмена над поверхностью Земли;
- перераспределению мощности и увеличению плотности снежного покрова, более плотного и менее равномерного по толщине, нежели под пологом леса;
- усилению испарения с поверхности почвы и транспирации травяного покрова, поскольку транспирация с поверхности

крон деревьев и сохранение под пологом леса относительно более высокой влажности воздуха оказываются утрачены;

- снижению температуры почвенного профиля, как реакция на изменение параметров снежного покрова, увеличение турбулентного воздушного обмена и смещение уровня транспирации влаги с крон деревьев на почву;
- изменению сроков и увеличению продолжительности вегетационного периода растений.

Приведенный пример иллюстрируют многообразие и сложность взаимосвязей техногенно-природных процессов. Их выявление, качественная и количественная оценка темпов и последствий развития являются важнейшей и сложнейшей задачей изучения и прогнозирования функционирования ПТС.

В общей экологии широко используются представления о сукцессионных или ландшафтно-генетических рядах, отражающих результаты приспособляемости растительных сообществ к изменяющимся условиям. По аналогии с сукцессионными рядами, соответствующие образования техногенной природы могут быть обозначены техногенетическими рядами, то есть рядами природно-техногенных событий, каждое из которых возникает и развивается как следствие возникновения и развития события предыдущего. Тогда как в начале этого ряда непременно находится техногенный процесс, который может быть определен как первичный. В частности, техногенетические ряды процессов, загрязнения атмосферного воздуха, могут быть развернуты для почв, поверхностных вод, пород зоны аэрации и грунтовых вод и, в интегрированном виде, проявлены в здоровье человека, перестройки его адаптивного механизма и приспособления его организма к загрязненному воздуху, воде и продуктам питания.

Анализ всего многообразия последствий техногенеза, вызванных использованием природных ресурсов, позволяет наметить следующие взаимосвязанные ряды:

- металлогенический, проявляющийся в изъятии из недр концентрированных скоплений специфических (полезных) компонентов и рассеивания на поверхности;
- геоморфологический, в том числе, геокриологический, охватывающий совокупность рельефообразующих процессов, начиная от прямого переустройства поверхности Земли, на-

пример при открытой добыче полезных ископаемых или строительстве и кончая изменением баланса эрозионно-аккумулятивных процессов на склонах, в долинах и дельтах рек, на морских побережьях;

- гидрогеологический, охватывающий все изменения естественного режима подземных вод и связанные с этими обстоятельствами процессы осушения, подтопления, выщелачивания и т.п.;
- гидрологический, проявляющийся в изменении режима речного стока и формирования русловых процессов;
- инженерно-геологический, проявляющийся в изменении инженерно-геологических условий строительства и эксплуатации зданий и сооружений в результате накопления техногенно-образованных и техногенно-переотложенных пород или техногенного изменения свойств пород;
- геохимический, выражающийся в изменении геохимического баланса в зоне взаимодействия ядра ПТГ с природной средой в результате воздействия на естественный водно-солевой баланс (например, при ирригации) или в результате рассеивания или сброса в природные объекты химически активных веществ;
- геофизический, охватывающий изменения свойств геофизических полей - теплового, электромагнитного, гравитационного, радиационного. Это и локальные тепловые аномалии, возникающие в основании зданий и крупных городов, и изменение величины альбедо поверхности континентов вследствие изменения структуры подстилающей поверхности.
- биологический, охватывающий антропогенные ряды сукцессии, интегрирующие совокупность всех изменений, происходящих в атмосфере, гидросфере или литогенной основе ландшафтной сферы, биоценозах, вплоть до здоровья жителей.

Анализ и прогноз изменения природной среды в ПТС всегда проводится с целью разработки конкретных природоохранных мероприятий, направленных к достижению и (или) сохранению определенного качества природной среды.

Единым критерием оценки состояния природной среды, точнее - природной основы ПТГС является биологическая продук-

тивность: способность ландшафта к воспроизводству биомассы, прежде всего - произрастанию и развитию растительного покрова. Это интегральный, но не универсальный показатель. Действительно, любые изменения в ландшафте неизбежно скажутся на величине биологической продуктивности входящих в него фитоценозов. Однако, увеличение биологической продуктивности (урожайности) сельскохозяйственных культур за счет чрезмерного внесения удобрений и использования иных стимуляторов роста растений может привести к тому, что продукция полей и огородов окажется непригодной к использованию даже на откорм скота.

Аналогичная ситуация может возникнуть и в лесных экосистемах. Например, смена кедровых или лиственничных лесов березовыми или смешанными лиственными лесами может привести к абсолютному росту биологической продуктивности, однако хозяйственная и экологическая ценность лесных массивов при этом понизится.

Приведенные примеры не отвергают биологическую продуктивность в качестве интегрального показателя качества природной среды, а свидетельствуют лишь об определенных границах его применения. В частности, правомерно использование сравнительных значений биологической продуктивности, отражающих отношение продуктивности исследуемого ландшафта к аналогичному ландшафту в той же климатической зоне, или сопоставление продуктивности, ландшафтов затронутых и незатронутых процессами техногенеза. Последний прием широко применяется для оценки результатов мелиоративных работ, в том числе, в лесной мелиорации, а также рекультивации земель, нарушенных горными разработками или иным видом хозяйственной деятельности.

От оценки состояния ландшафта можно перейти к возможности планирования и регулирования качества природной среды, разработки и осуществления мероприятий по формированию среды определенного назначения и заранее заданных свойств. Основа такого планирования опирается на изучении зональных, региональных и локальных условий прихода влаги и солнечной радиации и технико-экономических возможностей рекультивации и (или) мелиорации земель.

Однако при самых благоприятных возможностях планирования и реализации заданного качества природной среды, постоянно сохраняется необходимость учитывать также неизбежные, пусть временные отрицательные последствия техногенеза. В частности, нельзя избежать разрушения земель при открытых горных разработках, их затопления при создании водохранилищ и т.п. Хотя можно предельно сократить площади нарушенных земель и сроки от их разрушения (изъятия) до восстановления и передачи землепользователям по прямому назначению.

13. Разработка производственно-хозяйственных экологических нормативов

13.1. Разработка ПДВ

Из требований к ограничению концентрации загрязняющих веществ в природных средах вытекают требования к ограничению сбросов загрязняющих веществ предельно допустимым выбросом - ПДВ, для воздушной и предельно допустимым сбросом ПДС, соответственно для водной среды.

ПДВ определяет предельно допустимое количество вредных веществ, сбрасываемых в атмосферу источником, обеспечивающее предельно допустимые их концентрации в приземном слое воздуха. Обычно эти концентрации рассчитываются для створа, расположенного на каком-то заданном расстоянии до источника, определяющимся особенностями ландшафта или районной планировкой территории. ПДВ представляет собой количество (объем или массу) загрязняющего вещества, выбрасываемого источником за единицу времени, превышение которого ведет к неблагоприятным последствиям для окружающей природной среды или здоровью людей.

После выхода из источника загрязняющие вещества в атмосфере участвуют в различных физических и химических процессах. Физические процессы – это горизонтальные и вертикальные перемещения загрязняющих веществ, их перемешивание с чистым воздухом, разбавление. Химически загрязняющие вещества взаимодействуют с другими компонентами атмосферы, в первую

очередь с кислородом, парами воды и др. Под воздействием влаги, низкой температуры или солнечного излучения в атмосфере возникают фотохимические эффекты, ведущие к формированию сложных и высокотоксичных соединений, усиливающих отрицательное влияние загрязнителей на организмы. С химическими превращениями загрязняющих веществ связаны многие региональные и глобальные проблемы, например, кислотные дожди или разрушение озонового экрана.

При расчетах ПДВ учитываются в основном физические процессы, происходящие в атмосфере. Организованные атмосферные выбросы на промышленных предприятиях осуществляются через дымовые трубы. Их главное назначение – вывод выбросов из приземного слоя воздуха и рассеивание их. Именно за счет рассеивания, то есть разбавления чистым воздухом, осуществляется достижение нормативов качества атмосферного воздуха в приземном слое в районе предприятия.

Эффективность рассеивания зависит от многих факторов. Самый главный фактор – высота трубы, которая на современных предприятиях может достигать 300 метров и даже более. Большое значение имеет высота подъема дымовых газов над устьем трубы. Подъем происходит за счет скорости направленного движения газов на выходе из устья, а также за счет всплывания теплых газов вверх в более холодном окружающем воздухе. Горизонтальное движение воздуха (ветер) уменьшает высоту подъема дымовых газов.

В общем случае степень разбавления выбросов находятся в прямой зависимости от расстояния, которое проходит выброс до данной точки. Факел выходит из устья трубы с определенным углом раскрытия, который составляет 10-20°. В случае, если угол раскрытия факела не меняется с расстоянием, площадь поперечного сечения факела растет пропорционально квадрату расстояния, следовательно, концентрация вредных веществ в области факела будет падать также пропорционально квадрату расстояния.

Наибольший практический интерес представляет изменение концентрации загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, до высоты 2 метров, где обитают люди. Теоретически вблизи источника в приземном слое не должно обнаруживаться

загрязняющих веществ, однако реальные замеры всегда выявляют в этой зоне вредные компоненты выбросов. Это связано с существованием неорганизованных источников выбросов, поэтому такая зона называется зоной неорганизованного загрязнения.

На характер рассеивания вредных веществ влияют метеорологические и климатические параметры, такие как скорость ветра, температура воздуха, а также температурная стратификация атмосферы, а также рельеф местности, характер застройки и озеленения.

Горизонтальный перенос загрязняющих веществ происходит в основном под действием ветра. Информация о скоростях и направлениях ветра в районе предприятия используется для анализа метеорологических условий, при которых возникает повышенное загрязнение воздуха. Для каждого источника выбросов в зависимости от его высоты, объема и температуры газов, характерна своя опасная скорость ветра. При штиле или при слабом ветре дымовой факел поднимается на большую высоту и не попадает в приземный слой воздуха в непосредственной близости к источнику. При большой скорости ветра дымовой факел активно перемешивается с окружающими слоями воздуха, рассеивается. Приземные концентрации при этом также не велики. Между малыми и большими скоростями существует такая опасная скорость ветра, при которой дымовой факел, прижимаясь к земле, создает на определенном расстоянии от источника наибольшую величину приземной концентрации. Сравнение опасной скорости ветра с характеристиками ветров в городе или поселке позволяет оценить фактическое влияние источника на загрязнение воздуха.

Температура окружающего воздуха влияет на высоту всплывания газов над устьем источника. Чем выше температура воздуха тем слабее эффект всплывания дыма. Поэтому расчеты приземной концентрации проводят для средней максимальной температуры самого жаркого месяца лета.

Сильное влияние на уровень приземной концентрации вредных веществ оказывает температурная стратификация атмосферы, то есть характер вертикального распределения температур. Температурная стратификация определяется способностью по-

верхности Земли поглощать и излучать тепло. При обычном состоянии атмосферы в дневное время земная поверхность нагревается и нагревает приземный слой воздуха. В этих условиях температура воздуха падает по мере подъема вверх, примерно на 0,6 градуса Цельсия при подъеме на каждые 100 метров. Ночью при ясной погоде поверхность Земли остывает, при этом приземный слой воздуха охлаждается быстрее, чем верхние слои. В результате происходит инверсия, поворот на 180°, распределения температур: температура воздуха с высотой при инверсии возрастает. При обычном состоянии атмосферы условия для рассеивания газов лучше, чем при инверсии. Дымовые газы при обычном состоянии атмосферы более энергично поднимаются вверх, восходящие потоки теплого воздуха способствуют перемешиванию газов с чистым воздухом. В условиях инверсии ослабляется и всплывание дымовых газов и перемешивание их с чистым воздухом, что ведет к накоплению вредных веществ в приземном слое. Инверсия особенно характерна для ясной морозной погоды, в условиях антициклона. При расчетах приземных концентраций температурная стратификация учитывается с помощью коэффициента А, отражающего региональные особенности вертикального распределения температур атмосферного воздуха. Коэффициент А зонирован по территории России и стран СНГ Главной геофизической обсерваторией имени А. И. Войкова. Опасная скорость ветра в сочетании с инверсией температур создают комплекс неблагоприятных условий, приводящих к максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземном слое воздуха в районе предприятия.

Рельеф местности даже небольшие возвышенности существенно меняют характер рассеивания вредных веществ. Натурными замерами зафиксированы высокие концентрации вредных примесей с заветренной стороны холмов. Это можно объяснить тем, что за холмами образуются зоны низкого давления, где воздух двигается навстречу основному потоку.

Расчет приземных концентраций загрязняющих веществ проводится по формуле в соответствии с требованиями общесоюзного нормативного документа ОНД-86, утвержденного Госкомгидрометом в 1986 году. Расчет максимальной приземной концентрации является основой для определения ПДВ вредных ве-

ществ в атмосферу. ПДВ устанавливается таким образом, чтобы выбросы от совокупности всех источников в данном районе с учетом его развития не создавали приземные концентрации, превышающие ПДК_{мр}. Для одинаковых по техническим параметрам источников ПДК могут быть разными в зависимости от условий рассеивания, близости жилой зоны, выбросов от других источников. ПДВ определяется в «граммах в секунду» отдельно для каждого вещества по каждому источнику и в целом по предприятию.

Если ПДВ невозможно соблюдать по техническим причинам, разрабатывается план поэтапного снижения выбросов с указанием длительности каждого этапа. На каждом этапе устанавливается временно согласованный выброс (ВСВ) на уровне лучших отечественных производителей в предэтапном году.

Контроль за соблюдением нормативов предприятием предусматривает определение массы выбросов в единицу времени с сравнение ее с ПДВ; проверку выполнения плана мероприятий по достижению ПДВ, проверку эффективности эксплуатации очистных сооружений и других производственных факторов, влияющих на количество выбросов. Ведомственный контроль осуществляют отделы охраны окружающей среды на предприятиях, государственный контроль - местные природоохранные органы. Если предприятие не выполняет в нормативные сроки планов по достижению ПДВ, нарушает установленные ВСВ, то природоохранные органы могут предъявить такому предприятию иски о возмещении претензии.

13.2. Разработка ПДС

Основным фактором обезвреживания сточных вод в водоеме является разбавление. При смешивании сточных вод с чистыми струями снижается концентрация загрязняющих веществ. Разбавление (n) рассчитывается по формуле: $n=(q+Q')/q$, где q – расход сточной воды ($\text{м}^3/\text{с}$), Q' – расход разбавляющей воды ($\text{м}^3/\text{с}$), часть полного речного стока Q . $Q'=\gamma*Q$, где γ - коэффициент разбавления. Тогда $n=(q+\gamma*Q)/q$.

В месте сброса $\gamma=0$, $n=1$, то есть разбавления сточных вод здесь нет. Через какое-то расстояние вниз по течению наблюдается полное разбавление, когда $Q'=Q$ и $n=(q+Q)/q$. До этого момента концентрация вредного вещества разная в разных струях, а после полного разбавления – одинаковая.

$C_{cp}=(q \cdot C_{ст}+Q \cdot C_{ф})/(q+Q)$, где q – расход сточной воды, Q – речной сток, $C_{ст}$ – концентрация вещества в стоке, $C_{ф}$ – фоновая концентрация вещества.

Предельно допустимый сброс (ПДС) в водные объекты - масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению в установленном режиме в данном пункте в единицу времени, обеспечивающая разбавление до ПДК этих веществ в расчетном створе или в местах водопользования. Принципиальная разница между ПДВ в воздушную среду и ПДС в водную состоит в том, что помимо рассеивания (в воздухе) и разбавления (в воде), в водоёме действуют также процессы самоочищения.

Концентрация загрязняющего вещества в водоеме со временем снижается под действием процессов химического и физико-химического взаимодействия с другими веществами, а также за счет биохимической деструкции с участием микроорганизмов. В зависимости от способности веществ подвергаться таким превращениям их разделяют на консервативные и неконсервативные. Количественно это свойство выражается коэффициентом консервативности вещества (k), который определяется по формуле: $k=\beta \cdot k_1$, где k_1 – статический коэффициент неконсервативности, а β - коэффициент, учитывающий скорость течения (V). Когда $V=0$, $\beta=1$; а когда $V \geq 0,2$ м/с, $\beta=5$. Для промежуточных значений V β находится линейной интерполяцией. Значения k_1 устанавливаются экспериментально и приводятся в таблицах.

Самоочищение водоема – комплекс процессов, кроме разбавления, приводящих к снижению концентрации загрязняющего вещества вплоть до восстановления исходного качества водоема. Главную роль в самоочищении играют окислительно-восстановительные процессы. Некоторые вещества химически окисляются растворенным в воде кислородом, особенно при действии ультрафиолетовых лучей. Но чаще процесс имеет биохимическую природу, то есть осуществляется микроорганизма-

ми. Биохимическое самоочищение – важный фактор самоочищения, полностью уничтожающий неконсервативное органическое загрязнение воды. В процессе биохимической деструкции загрязняющее вещество исчезает с образованием других продуктов. Иногда это безвредные вещества, например вода или углекислый газ. Но в некоторых случаях продуктами биохимической деструкции могут быть и более токсичные вещества, чем исходные. Учет процессов самоочищения водоема возможен с использованием математических моделей.

Предельно допустимые сбросы устанавливаются на таком уровне, при котором в контрольном створе остаются ненарушенными все нормативы качества воды. Если источник сброса один, ПДС для взвешенных веществ определяется с помощью формулы: $C_{\text{пдс}} = p * (\gamma * Q / q + 1) + C_{\text{ф}}$, где p – допустимое увеличение содержания взвешанного вещества в соответствии с Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами (мг/л), $C_{\text{пдс}}$ – предельно допустимая концентрация вещества в водной среде, $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация вещества в воде.

Свои формулы есть для растворенных консервативных и неконсервативных веществ. Например, для растворенных консервативных веществ используется формула: $C_{\text{пдс}} = C_{\text{норм}} + (n - 1) * (C_{\text{норм}} - C_{\text{ф}})$, где $C_{\text{норм}}$ – норматив качества воды (ПДК), n – степень разбавления.

Если концентрация загрязняющего вещества в сточных водах превышает предельно допустимую, то необходима очистка. Сточные воды промышленных предприятий проходят, как правило, двухстадийную очистку: на локальных очистных сооружениях предприятия (ЛОС) и на станциях биологической очистки. Станция биологической очистки – это городское очистное сооружение, куда поступают сточные воды от жилых массивов, смешиваясь с водами промышленных предприятий. Необходимость ЛОС обусловлена тем, что промышленные сточные воды могут содержать загрязняющие вещества в больших концентрациях. Поступление таких вод на станцию биологической очистки может привести к нарушению жизнедеятельности микроорганизмов. Кроме того, концентрированные сточные воды промышленных предприятий очищаются лучше и дешевле, чем разбавленные. Необходимая степень очистки определяется по фор-

муле: $\eta = (C - C_{\text{ПДС}}) / C * 100\%$, где C – концентрация загрязняющего вещества в стоках до очистки.

Контрольная величина, свидетельствующая о том, что воздействие на водоем соответствует допустимому – лимит на сброс загрязняющего вещества (ПДС). $\text{ПДС} = q * C_{\text{ПДС}}$ – количество загрязняющего вещества, которое допустимо сбрасывать в единицу времени. Нормативы ПДС устанавливаются предприятию на срок до 3 лет. Контроль осуществляется путем определения реального сброса (масса загрязняющих веществ в единицу времени); проверки выполнения плана мероприятий по достижению ПДС и проверки эффективности работы очистных сооружений.

14. Экология урбанизированных территорий

Значительная часть всего населения Земли сегодня проживает в городах. По оценкам ООН на рубеже XX-XXI веков городское население должно было сравняться с сельским по численности. Закономерности взаимодействия человека с городской средой изучает урбэкология.

Четкого определения понятию «город» не существует. Обычно городом называют крупный населенный пункт, жители которого занимаются в основном не сельскохозяйственным трудом, либо поселение с числом жителей более 2-3 тысяч человек. Впрочем, «количественный ценз» города неодинаков в разных странах: в Дании есть города с населением 250 человек, в Канаде минимальная численность населения города составляет 1000 человек, в Германии – 2 тысячи, в США – 2,5 тысячи, а в Нидерландах – 20 тысяч. В России до революции существовали уездные центры («заштатные города») с населением 500-800 человек, были и фабричные поселки с таким же населением. В РСФСР с 1924 по 1957 годы численность городского населения должна была превышать 1000 взрослых людей, из которых не более 25% могли заниматься сельскохозяйственным трудом. С 1957 года по указу Президиума Верховного Совета СССР городом считали населенный пункт с населением, превышающим 12 тысяч человек, причем доля населения, занятого в сельском хозяйстве, снижалась до 15%. Реально эти требования не всегда

выполнялись. Сегодня в России выделяют две категории населенных пунктов:

- 1) города и поселки городского типа;
- 2) сельские населенные пункты.

Городом называют населенный пункт, в котором численность населения превышает 10 тысяч человек, при этом имеет значение социальный состав жителей. В городах более 85% жителей являются рабочими или служащими. Если эти условия не выполняются, то населенный пункт будет определен как село (большинство жителей заняты в сельском хозяйстве), рабочий поселок, дочный поселок (более половины временных обитателей, приезжающих для отдыха). В зависимости от численности населения города и поселки делятся на несколько категорий (таблица 11). В России 170 больших городов, в которых проживают 72% населения страны, 12 городов «миллионеров».

Таблица 11
Классификация поселений городского типа
по численности населения

Категории	Города (тысяч человек)	Поселки (тысяч человек)
Крупнейшие	>1000	
Крупные	А) > 500 Б) >250	>10
Большие	>100	>5
Средние	>50	>3
Малые	<50	<3

Исторически первый город появился 9,5 тысяч лет назад в Палестине. Это был город Иерихон, который по преданию пал после семидневной осады от трубных звуков во время обхода его стен священниками Израиля. Этот город занимал территорию около 3 гектаров, его населяли 2-3 тысячи жителей. В Иерихоне не было улиц. Дома разделялись дворами. Город Троя, который 10 лет осаждали герои Гомера, был в 2 раза меньше, чем Иерихон. Около 20 городов-государств образовались на юге

Месопотамии 2-3 тысячи лет до нашей эры. Типичный город включал храмовый комплекс, дворец правителя и глинобитные дома с участками земли, на которых жители занимались сельским хозяйством, разводили сады, огороды и т.п. Эти города могли быть очень большими. Наиболее известный древний город Вавилон в 7 веке до нашей эры достигал по численности населения 1 миллиона человек и занимал площадь 10 км² по берегам Евфрата. Город был окружен мощными стенами, в которых имелось 8 ворот. Главная площадь занимала 7 гектар, здесь располагался храм и Вавилонская башня. Вокруг располагались жилые массивы, глинобитные дома разделялись улицами шириной 1,5-2 метра. Крупные города существовали в Древнем Китае, в районе реки Хуанхэ. В столица древнего Китая, городе Цинь Саньян проживало более миллиона человек. город был окружен стенами, длина которых по периметру составляла около 100 километров.

Процесс роста и развития городов, увеличения численности городского населения, называется урбанизация. Предпосылками урбанизации являются рост промышленного производства, углубление территориального разделения труда, развитие культурных и политических функций городов. Для урбанизации характерны приток в города сельского населения, рост маятникового движения людей из сельского окружения и ближайших мелких городов в крупные (на работу, для удовлетворения культурных и бытовых потребностей). Хотя города существовали еще в глубокой древности, но урбанистическая цивилизация сформировалась только в XX столетии. Если население планеты в целом сегодня удваивается за 35 лет, то городское население – за 11 лет. Быстро растут крупные городские центры. Динамика роста городского населения: начало XIX века – 29,3 миллиона человек (3%), начало XX века – 224,4 миллиона человек (13,6%), к 1950 году в городах проживало 729 миллионов человек (28,8%), к 1980 – 1821 миллион человек (41,1%). Доля горожан в Европе сегодня составляет 69%, в Азии – 38%, в Африке – 20%, в Северной Америке – 75%, в Латинской Америке – 65%, в Австралии и в Океании – 76%, в США – 73%, во Франции – 78%, в Германии – 85%, в Великобритании – 91%. В РФ в городах обитает 75% населения. Если 4/5 населения страны живет в городах,

то страна считается полностью урбанизированной. Так в Великобритании 35 лет назад наблюдалась стабилизация относительной численности городского и сельского населения. В Азии, Африке процессы урбанизации сегодня идут наиболее динамично.

В настоящее время во многих городах мира плотность населения очень велика. Самый густонаселенный город Европы – Барселона, средняя плотность населения в нем составляет 70 тысяч человек на кв.км. В Париже средняя плотность населения – 30 тысяч человек на кв.км. Однако из-за скученности населения в отдельных районах плотность городского населения может быть гораздо выше: в Гонконге есть районы, где на 1 кв.км. проживает до 1,5 млн. человек, а в Париже – до 250 тысяч человек. Ожидается, что к 2070 году урбанизированная территория будет занимать более 20% пригодной для жизни площади суши. Уже к 2030 году практически все люди станут жителями городов или поселений городского типа.

В современном мире огромные города чаще всего представляют собой агломерации. Городская агломерация – пространственно и функционально единая группировка поселений городского типа, составляющая общую социально-экономическую и экологическую систему. Различают агломерации двух типов: конурбация и мегаполис. Конурбация – это группа близко расположенных и экономически связанных городов (Лондон, Москва и т.п.). Мегаполис – это очень крупная агломерация, функционально соединяющая несколько конурбаций, численность населения мегаполиса, как правило, превышает десять миллионов человек.

Крупнейшие мегаполисы, в которых проживает 60% населения страны, расположены на территории США:

- 1) Бостон+Нью-Йорк+Балтимор+Филадельфия+Вашингтон – мегалополис на северо-востоке США, его площадь составляет около 150 тысяч кв.км., численность населения - 40 миллионов человек.
- 2) Чикаго+Детройт+Кливленд+Питтсбург – мегаполис на Южном побережье Великих Американских озер, население 30 миллионов человек.

3) Лос-Анжелес+Сан-Диего – мегаполис в Южной Калифорнии, численность населения превышает 11 миллионов человек.

В Западной Европе также есть мегаполисы: это города группы «Мидлендс» в Великобритании (Ливерпуль+Манчестер+Бирменгем+Лидс+ Бредфорд) и Рейнско-Рурский район в Германии (Кельн+Дессельдорф+города Рурского бассейна) с населением свыше 10 миллионов человек в каждом мегаполисе.

В Нидерландах растет агломерация Рандштадт, объединяющая города Амстердам, Роттердам, Гаага, Гарлем, Утрехт, Лейден и др., численность населения здесь уже превысила 4 миллиона человек. Рост агломераций характерен для многих развивающихся стран: быстро растут агломерации Буэнос-Айрес, Сан-Пауло, Рио-де-Жанейро, Мехико, Богота, Сантьяго в Латинской Америке; Бомбей, Калькутта, Стамбул, Гонконг в Азии; Каир, Касабланка в Африке. Лидером урбанизации является Япония. На побережье Тихого океана в результате срастания городов Токио, Йокогама, Киото, Нагаи, Кобе образовался мегаполис с населением более 40 миллионов человек. Более 40% населения страны сконцентрировано на территории, соответствующей 1% ее площади.

Сегодня во многих странах завершается процесс формирования сплошного урбанистического мира. Некоторые агломерации давно приобрели гипертрофированные размеры, превратились в мегаполисы. Например к 1960 году в Мехико уже проживало примерно 25% населения Мексики, в Буэнос-Айресе – 30% населения аргентины, а в Монтевидео – более 50% населения Уругвая. Футурологи считают, что мегаполисы в ближайшем будущем займут обширные территории, в первую очередь – береговую линию материков.

Урбанизация обусловлена потребностями общества, но стремительный рост городов привел к тому, что окружающая среда во многих из них сегодня не удовлетворяет биологические и социальные потребности человека. Крупный город меняет почти все компоненты среды: атмосферу, растительность, почву, рельеф, гидрологическую сеть, подземные воды, грунт и климат.

Влияние городов на окружающую среду было заметно уже в эпоху сельскохозяйственной экономики. Города превращались в искусственные экосистемы, основанные на обмене или захвате продовольственных ресурсов, они стали центрами развития рыночной экономики с характерным для нее прагматичным отношением к природе. В городах интенсивно развивались ремесла, торговля, формировались властные структуры. На территориях городов резко нарушались биогеохимические круговороты. Вещества, которые попадали в город с огромных сельскохозяйственных территорий с продуктами животноводства и растениеводства, не возвращались естественным образом в свои экосистемы. Вместе со сточными водами они попадали в канализацию, откуда поступали в грунтовые воды или в реки, загрязняя их, а затем – в океаны. Таким образом, благодаря развитию городов естественный круговорот химических элементов оказался разорван. Естественные условия в городе заменялись искусственными, создающими иллюзию независимости от природной среды. Мощные улицы, здания и другие искусственные сооружения приводят к формированию антиэкологического мировоззрения горожан. Городской ребенок бессознательно впитывает урбанистические принципы организации человеческого общества, у него формируется агрессивно-потребительское отношение к природе. Скопление людей в городе способствует возникновению у его жителей популяционного стресса, росту эмоциональной возбудимости и агрессивности жителей, что ведет к активизации контактов и деятельности, направленной на развитие искусственной среды.

С середины XIX века начинается индустриальный этап развития человечества, связанный с небывалым давлением на природу. Особенностью технического прогресса стало такое изменение природной среды, которое опасно не только для животных, но в первую очередь – для человека.

Одним из основных последствий техногенного давления на природную среду является снижение биоразнообразия. Уничтожаются леса и болота, на месте которых человек строит города и дороги, развивает сельскохозяйственные монокультурные экосистемы. Экосистемы вокруг городов деградируют под влиянием рекреационной нагрузки. Выделяется пять стадий депрессии

природных лесных сообществ в результате рекреационной нагрузки (Исаков, 1986):

1. Минимальное воздействие, не нарушающее структуры экосистемы. В таком лесу можно видеть многочисленный разновозрастной подрост, подстилка здесь не нарушена.
2. Слабое воздействие: подстилка незначительно нарушена, намечаются тропинки, занимающие менее 5% площади. Меняется видовой состав сообщества: под полог леса проникают травы, характерные для открытых мест и лесных опушек.
3. Умеренное воздействие: подстилка сильно нарушена, выбитые участки занимают до 15% площади. Мощность подстилки сильно снижена. Верхний полог леса, подрост и подлесок изрежены, растет освещенность нижнего яруса. Активно внедряются луговые и сорные травы.
4. Интенсивное воздействие: лесная экосистема превращается в куртинно-полянный комплекс, сочетающий лесные и луговые участки. Выбито до 60% площади.
5. Последняя стадия деградации лесной экосистемы: выбитые участки составляют от 60% до 100% площади. Оставшиеся деревья больны или имеют механические повреждения. Подрост почти отсутствует, фрагментарно встречаются сорные и однолетние виды травянистой растительности.

Нарушение местообитаний создают угрозу существованию многим видам животных и птиц. Всего с 1600 года исчезли 226 видов и подвидов позвоночных животных, причем за последние 60 лет исчезли 76 видов, около 100 сегодня находится под угрозой гибели. Если 400 лет назад биосфера теряла по 1 виду в три года, то сегодня – по 1 виду за 8 месяцев. Международная Красная книга сегодня содержит описания 236 видов млекопитающих, 287 видов птиц, 119 видов пресмыкающихся и 36 видов земноводных, находящихся под угрозой исчезновения. В СССР в 1976 году под угрозой исчезновения находилось 23 вида млекопитающих и 9 видов птиц. Биоразнообразие – это основа устойчивости экологических систем, поэтому сохранение генофонда входит отдельным пунктом в программу устойчивого развития человечества.

Вторым направлением техногенного воздействия является накопление отходов производства. В ходе промышленного про-

изводства образуются многие вещества, не разлагаемые в природе. Отходы производства угнетают деятельность микроорганизмов в воде и в почве, нарушают круговороты веществ, лежащие в основе устойчивости всей биосферы. Токсичные элементы ведут к мутациям микроорганизмов, вирусов, а следовательно, к появлению новых опасных заболеваний. Появились также болезни, связанные с отравлением ртутью и кадмием, генетические последствия типа «врожденной желтухи» в местах сильных загрязнений. Только 1-2% природного ресурса, который поступает в промышленность, остается в конечной продукции, а все остальное становится отходами. Конечно, в первую очередь, от загрязнений страдают жители городов, но влияние очагов загрязнения распространяется далеко от источников, загрязняющие вещества мигрируют с ветром, перемещаются по склонам, концентрируются в низких местах на берегах рек и морей. Загрязнению подвергаются вода, воздух, почва, снег. Москва, на территории которой функционируют около 1,5 тысяч промышленных предприятий, сегодня является мировым лидером среди столичных городов по загрязнению. Спад производства в 90-ые года XX века несколько снизил уровень промышленных загрязнений, зато постоянно растут выбросы автотранспорта. Сегодня в Москве около 3 миллионов автомобилей, на долю которых приходится порядка 85% всех атмосферных загрязнений. Из космоса хорошо видно пятно загрязнений вокруг Москвы: его площадь простирается от Твери до Нижнего Новгорода. Ежегодно 2,5 миллиона тонн вредных веществ поступает в атмосферу Норильска, самого грязного города России.

В городах нарушается термодинамическое равновесие, изменяются потоки энергии и тепловой режим. Техногенная среда сама по себе выделяет энергию. Температура грунта над тепло-трассами повышается на 25-30 градусов Цельсия. За 150 лет наблюдений на территории Москвы установлено повышение температуры почвы в среднем на 0,1 градуса за каждые 10 лет. В крупных городах температура воздуха на 1-2 градуса выше, чем в окрестностях. Повышение температуры почвы и грунтовых вод способствует развитию в ней микрофлоры, что повышает агрессивность грунтовых вод по отношению к грунту и к строительным материалам.

В крупных городах меняются гидрогеологические условия. Застройка и асфальт меняют инфильтрацию осадков. Утечки из подземных коммуникаций повышают уровень грунтовых вод, что ведет к подтоплению территории, к затоплению подвалов. В Москве 40% территории подтоплено. Забор грунтовых вод, их химическое и тепловое загрязнение ведут к активизации геологических процессов. Для городов, расположенных вблизи рек и других водоемов, высокие берега которых сложены глинистыми породами, характерны оползни. Активизация оползневых процессов происходит в результате подрезки склонов и дополнительной нагрузки на грунты. В Москве активизация оползней произошла в результате расчистки русла реки.

Климат города значительно отличается от окружающих районов, причем, чем больше город, тем сильнее отличия. Перепады температур, относительной влажности, величины солнечной радиации между городом и его окрестностями соизмеримы с передвижением на 20 градусов по широте в естественных условиях. На метеорологический режим города влияют следующие факторы:

- 1) изменение альбедо, то есть отражающей способности земной поверхности в застроенных районах;
- 2) уменьшение испарения с земной поверхности;
- 3) выделение тепла при хозяйственной деятельности;
- 4) увеличение шероховатости земной поверхности;
- 5) загрязнение атмосферы различными примесями.

Одной из наиболее значительных особенностей городского климата является возникновение в городе «теплого острова» с повышенной температурой воздуха. Такая аномалия появляется ночью, при слабом ветре и малооблачной погоде. Если в среднем температура воздуха в городе выше на 1-2 градуса, то ночью при слабом ветре разница температур может достигать 6-8 градусов. Высота острова может достигать 150 метров в крупных городах, 40 метров – в средних. В Москве среднегодовая температура увеличена по сравнению с окрестностями на 3-5 градусов, безморозный и бесснежный период увеличен на 10 дней.

Каменные здания, асфальт и другие покрытия являются аккумуляторами тепла, поглощая энергию Солнца днем и медленно остывая ночью. Температура асфальтовых покрытий в Моск-

ве достигает летом 52 градусов, в Одессе – 73 градусов, в Ташкенте – 80 градусов. Из-за низкого испарения с поверхности земли в городах снижена влажность воздуха. «Теплый остров» приводит к увеличению локальной циркуляции воздуха. При этом горизонтальные перемещения сокращаются на 20%, но возрастают восходящие потоки. Увеличение неровности земной поверхности, возвышающиеся над ней здания и сооружения, также способствуют снижению скорости ветра.

Загрязнение атмосферы в городах приводит к образованию аэрозолей, следовательно, снижается инсоляция, количество солнечной энергии, достигающей поверхности. В больших городах инсоляция снижена на 15%, к земле поступает на 30% меньше ультрафиолетовых лучей, особенно заметно снижение инсоляции зимой.

В приземных слоях атмосферы снижается видимость, часто она составляет всего 10-20% по сравнению с загородной зоной. В городах часто бывают туманы: в 2-5 раз чаще в окрестностях, в том числе смог. Туманы также ослабляют инсоляцию и уменьшают видимость. Высокое содержание аэрозолей в атмосфере городов в сочетании с восходящими воздушными потоками приводит к повышению облачности и к росту частоты осадков. По данным исследований в США и Великобритании в больших городах на 10% больше облачных дней, дней с дождем, градом, снегом; на 30% больше дней с туманом летом и на 100% - зимой, по сравнению с пригородными зонами. В крупных промышленных центрах осадки реже бывают в выходные дни. Так как город стягивает на себя осадки, в результате усиливается засушливость в сельской местности вблизи городов.

Урбанизация – это мощный экологический фактор. С ней связано преобразование ландшафта, использование земельных и водных ресурсов, массовое производство отходов. С урбанизацией связаны многие экологические проблемы: неустойчивость, уязвимость городских систем, миграция и концентрация населения, низкое качество среды обитания, потеря плодородных земель, отводимых под строительство, накопление и удаление отходов. Растет агрессивность городской среды по отношению к жителям. На свалки Москвы ежегодно отправляется 12 миллионов тонн мусора. В городах отмечается химическое, электромаг-

нитное, шумовое, визуальное, биоэнергетическое, геомагнитное и другие виды загрязнений. Все это ведет к росту физических и психических заболеваний жителей городов.

Еще одной экологической проблемой городов является нехватка питьевой воды. Причина этого: износ водопроводов, 70% которых находится в неудовлетворительном состоянии: ржавые или дырявые. Ежегодно меняют не более 5% старых труб. Загрязненная питьевая вода является причиной 80% известных заболеваний, на 30% ускоряет старение.

Хаотическое строительство небоскребов в крупных городах, постоянное увеличение этажности зданий – следствие роста цен на землю – привело к образованию «бетонных ущелий», где гуляют ветра и куда не заглядывает Солнце. Узкие улицы, перегруженные автомобилями, усложняют жизнь горожан. Визуальное загрязнение (видеозагрязнение) – это загрязнение визуальной среды, связанное с особенностями архитектуры, ландшафтов, озеленения, с цветовой гаммой городов, агрессивной рекламой и лозунгами, а также с замусоренностью городской территории. Однотипные новостройки в спальных районах, геометрическая правильность, однообразие цветов и материалов действуют на психику человека, вызывая раздражение. Ученые показали, что в поле зрения человека не должно быть более 12 одинаковых элементов. Однообразие влияет и на зрение и на нервную систему, приводит к развитию психических заболеваний, провоцируя вспышки агрессивности, рост криминала. Развитые страны осознают остроту этой проблемы. В начале 70-х годов XX века в США, в городе Сент-Луис штата Миссури был снесен целый квартал зданий в стиле «модерн». Это решение городских властей мотивировалось ростом преступности и распадом социальных связей в данном районе.

Проблемы городов усугубляются недостаточностью природно-пространственных ресурсов. Поэтому большое значение имеют вопросы **планировки населенных мест**, сегодня это целая отрасль архитектуры, рассматривающая вопросы комплексного упорядочивания жизненного пространства на уровне регионов и отдельных городов, поселков городского типа. Она основана на закономерностях общественного развития, анализе

природных условий, учете потребностей человека, прежде всего - экологических.

С древних времен люди жили в городах, построенных предыдущими поколениями, и лишь в мечтах создавали идеальные города («город Солнца» - Компанелла, «город-сад» Говард, «лучезарный город» - Корбюзье). Лишь в конце XX века стало возможно строить города при жизни одного поколения и проектировать города будущего. В 50-х годах XX века появилась экистика – урбанистическая наука, изучающая формирование и эволюцию человеческих поселений. Ее цель – создание моделей поселений разной величины с оптимальным сочетанием элементов их структуры и природной среды. Предметом экистики является также внутренняя среда помещений.

Новое направление – экологическая архитектура – стремится максимально учесть экологические и социально-экологические потребности человека от рождения до старости. Для этого необходимо: приблизить людей к природе, создавая зеленые зоны отдыха вблизи жилых массивов; избавить горожан от монотонности пространства путем строительства домов разной конфигурации, окраски; оптимально распределить население по площади (не более 100 человек на гектар). Тенденция экологической архитектуры – изолировать от людей агрессивные хозяйственные объекты и приблизить к ним природные комплексы.

Один из перспективных проектов – город-сад - предусматривает максимальное соединение человека с природой, для этого площадь зеленых насаждений должна превышать 50% городской территории. Численность населения не должна превышать 150 тысяч человек, оптимально: 50-70 тысяч. Это небольшое компактное поселение, где места для труда, отдыха, общения находятся в пределах пешеходной доступности, широко развита социальная инфраструктура. Проектируются микрорайоны на 30 тысяч человек с соотношением малоэтажных и многоэтажных строений 7:3. В капиталистических странах уже построено более 30 таких городов для богатых людей. Развитие идеи города-сада – экополис, город, спланированный с учетом экологических потребностей человека. В нашей стране примером экополиса можно считать город Пушкино под Москвой, элементы экополиса можно найти в Казани, Кишеневе (Молдавия) и др.

Практические занятия по прикладной экологии

Практическая работа № 1 Тенденции антропогенного воздействия на окружающую среду

Задание: рассмотрите таблицу и выпишите в тетради те опасности, которые являются наиболее актуальными для человечества в настоящее время. Дайте прогноз на будущее, какие опасности выйдут на первый план через 50 лет и через 100 лет? Обоснуйте свое мнение.

Характеристика	Тенденция 1972-1992 гг.	Сценарий 2030 г.
Потребление первичной биологической продукции	Рост потребления: 40% на суше, 25% - глобальное (оценка 1985 года).	Рост потребления: 80-85% на суше, 50-60% - глобальное.
Изменение концентрации парниковых газов в атмосфере	Прирост концентрации парниковых газов от десятых долей до целых процентов ежегодно	Рост концентрации парниковых газов, ускорение роста концентрации CO ₂ и CH ₄ за счет ускорения разрушения биоты
Истощение озонового слоя	Истощение озонового слоя на 1-2% ежегодно	Ежегодные расширения «озоновых дыр»
Сокращение площади лесов, особенно тропических	Сокращение со скоростью от 117 (1980 г.) до 180±20 тыс. км ² (1989 г.); лесовосстановление относится к сведению лесов как 1:10.	Сохранение тенденции, сокращение площади лесов в тропиках с 18 (1990 г.) до 9,11 млн. км ² (2030 г.), сокращение площади лесов умеренного пояса.
Опустынивание	Расширение площади пустынь (60 тыс. км ² в год), рост техногенного опустынивания, токсичные пустыни	Сохранение тенденции, возможен рост темпов за счет уменьшения влагооборота на суше и накопления антропогенных загрязнителей в почвах

Деградация земель	Рост эрозии (24 млрд. тонн ежегодно), снижение плодородия, накопление загрязнителей, закисление, засоление.	Сохранение тенденции. Рост эрозии и загрязнения, сокращение площади с/х земель на душу населения
Повышение уровня океана	Подъем уровня океана на 1-2 мм в год	Сохранение тенденции, возможно ускорение подъема уровня до 7 мм в год.
Исчезновение видов	Быстрое исчезновение видов	Усиление тенденции по мере разрушения биосферы
Качественное истощение вод суши	Рост объема сточных вод	Рост точечных и площадных источников загрязнения, числа антропогенных загрязнителей и их концентрации
Накопление загрязнений в средах и организмах, миграция в трофических цепях	Рост накопления массы и числа антропогенных загрязнителей в средах и организмах, рост радиоактивности среды, «химические ловушки»	Сохранение тенденции и ее возможное усиление
Ухудшение условий жизни людей, рост генетических заболеваний, связанных с экологическими изменениями, появление новых болезней	Рост бедности, голод, высокая детская смертность, высокий уровень заболеваемости, необеспеченность чистой питьевой водой в развивающихся странах, проживание в зонах высокого загрязнения, рост генетических заболеваний, высокий уровень аварийности, рост потребления лекарств, рост аллергических заболеваний в развитых странах, пандемия СПИДа в мире, понижение иммунного статуса.	Сохранение тенденции, рост нехватки продовольствия, рост генетических заболеваний, связанных с экологией, расширение инфекционных заболеваний, появление новых болезней.

Практическая работа № 2. Техногенное загрязнение окружающей среды

Техногенез – процесс изменения природных комплексов под воздействием производственной деятельности человека. Он заключается в преобразовании биосферы, которое происходит в результате геохимических процессов, связанных с деятельностью людей: извлечением, концентрацией, перегруппировкой многих минеральных и органических соединений. Главным следствием техногенеза становится образование аномальных концентраций химических элементов и их соединений – загрязнение воды, воздуха, почв, снега, донных осадков водоемов. Выявление таких техногенных аномалий – важнейшая задача эколого-геохимической оценки состояния среды. Выделяют глобальные, региональные и локальные техногенные аномалии.

Задача 1. Рассчитайте необходимую величину трубы для ТЭС, если выходящий из нее дым содержит диоксид серы (SO_2) концентрацией $0,5 \text{ мг/м}^3$ и диоксид азота (NO_2) – $0,4 \text{ мг/м}^3$.

Задача 2. Рассчитайте необходимую величину трубы для ТЭС, если выходящий из нее дым содержит диоксид серы (SO_2) концентрацией 5 г/м^3 и диоксид азота (NO_2) – 4 г/м^3 .

Рекомендации. В качестве исходных данных примите упрощенную модель распределения вредных веществ в атмосфере, при которой уменьшение концентрации в стороны от трубы происходит равномерно пропорционально квадрату расстояния. Вредные вещества, содержащиеся в выбросе, распространяются в направлении ветра в пределах сектора, ограниченного углом раскрытия факела ($10\text{-}20$ градусов) вблизи выхода из трубы. На расстоянии от 4 до 20 высот трубы факел касается земли и деформируется, при этом максимальная концентрация вредных веществ в приземном слое достигается на расстоянии $10\text{-}40$ высот трубы. Таким образом, по степени загрязнения приземного слоя воздуха можно выделить три зоны:

- 1) зона факела, для которой характерно относительно невысокое содержание вредных веществ в приземном слое;
- 2) зона максимального загрязнения приземного слоя;
- 3) зона постепенного снижения уровня загрязнения.

Высоту труб современных ТЭС рассчитывают так, чтобы концентрации диоксида серы и диоксида азота в приземном слое атмосферы удовлетворяли условию:

$$C_{\text{SO}_2}/\text{ПДК}_{\text{SO}_2} + C_{\text{NO}_2}/\text{ПДК}_{\text{NO}_2} \leq 1$$

ПДК для диоксида серы составляет 0,05 мг/м³, для диоксида азота – 0,04 мг/м³.

Для решения задач 1 и 2 сделайте чертеж и определите необходимую высоту трубы, при которой концентрация диоксидов серы и азота в зоне максимального приземного загрязнения будет соответствовать условию.

Задача 3. На основании данных таблицы составьте две других таблицы, в одной из которых укажите отношение наблюдаемых концентраций диоксида серы к ПДК_{сс} (среднесуточная = 0,05 мг/м³), а во второй – к ПДК_{мр} (максимально разовая = 0,5 мг/м³). Дайте экологическую интерпретацию полученных результатов.

Таблица.

Концентрация диоксида серы (мг/м³) в приземном воздухе в зависимости от высоты трубы и расстоянии от нее

Высота (м) / длина (км)	1	2	3	4	5	6	8	10	12	15
100	2,36	2,75	2,30	1,84	1,50	1,28	0,94	0,74	0,60	0,44
150	0,68	1,20	1,38	1,32	1,19	1,08	0,86	0,70	0,58	0,46
200	0,22	0,52	0,72	0,83	0,88	0,85	0,74	0,64	0,52	0,40

По данным исходной таблицы на одном графике постройте три кривые изменения концентрации диоксида серы в приземном слое в зависимости от высоты трубы и от расстояния до нее. Для этого по оси абсцисс откладывайте расстояние от трубы, а по оси ординат – соответствующую концентрацию диоксида серы. Выполните сравнительный экологический анализ полученных кривых.

Практическая работа № 3. Нормирование качества атмосферного воздуха

Задание.

1. Изучите таблицу. По материалам таблицы определите, к какому классу опасности относятся каждое из приведенных в таблице веществ.

Таблица.

ПДК химических веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Вещество	ПДК _{мр} мг/м ³	ПДК _{сс} мг/м ³
Азота оксид	0,6	0,06
Азот диоксид	0,085	0,085
Аммиак	0,2	0,04
Ацетон	0,35	0,35
Бензол	1,5	0,8
Бенз(а)пирен	-	0,000001
Пыль нетоксичная	0,5	0,15
Ртуть металлическая	-	0,0003
Сероводород	0,008	0,008
Сероуглерод	0,03	0,005
Углерода оксид	5,0	3,0
Фенол	0,01	0,003
Формальдегид	0,035	0,003
Хлор	0,1	0,03

2. Определите, является ли качество воздушной среды удовлетворительным, если в воздухе содержатся следующие вещества: оксид азота (0,3 мг/м³), диоксид азота (0,06 мг/м³), пыль нетоксичная (0,3 мг/м³), оксид углерода (2 мг/м³) и хлор (0,05 мг/м³).

Практическая работа № 4. Нормирование загрязнения атмосферного воздуха

Загрязнением атмосферного воздуха называется изменение состава атмосферы в результате попадания в нее газообразных, жидких или твердых примесей. Для загрязняющих веществ ус-

тановлено два вида ПДК: максимально разовая (ПДКм.р.) и среднесуточная (ПДКс.с.). Важную роль в охране воздуха играет нормирование предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ предприятием в воздушный бассейн. Ряд химических веществ обладает эффектом суммации, усиливающим их вредное действие на организм. При одновременном нахождении таких веществ в воздухе для оценки качества воздуха используется формула:

$$\sum_{i=1}^n C_i / \text{ПДК}_i \leq 1$$

При выполнении этого условия качества воздуха считается удовлетворительным, если условие не выполняется – воздух загрязнен.

Задача 1.

В закрытом помещении разбился медицинский ртутный термометр. Вся ртуть испарилась. Вес испарившейся ртути 0,5 грамма. ПДК паров ртути в воздухе 0,3 мг/м³. Можно ли находиться в помещении с образовавшимися парами ртути, если его размеры 6*8*3 м³? Какой объем должно иметь помещение, чтобы в нем можно было находиться при таком общем количестве ртути в воздухе?

Задача 2.

В закрытом помещении гаража пролили 1 литр бензина, который полностью испарился. Плотность бензина 0,7 г/см³. ПДКм.р. бензина в воздухе 5 мг/м³, а ПДКс.с. 1,5 мг/м³. Определить во сколько раз будут превышены ПДКм.р. и ПДКс.с. бензина в помещении размерами 3*6*3 м³? Какой объем должно иметь помещение с таким количеством паров в воздухе, чтобы допускалось долговременное и кратковременное нахождение в нем людей?

Задача 3.

В закрытой комнате вытряхнули ковер из которого вылетело 100 грамм пыли. ПДК м.р. пыли в воздухе 0,3 мг/м³. ПДК с.с. пыли в воздухе составляет 0,03 мг/м³. Во сколько раз будут превышены ПДК м.р. и ПДК с.с. пыли в комнате, имеющей размеры 3*6*3 м³? Какую площадь должна иметь комната, в которой допускается кратковременное нахождение людей при таком со-

держании пули в воздухе? Какую площадь должна иметь комната, в которой допускается длительное нахождение людей при таком общем количестве пыли в воздухе?

Задача 4.

Определите, превышает ли загрязнение воздуха допустимые санитарные нормы, если в нем одновременно присутствуют пары фенола и ацетона в концентрациях: фенола= $0,009 \text{ мг/м}^3$, ацетона= $0,345 \text{ мг/м}^3$, учитывая, что фенол и ацетон обладают эффектом суммации? ПДК с.с. фенола в воздухе $0,01 \text{ мг/м}^3$, ПДК с.с. ацетона – $0,35 \text{ мг/м}^3$.

Задача 5.

Определите, превышает ли загрязнение воздуха допустимые санитарные нормы, если в нем при внезапном выбросе возникли концентрации диоксида серы $0,45 \text{ мг/м}^3$ и диоксида азота $0,06 \text{ мг/м}^3$, учитывая, что эти вещества обладают эффектом суммации? ПДК м.р. диоксида серы в воздухе $0,5 \text{ мг/м}^3$, ПДК м.р. диоксида азота $0,085 \text{ мг/м}^3$.

Задача 6.

Определите, превышает ли загрязнение воздуха допустимые санитарные нормы, если в нем при разовом выбросе возникли концентрации сероводорода $0,005 \text{ мг/м}^3$ и диоксида серы $0,496 \text{ мг/м}^3$, учитывая, что эти вещества обладают эффектом суммации? ПДК м.р. диоксида серы в воздухе $0,5 \text{ мг/м}^3$, ПДК м.р. сероводорода - $0,008 \text{ мг/м}^3$.

Практическая работа № 5. Нормирование загрязняющих веществ в воде

Условия сброса сточных вод в водоемы определяются Правилами охраны поверхностных вод от загрязнения. Согласно этим правилам все водоемы классифицируются по типу использования. Среди водоемов, которые используются для бытовых целей, выделяют водные объекты хозяйственно-питьевого водоснабжения (I категория) и объекты культурно-бытового (спортивно-рекреационного) назначения (II категория). Среди водоемов, которые используются для рыбохозяйственных целей, выделяются водоемы, обеспечивающие сохранение и воспроизводство ценных видов рыбы, чувствительных к содержанию кислорода (III

категория), и другие рыбохозяйственные объекты (IV категория). Для каждой категории водоемов предусмотрены допустимые изменения состава воды после сброса очищенных сточных вод. Так для водоемов хозяйственно-питьевого назначения допускается повышение содержания взвешенных частиц не более чем на 0,25 мг/л, а для вод культурно-бытового назначения – не более чем на 0,75 мг/л.

Аналогично воздушной среде, в водных объектах анализируются концентрации загрязняющих веществ. При этом определяются ПДК_в - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в водоеме вообще и ПДК_{вр} - предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ для рыбы. Загрязняющие вещества воздействуют на состояние водоема по-разному, на этой основе выделяются признаки вредного действия: органолептический, токсикологический и санитарный. ПДК вредных веществ в водоемах устанавливаются по тому признаку вредного действия, который характеризуется минимальной пороговой концентрацией. Этот лимитирующий признак вредности (ЛПВ) всегда сопровождает ПДК для водной среды, характеризуя его с качественной стороны. Вещества с одинаковыми ЛПВ проявляют аддитивное действие. Поэтому при попадании в водоем нескольких веществ с одинаковым ЛПВ должно соблюдаться правило:

$$\sum_{i=1}^n (C_i / \text{ПДК}_i) \leq 1$$

Задача 1. С территории Москвы смывается 430 тыс.т. нерастворимых загрязняющих веществ (ЗВ) в год. Какой объем воды необходим для разбавления этих ЗВ до концентрации 0,25 мг/л? Какой объем воды необходим для разбавления тех же ЗВ до концентрации 0,75 мг/л? Достаточно ли в первом и во втором случаях объема годового стока реки Москвы, который составляет около 1 км³ в год? Установлено, что промышленные и хозяйственно-бытовые стоки не должны увеличивать естественную концентрацию взвешенных ЗВ в воде больше, чем на 0,25 мг/л для водных объектов I и III категорий и на 0,75 мг/л для водоемов II и IV категорий. Для каких целей могут использоваться воды реки Москвы?

Задача 2. С территории Москвы ежегодно смывается 3,3 тыс. тонн нефтепродуктов. Какой объем воды необходим для разбавления до нормы, если ПДК для нефтепродуктов $0,07 \text{ г/м}^3$, а их концентрация до сброса сточных вод уже была $0,02 \text{ г/м}^3$? Достаточно ли объема годового стока реки Москвы, который составляет около 1 км^3 в год, для разбавления смываемых нефтепродуктов?

Задача 3. В водоемы России ежегодно сбрасывается 73,9 тыс. тонн нефтепродуктов. Определите, какой объем чистой воды необходим для разбавления нефтепродуктов, если их ПДК в воде составляет $0,07 \text{ г/м}^3$. Во сколько раз объем необходимой для разбавления воды больше объема воды в озере Байкал, который составляет 23 тыс. км^3 ?

Задача 4. В водоемы России ежегодно сбрасывается 0,002 тыс. тонн нефтепродуктов. Определите, какой объем чистой воды необходим для разбавления ртути, если ее ПДК в воде составляет $0,001 \text{ мг/л}$. Сравните его с объемом воды в озере Байкал, который составляет 23 тыс. км^3 ?

Практическая работа № 6. Автотранспорт – основной загрязнитель атмосферы больших городов

Задачи работы:

1. Определение загруженности улиц автотранспортом и параметров окружающей среды, усугубляющих загрязнение.
2. Расчет загрязнения атмосферного воздуха различными компонентами выбросов автотранспорта.

Теория.

Существенной составляющей загрязнения атмосферы городов являются выхлопные газы автотранспорта. В столицах многих стран мира, административных центрах России и стран СНГ, городах-курортах выхлопные газы составляют 60-80% и более от всей совокупности антропогенных выбросов. Многие страны, в том числе и Россия, принимают меры по снижению токсичности выбросов. Это достигается путем лучшей очистки бензина, снижения содержания свинца в добавках к бензину, замены его на более чистые виды топлива (газовое топливо, этанол, электричество и др.). Проектируются более экономичные двигатели, двигатели с более полным сгоранием топлива, в городах создаются зоны с ограниченным движением автомобилей. Однако число

автомобилей постоянно растет и уровень загрязнения выхлопными газами воздуха в городах не снижается.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздух более 200 компонентов, среди которых углекислый газ, угарный газ, оксиды азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий, канцерогенные углеводороды (бензопирен и бензоантроцен). Наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами.

Расчетное задание: Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля составляет около 15 тысяч километров. Определите, сколько вредных веществ поставляет в атмосферу за год один автомобиль при таком пробеге, в зависимости от типа автомобиля и типа двигателя (см. таблицу).

Выбросы загрязняющих веществ различным автотранспортом (г/км)

Тип автомобиля	Тип двигателя	Диоксид углерода	Углеводороды	Оксид азота	Сажа
Легковой	Бензиновый	20	2	3	0,05
Грузовой	Бензиновый	70	8	7	0,15
Грузовой	Дизельный	10	3	6	1
Грузовой	Газовый	30	5	4	<0,05
Автобус	Бензиновый	70	8	7	0,15
Автобус	Дизельный	10	3	6	1
Автобус	Газовый	30	5	4	<0,05

Ход работы.

Задание выполняется группами по 7-8 человек. Каждая группа проводит наблюдения в определенном месте автомагистрали. Пункты наблюдения следует располагать вдали от наиболее загрязненных мест: перекрестков и остановок автотранспорта.

На каждом пункте наблюдения производится оценка улицы по следующим параметрам:

- 1) тип улицы – улица с односторонней или двусторонней застройкой; малоэтажная или многоэтажная застройка; жилые или нежилые строения; отсутствие застройки, парк и др.
- 2) уклон улицы – определяется глазомером;
- 3) скорость ветра, относительная влажность воздуха, температура воздуха (фиксируется по прогнозу погоды на день наблюдения);
- 4) наличие защитной полосы из деревьев, кустарников.

Одновременно на пункте работают два наблюдателя: каждый считает машины, идущие в одном направлении. В заранее подготовленной

таблице наблюдатели отмечают каждую проходящую машины. Продолжительность наблюдения – 1 час. Участники одной группы по очереди проводят наблюдения в своем пункте в разное время суток: утром, днем и вечером (например: с 7 до 8 часов, с 11 до 12 часов, с 15 до 16 часов и с 19 до 20 часов).

Учетная таблица наблюдателя:

ФИО наблюдателя: _____

Место наблюдения _____

Время наблюдения _____

Направление движения транспорта

Тип автомобиля	Тип двигателя	Отметки прохождения автомобиля	Количество автомобилей за час
Легковой	Бензиновый		
Грузовой	Бензиновый		
Грузовой	Дизельный		
Грузовой	Газовый		
Автобус	Бензиновый		
Автобус	Дизельный		
Автобус	Газовый		

По результатам наблюдений суммируется число машин каждого типа и группы, объединяя свои данные, строят сводные графики интенсивности движения автотранспорта в зависимости от времени суток. По оси абсцисс откладывается время суток (в часах), а по оси ординат – количество автомобилей, зафиксированных в данное время. Кривые интенсивности движения строятся отдельно для каждого вида транспорта и для общего количества транспорта.

Далее полученное число машин разных классов и типов двигателей умножается на концентрации загрязняющих веществ, которые они выбрасывают (см. таблицу). Затем данные по разным классам машин суммируются и строятся графики загрязнения окружающей среды автотранспортом. По оси абсцисс откладывается время в часах, а по оси ординат – суммарный выброс загрязняющего вещества автотранспортом на 1 км пробега. Зная протяженность маршрутов транспорта в населенно пункте, можно определить общий выброс различных загрязняющих веществ.

Практическая работа № 7. Расчет поступления загрязняющих веществ с промышленными сточными водами

Задача. Определить количество загрязняющих веществ, поступающее в водные объекты после локальной очистки на промышленном предприятии и дополнительной биологической очистки.

Исходные данные. В каждом варианте доля сточных вод, подвергающаяся очистке, составляет $j = 1,0$, $j = 0,6$, $j = 0,2$. Расчетный период времени - месяц ($t=30$ суток).

№ варианта	Ингредиенты	$C_{ст}$	$Q_{пр}$	$P, \%$	$P_{доп}, \%$
0	Никель	0,16	0,5	50	65
1	Цинк	6,0	0,6	50	75
2	Хром	0,7	0,7	50	65
3	Медь	0,5	0,8	50	70
4	Железо	1,7	0,9	50	65
5	Хлориды	491	0,4	10	15
6	Сульфаты	2000	0,55	5	10
7	Фосфаты	1,1	1,0	30	95
8	СПАВ	17,0	0,65	50	55
9	Нефтепродукты	25,0	0,45	80	98
10	Хлориды	520	0,5	11	16
11	Хлориды	650	0,5	12	20
12	Хлориды	465	0,6	10	21

Промышленные сточные воды, прошедшие очистку на локальных очистных сооружениях, сбрасываются в водные объекты или подвергаются дополнительной биологической очистке на городских очистных сооружениях. Количество загрязняющих веществ, поступающих в водные объекты после локальной очистки или на дополнительную очистку (G_n), определяется по формуле :

$$G_n = C_{ст} \cdot Q_{пр} \cdot j \cdot (1 - P)$$

Где $C_{ст}$ - средняя концентрация вещества в неочищенных сточных водах, $г/м^3$; $Q_{пр}$ - количество сточных вод, $м^3/сут$; j - доля сточных вод, подвергающаяся очистке; P - эффективность локальной очистки, доли единицы; t - расчетный период времени, сут.

Количество сточных вод от предприятия или от отрасли промышленности определяется по формуле:

$$Q_{np} = q_{np} \Pi$$

где q_{np} - удельная норма водоотведения от промышленного предприятия на единицу продукции, m^3 ; Π - план выпуска продукции в натуральных единицах в сутки.

При поступлении сточных вод на дополнительную биологическую очистку на городские очистные сооружения количество загрязняющих веществ, сбрасываемых в водные объекты (C_n'), определяется по формуле:

$$\bar{C}_n = C_n (1 - P_{дон})$$

где $P_{дон}$ - эффективность дополнительной биологической очистки на городских очистных сооружениях, доли единицы.

Практическая работа № 7. Расчет концентрации загрязняющих веществ в районе промышленного предприятия

Целью настоящей работы является ознакомление с методикой расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами точечного источника (в основном из труб промышленных предприятий). Все источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на точечные (например, труба предприятия), плоскостные (свалка) и линейные (автомагистраль).

В ходе проводимых расчетов вначале определяется максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе C_{\max} , которая может быть достигнута при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях (как правило, при опасной скорости ветра U_{\max} и на определенном от источника выбросов расстоянии x_{\max}). Затем определяется концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе на заданном расстоянии x от источника выбросов. Расчет максимальной концентрации C_{\max} (мг/м^3) загрязняющего вещества в воздухе выполняется в соответствии с формулой:

$$C_{\max} = AMFmn\Gamma H^{-2}(V_1\Delta T)^{-1/3}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; Значения коэффициента A для территорий Россия южнее 50° с.ш., Сибири, Дальнего Востока и Казахстана составляет 200.

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

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

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси (ГВС) из источника;

H – высота устья источника над уровнем земли, м;

Γ – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (если территория, на которой расположен источник выбросов, ровная, т.е. перепад высот не превышает 50 м на 1 км, то $\Gamma = 1$; если перепад высот более 50 м, но не превышает 100 м на 1 км, то $\Gamma = 2$; для сильно пересеченной местности $\Gamma = 3$);

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и средней температурой окружающего воздуха в самое жаркое время года T_o , $^\circ\text{C}$ (для Томска значение T_o принимается равным $24,7^\circ\text{C}$);

V_1 – расход газовой смеси ($\text{м}^3/\text{с}$), рассчитываемый по формуле:

$$V_1 = \pi D^2 W_{\text{cp}} / 4 = 0,785 D^2 W_{\text{cp}}, \quad (2)$$

где D – диаметр устья источника выбросов (трубы), м;

W_{cp} – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника, м/с. ($W_{\text{cp}} = 7$ м/сек).

При наличии на предприятии очистных и газоулавливающих сооружений принимают $F = 1$ для всех газообразных веществ, а также для мелкодисперсных веществ (зола, пыль и др.) и $F = 2$ для мелкодисперсных аэрозолей. Если очистные и газоулавливающие сооружения отсутствуют, то $F = 3$.

Коэффициенты m и n определяются в зависимости от параметров r и q , которые рассчитываются по формулам (3) и (4).

$$r = 1000 W_{\text{cp}}^2 D H^{-2} \Delta T^{-1}; \quad (3)$$

$$q = 0,65(V_1 \Delta T / H)^{1/3}. \quad (4)$$

$$m = (0,67 + 0,1r^{1/2} + 0,34r^{1/3})^{-1}, \text{ если } r < 100; \\ m = 1,47r^{-1/3}, \text{ если } r \geq 100. \quad (5)$$

$$n = 0,532q^2 - 2,13q + 3,13, \text{ если } 0,5 \leq q < 2; \\ n = 4,4q, \text{ если } q < 0,5; \\ n = 1, \text{ если } q \geq 2. \quad (6)$$

Определение расстояния x_{\max} (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C ($\text{мг}/\text{м}^3$) достигает максимального значения C_{\max} ($\text{мг}/\text{м}^3$), выполняется с помощью формулы:

$$x_{\max} = 0,25(5 - F)kH; \quad (7)$$

где k – безразмерный коэффициент, рассчитываемый с помощью формул (8) и (9).

$$\text{Для } r < 100: \\ k = 2,48(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } q \leq 0,5; \\ k = 4,95q(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } 0,5 < q \leq 2; \\ k = 7q^{1/2}(1 + 0,28r^{1/3}), \text{ при } q > 2; \quad (8)$$

$$\text{для } r \geq 100: \\ k = 5,7, \text{ при } q \leq 0,5; \\ k = 11,4q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2; \\ k = 16q^{1/2}, \text{ при } q > 2. \quad (9)$$

Основными метеорологическими факторами, влияющими на концентрацию загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, являются скорость и направление ветра. Опасная скорость ветра U_{\max} (м/с), при которой достигается на расстоянии x_{\max} от источника выбросов максимально возможное значение концентрации загрязняющего вещества C_{\max} , определяется по формулам (10) и (11).

$$\text{Для } r < 100: \\ U_{\max} = 0,5, \text{ при } q \leq 0,5;$$

$$\begin{aligned}
 U_{\max} &= q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2; \\
 U_{\max} &= q(1 + 0,12r^{1/2}), \text{ при } q > 2;
 \end{aligned}
 \tag{10}$$

для $r \geq 100$:

$$\begin{aligned}
 U_{\max} &= 0,5, \text{ при } q \leq 0,5; \\
 U_{\max} &= q, \text{ при } 0,5 < q \leq 2; \\
 U_{\max} &= 2,2q, \text{ при } q > 2.
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

При опасной скорости ветра U_{\max} приземная концентрация загрязняющего вещества C в атмосферном воздухе на расстоянии x от источника выбросов рассчитывается по формуле:

$$C = S_1 \cdot C_{\max}, \tag{12}$$

где S_1 - безразмерная величина, зависящая от значения коэффициента F и отношения x/x_{\max} , которое обозначено ниже через α :

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 1,13(0,13\alpha^2 + 1)^{-1}, \text{ при } 1 < \alpha \leq 8; \\
 S_1 &= \alpha(3,58\alpha^2 + 35,2\alpha + 120)^{-1}, \text{ при } F \leq 1,5 \text{ и } \alpha > 8; \\
 S_1 &= (0,1\alpha^2 + 2,17\alpha - 17,8)^{-1}, \text{ при } F > 1,5 \text{ и } \alpha > 8.
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Для низких и приземных источников выбросов, для которых $2 \leq H < 10$, выражение для S_1 имеет вид:

$$S_1 = 0,125[10 - H + (H - 2)S_1^*], \tag{14}$$

где S_1^* определяется по формуле (13*):

$$S_1^* = 3\alpha^4 - 8\alpha^3 + 6\alpha^2, \text{ при } \alpha \leq 1. \tag{13^*}$$

Требования к оформлению отчета:

1. В отчете необходимо привести следующие данные: название предприятия; характеристики источника выбросов (высота и диаметр устья трубы, температура ГВС); характеристики выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ (название, ПДК_{с.с.}, объем выброса); значение опасной скорости ветра U_{\max} ; результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой; конечные результаты (концентрацию каждого из выбрасываемых загрязняющих веществ на расстоянии 500 м от источника выброса и отношение $C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.}$, при этом точность расчета концентрации загрязняющего вещества C_{500} должна соответствовать точности табличного значения его ПДК_{с.с.}).
2. Полученные данные оформить в виде таблицы. Отчет завершить выводами.

Вариант 21. Предприятие «ЭТАЛОН»				
Загрязняющее вещество	M ,	C_{\max} ,	C_{500} ,	$C_{500}/\text{ПДК}_{с.с.}$

(ПДК _{с.с.} , мг/м ³)	г/с	мг/м ³	мг/м ³	
зола (0,5)	0,2	0,005	0,004	0,008
окислы азота (0,04)	2,5	0,060	0,05	1,2
ртуть (0,0003)	0,3	0,007	0,0062	20,7
фенол (0,003)	0,8	0,019	0,017	5,7
H = 29 м; D = 1,4 м; T = 87 °С; ΔT = 62,3 °С; V ₁ = 10,770; r = 1,309; q = 1,852; m = 0,865; n = 1,010; C _{max} = 0,024M; k = 11,975; x _{max} ≈ 347,3 м; U _{max} ≈ 1,8 м; α = 1,440; S ₁ = 0,890.				

Средняя суточная ПДК в атмосфере населенных пунктов

Вещество	ПДК _{с.с.} , мг/м ³
акролеин	0,03
аммиак	0,04
анилин	0,03
ацетон	0,35
бензол	0,1
диоксид серы	0,05
диоксид углерода	3,0
зола	0,5
медь	0,002
никель	0,001
окислы азота	0,04
окись этилена	0,03
оксид углерода	1,0
пропилен	3,0
пыль	0,15
пыль цементная	0,01
ртуть металлическая	0,0003
сажа	0,05
свинец	0,0003
сероводород	0,008
спирт метиловый	0,5
спирт этиловый	5,0
фенол	0,003
формальдегид	0,003
хлор	0,03
хлористый водород	0,2

Характеристики предприятий

№	Предприятия и	Высота	Диаметр	Темпе-	Выброс
---	---------------	--------	---------	--------	--------

	загрязняющие вещества	трубы, м	устья трубы, м	ратура ГВС, °С	вещества, г/с
1	2	3	4	5	6
1	“АСТРА” акролеин окислы азота сажа свинец	11	0,6	95	2,2 1,7 1,1 0,8
2	“БАРЬЕР” акролеин ацетон ртуть фенол	44	1,1	90	12,0 2,7 0,4 7,7
3	“ВЕГА” диоксид серы оксид углерода сажа фенол	33	1,2	100	1,0 1,2 4,8 3,3
4	“ГЛОБУС” аммиак окислы азота сажа фенол	26	2,1	135	3,4 1,6 9,8 0,9
5	“ГРАНИТ” аммиак диоксид углерода зола формальдегид	25	1,0	130	2,9 3,9 3,6 1,8
6	“ЗАРЯ” ацетон ртуть фенол формальдегид	12	1,7	123	1,5 0,2 0,5 2,7
7	“ДИНАМО” акролеин окислы азота ртуть сажа	38	1,2	118	10,0 1,5 0,3 1,7
8	“КАЛИБР” ацетон	21	1,6	115	2,2

	диоксид серы зола фенол				1,6 4,1 1,0
9	“КВАРЦ” аммиак оксид углерода свинец формальдегид	35	1,3	130	3,9 1,5 1,2 2,6
10	“ЛУЧ” акролеин диоксид углерода зола оксид углерода	17	1,8	105	7,9 3,4 3,5 0,9
11	“МЕТЕОР” ацетон диоксид серы сажа свинец	40	1,5	112	2,4 2,1 2,0 1,5
12	“ОМЕГА” аммиак диоксид углерода ртуть формальдегид	19	0,9	120	2,9 3,9 0,4 2,1
13	“ПРОТОН” акролеин зола окислы азота фенол	31	1,2	125	6,3 5,4 2,0 2,6
14	“РЕСУРС” диоксид углерода диоксид серы оксид углерода свинец	23	1,9	105	3,5 2,0 1,8 1,3
15	“РУБИН” ацетон ртуть сажа формальдегид	33	1,1	140	3,1 0,3 12,7 3,0
16	“СИГМА” аммиак диоксид серы	24	1,4	110	3,1 1,8

	окислы азота фенол				1,8 2,9
17	“СПЕКТР” диоксид углерода зола сажа свинец	37	1,6	114	3,9 5,7 14,0 1,8
18	“ТИТАН” акролеин оксид углерода ртуть формальдегид	48	1,3	85	7,4 3,0 0,6 4,1
19	“ТОПАЗ” диоксид углерода окислы азота свинец фенол	27	1,2	97	3,1 2,2 1,4 2,5
20	“ФОТОН” аммиак диоксид серы зола оксид углерода	18	0,8	110	2,8 2,1 3,2 1,9

Примечания к таблице:

- 1) все предприятия расположены в г. Томске, имеют очистные и газоулавливающие сооружения;
- 2) перепад высот на территориях всех предприятий не превышает 50 м на 1 км.

Практическая работа № 8. Определение ПДВ промышленного предприятия

Целью работы является ознакомление с методикой расчетов ПДВ загрязняющих веществ для предприятий (с учетом фоновых концентраций) и минимально допустимой высоты трубы H_{\min} . Работа является продолжением работы № 5, в описании которой имеются необходимые данные.

1. Расчет ПДВ и минимальной высоты источника выбросов предприятия

Расчеты ПДВ и H_{\min} выполняются, как правило, при проектировании предприятия и выборе места его расположения на местности с учетом технологического процесса, а также при планировании изменения технологического процесса, либо при изменении проектных мощностей.

При определении минимальной высоты источника выбросов и установлении предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ необходимо учитывать, что средняя суточная концентрация C_i каждого i -го загрязняющего вещества в приземном слое атмосферы населенных пунктов не должна превышать его предельно допустимой концентрации ПДК $_i$, т.е.

$$C_i \leq \text{ПДК}_i. \quad (1)$$

При наличии фоновое загрязнения атмосферы (оно характеризуется значением C_{ϕ}), которое может возникнуть при расположении на данной территории функционирующих предприятий, уже выбрасывающих в атмосферу аналогичные загрязняющие вещества, необходимо вместо C применять величину $C + C_{\phi}$, т.е.

$$C + C_{\phi} \leq \text{ПДК}_{\text{с.с.}}. \quad (2)$$

Примечание: для зон курортов, мест размещения зон отдыха населения и других территорий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха вместо ПДК $_{\text{с.с.}}$ необходимо применять значение, равное 0,8 ПДК $_{\text{с.с.}}$.

При расчете C_{ϕ} необходимо определить все предприятия, выбрасывающие в атмосферу аналогичные загрязняющие вещества, вычислить расстояние от их источников выбросов (труб) до места планируемого размещения предприятия, для которого устанавливается ПДВ, и по методике, описанной в работе № 1, определить уровень концентрации от имеющихся источников в районе размещаемого предприятия. Полученные значения концентрации для расчетных предприятий будут считаться фоновыми концентрациями загрязняющих веществ в атмосферном воздухе.

Для определения C следует провести расчеты C_{\max} по методике, изложенной в работе № 1, и принять полученное значение за C .

Изменяя значение M в формуле (1) из описания работы № 1 (изменяя массу выбрасываемого в атмосферу вещества), добиться выполнения неравенства (2). Полученное значение выброса (г/с) будет для планируемого предприятия предельно допустимым – в этом случае при размещении предприятия на данной территории с учетом уже имеющих предприятий экологическая обстановка в любой точке территории при любых метеоусловиях будет пригодной для жизни людей.

Для источника выбросов с круглым устьем в случае $C_{\phi} < ПДК_{с.с.}$ можно рассчитать ПДВ (г/с) также с помощью следующей формулы:

$$ПДВ = (V_1 \Delta T)^{1/3} H^2 (ПДК_{с.с.} - C_{\phi}) / AFmn\Gamma. \quad (3)$$

Минимальная высота источника выбросов (трубы), рассчитываемая при проектировании предприятия:

$$H_{\min} = (V_1 \Delta T)^{-1/6} [AMFmn\Gamma / (ПДК_{с.с.} - C_{\phi})]^{1/2}, \quad (4)$$

где V_1 , ΔT , A , F , m , n , Γ , $ПДК_{с.с.}$ – параметры, описанные в работе № 1;

M – объем выбросов, т.е. масса загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу проектируемым предприятием в единицу времени.

Примечания:

1) Если из источника выбрасывается несколько загрязняющих веществ, то за высоту трубы должно приниматься наибольшее из значений H_{\min} , которые определены для каждого вещества в отдельности.

2) Увеличение высоты трубы производится для обеспечения рассеивания с целью соблюдения величины $ПДК_{с.с.}$ в приземном слое атмосферы. При этом не допускается использование на энергетических объектах труб выше 250 м, а на других производствах – более 200 м. Если при расчетах получены значения, превышающие указанные, делается вывод о необходимости пересмотра технологического процесса с целью снижения выбросов в атмосферу, либо (при проектировании предприятия) изменения места расположения предприятия.

2. Задание по работе

1. В варианте сочетания названий предприятий, указанном преподавателем, принять первое предприятие за уже функционирующее, а второе – за проектируемое. Определить для второго предприятия ПДВ и минимальную высоту трубы с учетом фоновой концентрации, создаваемой первым предприятием.

2. Расчет конкретного варианта выполнить по тем загрязняющим веществам, которые совпадают в выбросах обоих предприятий.

3. Расстояние между 1-м и 2-м предприятиями принять равным 3000 м.

4. Сделать выводы на основе анализа полученных результатов.

5. Представить отчет по работе.

3. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные: номер варианта с указанием сочетания названий предприятий; результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой; конечные результаты.

2. Полученные данные оформить в виде таблицы в соответствии с образцом (проектируемое предприятие – «ДИНАМО»):

Вариант 21. «ЭТАЛОН» + «ДИНАМО»					
Загрязняющее вещество	$C_{\text{ф}}$, мг/м ³	C_{max} , мг/м ³	ПДВ, г/с	М/ПДВ	H_{min} , м
окислы азота	0,00072	0,03928	2,47	0,6	29,6
ртуть	0,000084	0,000216	0,0136	22,0	178,6
«ЭТАЛОН» $\alpha = 8,639$; $S_1 = 0,012$.	«ДИНАМО» $\Delta T = 93,3 \text{ }^\circ\text{C}$; $V_1 = 7,913$; $m = 1,006$; $n = 1,032$; $M(\text{окислы азота}) = 1,5 \text{ г/с}$; $M(\text{ртуть}) = 0,3 \text{ г/с}$.				

3. Отчет завершить выводами.

4. Таблица вариантов выполнения расчетов:

№	Сочетание предприятий	№	Сочетание предприятий
1.	«АСТРА» + «ГЛОБУС»	11.	«МЕТЕОР» + «КАЛИБР»
2.	«БАРЬЕР» + «ЗАРЯ»	12.	«ОМЕГА» + «РУБИН»
3.	«ВЕГА» + «МЕТЕОР»	13.	«ПРОТОН» + «КАЛИБР»
4.	«ГЛОБУС» + «ДИНАМО»	14.	«РЕСУРС» + «ВЕГА»
5.	«ГРАНИТ» + «ФОТОН»	15.	«РУБИН» + «ЗАРЯ»
6.	«ЗАРЯ» + «ТИТАН»	16.	«СИГМА» + «ТОПАЗ»
7.	«ДИНАМО» + «ПРОТОН»	17.	«СПЕКТР» + «МЕТЕОР»
8.	«КАЛИБР» + «ФОТОН»	18.	«ТИТАН» + «РУБИН»
9.	«КВАРЦ» + «РЕСУРС»	19.	«ТОПАЗ» + «ГЛОБУС»
10.	«ЛУЧ» + «СПЕКТР»	20.	«ФОТОН» + «РЕСУРС»

Практическая работа № 9. Определение санитарно-защитной зоны промышленного предприятия

Целью работы является определение границ санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ) и графическое изображение контуров зоны в зависимости от розы ветров. Работа является продолжением работы № 5, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

1. Определение границ санитарно-защитной зоны предприятия

Размеры СЗЗ в зависимости от розы ветров определяются по формуле $L = xP/P_0$, где L – расстояние от источника выбросов до границы СЗЗ в рассчитываемом румбе (направлении ветра) розы ветров, м (значения L , как правило, различаются для ветров разных направлений);

x – расстояние до участка местности в данном направлении, где концентрация загрязняющего веществ равна 1 ПДК_{с.с.} (рассчитывается при $1 < x/x_{\max} \leq 8$), м;

P – среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P_0 – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, % (например, при восьмирумбовой розе ветров $P_0 = 12,5\%$.)

Примечание: для Томской области имеет место следующая повторяемость направлений ветров:

Ю– 9 %; С – 37 %; Ю-В – 10 %; С-З–16 %; В – 8 %;
З– 6 %; С-В–8 %; Ю-З – 6 %.

При расчетах следует оценить границу зоны, на которой уровень концентрации равен 1 ПДК_{с.с.} для каждого из загрязняющих веществ, выбрасываемых точечными источниками данного предприятия. Из полученных оценок выбрать наибольшую, приняв ее за границу санитарно-защитной зоны предприятия.

2. Задание по работе

1. Для источника выбросов предприятия, указанного преподавателем, необходимо рассчитать расстояние до границы санитарно-защитной зоны, используя при этом восьмирумбовую розу ветров.

2. Расчеты выполнить для всех загрязняющих веществ, выбрасываемых указанным предприятием.

3. Результаты расчетов изобразить графически, отмерив в масштабе на векторах каждого направления ветра (Ю, Ю-В, В, С-В, С, С-З, З, Ю-З) расстояние, на котором достигается концентрация каждого из выбрасываемых загрязняющих веществ, равная 1 ПДК_{с.с.}. Полученные для каждого из веществ точки соединить замкнутой ломаной линией.

4. На чертеже, представляемом для отчета, следует показать окончательные контуры СЗЗ.

5. Сделать выводы по результатам данной работы. (Например, если выяснится, что максимально возможные концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ $C_{\max} < 1$ ПДК_{с.с.}, делается заключение о том, что СЗЗ не нужна.)

6. Представить отчет по работе с рисунком и выводами.

3. Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо представить следующие данные: номер варианта с указанием названия предприятия; характеристики его источника выбросов; результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой; конечные результаты представить в виде таблицы по следующему образцу:

Вариант № 21. Предприятие «ЭТАЛОН»				
Характеристика	Загрязняющее вещество			
	зола	окислы азота	фенол	ртуть
ПДК _{с.с.} , мг/м ³	0,5	0,04	0,003	0,0003
C _{max} , мг/м ³	0,005	0,060	0,019	0,007
X _{max} , м	47,275	347,275	347,275	347,275
x, м	–	801,947	368,855	4844,902
L _Ю , м				3488,3
L _{Ю-В} , м				3875,9
L _В , м				3100,7
L _{С-В} , м				3100,7
L _С , м				14340,9
L _{С-З} , м				6201,5
L _З , м				2325,6
L _{Ю-З} , м				2325,6
$P_{Ю}/P_0 = 0,72;$ $P_{Ю-В}/P_0 = 0,80;$ $P_В/P_0 = 0,64;$ $P_{С-В}/P_0 = 0,64;$ $P_С/P_0 = 2,96;$ $P_{С-З}/P_0 = 1,28;$ $P_З/P_0 = 0,48;$ $P_{Ю-З}/P_0 = 0,48.$				

Проверочные работы по прикладной экологии

Проверочная работа № 1. Современное состояние и охрана атмосферы: проверочная работа

1. В атмосфере Земли содержится 20,95%:
А) азота Б) кислорода В) углекислого газа
Г) углеводов Д) аргона
2. Парниковый эффект, вызванный увеличением в атмосфере углекислого газа, приводит:
А) к понижению температуры нижних слоев атмосферы;
Б) к повышению температуры нижних слоев атмосферы
В) к таянию снегов и затоплению низменных участков земли;
Г) к отравлению организмов;
Д) к увеличению радиационного фона Земли.
3. Какова причина возникновения озоновых дыр?
А) увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа;
Б) увеличение выбросов в атмосферу пыли;
В) увеличение выбросов в атмосферу фреонов;
Г) уменьшение в атмосфере доли кислорода.
4. Назовите газ атмосферы Земли, доля которого наиболее заметно увеличивается вследствие деятельности человека.
5. Доля какого газа в атмосфере Земли по вине человека наиболее заметно уменьшается?
А) аргона (Ar); Б) кислорода (O₂);
В) диоксида углерода (CO₂); Г) диоксида азота (NO₂);
Д) диоксида серы (SO₂).
6. На Земле кислород расходуется (связывается) в ходе следующих процессов:
А) горения; Б) брожения; В) окисления;
Г) дыхания; Д) разложения; Е) восстановления.
7. Объясните, почему в черте города заболеваемость деревьев выше, а продолжительность их жизни меньше, чем в близлежащей сельской местности.
8. Выберите правильное утверждение.
Озоновый слой находится:
А) в нижнем слое атмосферы Б) в верхнем слое атмосферы;
В) в верхнем слое океана; Г) на глубине океана.

9. Объясните, почему в крупных городах главные автомагистрали необходимо проектировать параллельно, а не поперек направлению ветров.

10. Заполните таблицу «Основные загрязнители воздуха и их воздействие на природу и человека». В центральную колонку впишите основные источники загрязнения атмосферы (выбрать из списка), в правой колонке опишите опасность, которую представляют эти вещества для природы и человека.

Источники: транспорт; цементные заводы; аварии на атомных реакторах; сжигание органического топлива (уголь, сланцы, нефтепродукты, торф); производство атомного оружия; производство железа, меди, серной кислоты, азотной кислоты; взрывы атомных и водородных бомб.

Основные загрязнители воздуха и их воздействие на природу и человека

загрязняющие вещества	Источники	Последствия
Оксиды углерода (CO, CO ₂)		
Оксиды серы (SO ₃ , SO ₂)		
Оксиды азота (NO ₃ , NO ₂)		
Взвешенные вещества (пыль, сажа)		
Радиоактивные вещества		

11. Дайте прогноз состояния окружающей среды при повышении и при понижении концентрации углекислого газа в атмосфере.

12. Расчеты, проведенные учеными, говорят о том, что в ближайшие 150-180 лет количество атмосферного кислорода сократится на одну треть по сравнению с его современным содержанием. Перечислите виды человеческой деятельности, которые способствуют сокращению доли кислорода в атмосфере.

13. Растительность Западной Европы, северо-востока США и некоторых других районов земного шара вырабатывает значительно (во много раз) меньше кислорода, чем его потребляют промышленность и гетеротрофные организмы, обитающие на этих территориях. Объясните, почему на этих территориях сохраняется жизнь? Что произойдет, если подобное соотношение потребления и воспроизводства кислорода будет на большей части земли?

14. Накопление в атмосфере парниковых газов является опасным для всех стран. Выберите из списка одну первоочередную природоохранную задачу для экономически развитой Германии и другую – для экономически слабо развитой Эфиопии, выполнение которых будет способствовать ослаблению парникового эффекта.

- А) запретить охоту;
- Б) прекратить строительство промышленных теплиц по выращиванию овощей;
- В) прекратить уничтожение лесов;
- Г) уменьшить сжигание нефтепродуктов;
- Д) уменьшить поступление в атмосферу фреонов;
- Е) противостоять процессу роста городов.

Объясните свой выбор.

15. Некоторые ученые предполагают, что к 2025 году повышение средней глобальной температуры составит 2,5 градуса, а к 2050 – 3-4 градуса. Опишите последствия для России.

16. Наименее устойчивы против газов и пыли сосна и ель, в то время как лиственница и лиственные породы – более устойчивы. Объясните, с чем это связано.

17. Рассмотрите таблицу. Предложите самые неотложные природоохранные меры по уменьшению загрязнения атмосферы Москвы.

Доля участия разных отраслей хозяйства в загрязнении атмосферы Москвы

Наименование отрасли	Доля от общего загрязнения атмосферы
Автотранспорт	77
Мосэнерго	13
Химнефтепром	3,5
Мосстройкомитет	1,1
Минпром РФ	0,6
Прочие	4,8

Проверочная работа № 2. Рациональное использование и охрана водных ресурсов: проверочная работа

1. Расшифруйте аббревиатуры: ПАВ, СМС, ГЭС, ТЭС, АЭС, ПДС, ПДК.
2. Человек забирает из водоемов много воды на хозяйственные нужды. Установлены допустимые нормы водозабора, составляющие 1/25 годового речного стока. Из Волги на различные нужды хозяйства забирают 1/6 часть годового речного стока. Рассчитайте, во сколько раз превышает норму водозабор воды из Волги. К каким последствиям это приводит?
3. Перечислите отрасли хозяйства – основные потребители пресной воды.
4. Во льдах Гренландии, датированных 800 годом до н.э., содержится 0,0004 микрограмма свинца на 1 кг льда. Лды, образовавшиеся в 1753 году, содержат свинца в 25 раз больше, а образовавшиеся в 1969 году содержат 0,2 микрограмма свинца на 1 кг льда, то есть в 500 раз больше. Объясните, как свинец попадает во льды Гренландии и почему содержание свинца во льдах растет.
5. Перечислите отрасли хозяйства, загрязняющие поверхностные и подземные воды в наибольшей степени.
6. Известно, что составляющие нефть вещества в воде в основном нерастворимы и по сравнению с другими загрязнителями слаботоксичны. Объясните, почему же загрязнение вод нефтепродуктами считается одним из самых опасных.
7. Ежегодно вследствие аварий на нефтепроводах и танкерах, промышленных и транспортных выбросов, мойки автомашин, судов, цистерн и трюмов танкеров в Мировой океан попадает 14 миллионов тонн нефти. Один грамм нефти или нефтепродуктов способен образовать пленку на площади 10 квадратных метров водной поверхности. Определите площадь ежегодного загрязнения Мирового океана.
8. Как вы считаете, что надо сделать, чтобы уменьшить нефтяное загрязнение вод и суши?
9. Зимой для таяния ледяной корки на дорогах используется соль. Это способствует значительному сокращению дорожно-транспортных происшествий. Опишите, какие изменения

- происходят в водоемах и в почве рядом с дорогой. Как и почему может измениться состояние деревьев и травы и придорожной зоне?
10. Собранный на дорогах города снег дорожные службы вывозят. Куда можно вывозить и выгружать этот снег, учитывая экономические и экологические последствия (на поле, в реку или озеро, в специально вырытый котлован, в любое место)? Обоснуйте свой ответ.
 11. Озеро находится в сельской местности, промышленных предприятий вокруг нет. Можно ли быть уверенными в том, что воды этого озера не содержат вредных веществ?
 12. Укажите, где накапливаются уносимые с полей химические вещества, применяемые в сельском хозяйстве. Объясните, почему химические вещества, которые используются для обработки полей, обнаруживают в рыбе, выловленной в ближайшем пруду (озере, реке).
 13. Часто вдоль одной стороны дороги, проходящей через лес, можно заметить гибель деревьев и заболачивание почвы. Объясните, почему это происходит. Как можно предотвратить этот процесс при строительстве дорог?
 14. Сплав деревьев по рекам экономически очень выгоден, не надо строить дороги, использовать дорогостоящую технику, расходовать топливо и др. Объясните, почему экологи против такого сплава, особенно если деревья не связываются в плоты, а сплавляются поодиночке? Почему в таких реках исчезает рыба и другие водные организмы?
 15. Опишите, в чем преимущество замкнутых технологий использования воды по сравнению со строительством совершенных очистных сооружений.
 16. Океан – обширная саморегулирующаяся система, удаленная от населенных территорий. Как вы считаете, целесообразно ли использовать его для захоронения основной массы радиоактивных и других опасных отходов? Обоснуйте свою точку зрения.
 17. В 1947 году Тур Хейердал на плоту «Кон-Тики» за 101 сутки проплыл около 8 тысяч км в Тихом океане. Океан был чист и прозрачен. В 1969 году, дрейфуя на парусной лодке «Ра», путешественник и его спутники были потрясены тем, до какой

степени загрязнен Атлантический океан: они обгоняли пластиковые сосуды, изделия из нейлона, консервные банки, пустые бутылки и т.д. Но особенно часто они наблюдали мажущие пятна. Как вы думаете, если бы Тур Хейердал в 1969 году повторил путешествие в Тихом океане, увидел бы он его таким же чистым и прозрачным, как в 1947 году и почему? Возможно ли такое положение, когда воды одного океана сильно загрязнены, а другого остаются чистыми и почему?

Тесты по прикладной экологии

Тест № 1. Современный экологический кризис и промышленная экология

1. Как изменилось воздействие человека на окружающую среду в эпоху НТР?
 - А) возросло
 - Б) уменьшилось
 - В) не изменилось
2. Как можно назвать современный экологический кризис?
 - А) кризис консументов
 - Б) кризис продуцентов
 - В) кризис редуцентов
3. Какие основные экологические проблемы связаны с бурным развитием промышленности в эпоху НТР?
 - А) истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды
 - Б) сокращение площади естественных экосистем и парниковый эффект
 - В) кислотные дожди и снижение биоразнообразия
4. Когда появилась промышленная экология?
 - А) во второй половине XIX века
 - Б) в первой половине XX века
 - В) во второй половине XX века
5. Что является предметом изучения промышленной экологии?
 - А) экосистемы
 - Б) природно-технические и природно-техногенные системы

В) социозкосистемы

6. Какие три направления, связанные с временной шкалой, развиваются в промышленной экологии. Дать краткую характеристику каждого направления.

7. Что является глобальной целью промышленной экологии?

А) обеспечение устойчивого развития человеческого общества

Б) разработка нормативов воздействия промышленных предприятий на окружающую среду

В) разработка безотходных технологий

8. Указать три основные задачи, которые должна решить промышленная экология для достижения глобальной цели.

9. Какой природный процесс является наиболее энергоемким?

А) синтез органических веществ из неорганических

Б) разложение органики и возвращение ее в биологический круговорот

В) перевод органического вещества из одной формы в другую

10. Какой хозяйственный процесс является наиболее энергоемким в настоящее время?

А) производство

Б) переработка отходов

В) транспортировка сырья

11. Какая доля материальных ресурсов переходит в отходы в процессе промышленного производства?

А) 20%

Б) 50%

В) 90%

12. Какое изобретение положило начало промышленной революции в истории человечества?

А) изобретение колеса

Б) создание паровой машины

В) разработка двигателя внутреннего сгорания

13. Как меняется ассортимент используемых минеральных ресурсов с развитием промышленности?

А) значительно возрастает

Б) незначительно возрастает

В) снижается

Тест № 2. Экологические проблемы энергетики

1. Что является возобновимым источником энергии?
А) уголь
Б) ядерное горючее
В) солнечное излучение
2. Что является невозобновимым источником энергии?
А) энергия ветра
Б) геотермальная энергия
В) нефть
3. Использование каких источников энергии сопровождается дополнительным нагревом окружающей среды?
А) невозобновимые источники
Б) возобновимые источники
В) оба вида источников
4. На каких электростанциях используется энергия движущейся воды?
А) ГЭС Б) АЭСВ) ТЭС
5. Наибольшее загрязнение атмосферы по объему выбросов происходит в результате деятельности предприятий:
а) цветной металлургии
б) черной металлургии
в) теплоэнергетики
6. Наиболее экологичным топливом является:
а) нефть б) газ в) уголь
7. Основным источником электроэнергии в настоящее время является?
А) уголь Б) нефть В) газ
8. Какое вещество является главным загрязнителем атмосферы при сжигании природного газа?
А) оксиды азота Б) оксиды серы
В) тяжелые металлы
9. Величина СЗЗ АЭС по нормативам составляет?
А) 10 км Б) 50 км В) 35 км
10. С чем связано основное воздействие ГЭС на окружающую среду?
А) с загрязнением атмосферы Б) с созданием водохранилищ
В) с тепловым загрязнением

Тест № 3. Обращение с отходами. Очистка промышленных выбросов и сбросов

1. Как изменяется в настоящее время количество бытовых отходов в расчете на одного человека?
 - А) количество отходов возрастает
 - Б) количество отходов не изменяется
 - В) количество отходов снижается
2. В каких типах зданий образуется большее количество бытовых отходов в расчете на одного человека?
 - А) в новых благоустроенных зданиях
 - Б) в старых неблагоустроенных зданиях
 - В) различия незначительны
3. В каких отраслях промышленности образуется наибольшее количество твердых отходов?
 - А) химическая и нефтехимическая промышленность
 - Б) легкая и пищевая промышленность
 - В) угольная промышленность и металлургия
4. Какие отходы относятся к разряду токсичных?
 - А) отходы, способные повредить живым организмам (канцерогенные, мутагенные, ядовитые)
 - Б) отходы с резким неприятным запахом
 - В) легко воспламеняющиеся и взрывчатые отходы
5. Как изменилось количество токсичных отходов за последние годы?
 - А) возросло
 - Б) уменьшилось
 - В) не изменилось
6. Что такое «химическая ловушка»?
 - А) полигон для хранения ТБО (твердых бытовых отходов)
 - Б) старые захоронения опасных отходов
 - В) несанкционированная свалка
7. Кто обязан принимать меры по обезвреживанию ПО и ТБО согласно закону РФ «Об охране окружающей природной среды»?
 - А) местные органы власти
 - Б) предприятия и организации

- В) граждане
 - Г) все вышеперечисленные субъекты
8. Следует ли получать государственную лицензию для того, чтобы работать в сфере обращения с отходами?
- А) да, обязательно
 - Б) только для некоторых видов отходов
 - В) не обязательно
9. Какие объекты включаются в государственный кадастр отходов?
- А) полигоны для твердых отходов
 - Б) локальные очистные сооружения промышленных предприятий
 - В) мусоропроводы в зданиях
10. Какой метод транспортировки позволяет наиболее оперативно удалять быстро разлагающиеся бытовые отходы?
- А) сбор в специальные контейнеры с последующим вывозом
 - Б) пневматическое удаление мусора из мусоропроводов
 - В) дробление и сплав в канализацию
11. Что такое неконтролируемая свалка?
- А) полигон для ТБО, на работу которого не получена лицензия
 - Б) специально отведенный отгороженный участок земли
 - В) территория вокруг городских мусоросборников
12. С чем связана наибольшая опасность при сжигании мусора на неконтролируемых свалках?
- А) возможность образования диоксинов
 - Б) неприятный запах
 - В) снижение видимости из-за попадания в атмосферу дыма и твердых частиц
13. Чем опасен метан, который образуется при анаэробном разложении отходов в могильниках?
- А) метан токсичен, он отравляет атмосферу и к тому же обладает неприятным запахом
 - Б) метан обладает канцерогенным и мутагенным действием
 - В) распространяясь в почве, метан губит растительность, а также может вызвать разрушение зданий

14. Какие отходы можно компостировать с последующим использованием в сельском хозяйстве?
 - А) любые
 - Б) органические
 - В) токсичные
15. При каких условиях оправдано сжигание отходов?
 - А) при высоких температурах (не менее 1000 градусов)
 - Б) вдали от населенных пунктов
 - В) если отходящие газы подвергаются очистке, а тепловая энергия эффективно используется
16. Какой способ используется для получения биогаза из органических отходов?
 - А) анаэробное сбраживание с участием микроорганизмов
 - Б) окисление при высоких температурах
 - В) химические реакции с участием катализаторов
17. Какой участок более подходит для размещения полигона опасных отходов?
 - А) заболоченный
 - Б) с песчаными почвами
 - В) с глинистыми почвами
18. Какие технологии признаны наиболее перспективными для сегодняшнего дня?
 - А) традиционные
 - Б) полностью безотходные
 - В) малоотходные
19. Какие виды контроля в сфере обращения с отходами предусматривает законодательство РФ?
 - А) государственный контроль
 - Б) производственный контроль
 - В) общественный контроль
 - Г) все вышеперечисленное
20. Какой способ защиты атмосферного воздуха от промышленных выбросов представляется наиболее радикальным?
 - А) экологизация технологических процессов
 - Б) очистка выбросов от вредных примесей
 - В) рассеивание выбросов в атмосфере

21. Какие устройства обеспечивают наиболее высокий уровень очистки газообразных выбросов от мельчайших частиц пыли?
- А) пылеосадительные камеры
 - Б) скрубберы
 - Г) электрофильтры
22. На каком принципе основан метод абсорбции?
- А) поглощение вредных газообразных выбросов жидким поглотителем
 - Б) извлечение вредных компонентов из промышленных выбросов с помощью особых твердых веществ с микропористой структурой
 - В) превращение токсичных веществ в менее токсичные с помощью катализатора
23. Какой метод используют для удаления углеводородов из газообразных выбросов?
- А) высокотемпературное сжигание (термический метод)
 - Б) фильтрация (электрические фильтры)
 - В) производство биогаза.
24. Как изменяется состав выхлопных газов при переводе автомобилей на сжиженный газ?
- А) в 10 раз снижается количество оксидов серы
 - Б) в 3-4 раза снижается количество оксида углерода
 - В) в 5 раз снижается количества соединений свинца.
25. Какое значение имеют локальные очистные сооружения для очистки промышленных сточных вод?
- А) сточные воды освобождаются от взвешенных частиц и специфических токсичных компонентов
 - Б) сточные воды освобождаются от взвешенных органических соединений
 - В) сточные воды обогащаются кислородом
26. Что такое биологическая очистка сточных вод?
- А) окисление органических веществ с участием микроорганизмов
 - Б) анаэробное сбраживание органических соединений
 - В) каталитическое окисление органических компонентов сточных вод
27. С какой целью производят обеззараживание сточных вод?

- А) уменьшение токсичности компонентов
Б) разложение диоксинов
В) уничтожение опасных микроорганизмов
28. Какие устройства используются для механической очистки сточных вод?
А) адсорберы Б) отстойники В) чашки Петри
29. Как называется процесс извлечения из сточных вод взвешенных загрязнений в результате прилипания к пузырькам газа, пропускаемого через очищаемую жидкость?
А) адсорбция Б) флотация В) нейтрализация
30. Какой метод очистки сточных вод относится к группе физико-химических методов?
А) нейтрализация Б) отстаивание В) коагуляция.

Вопросы к зачету по прикладной экологии

1. Прикладная экология как наука, ее цель и задачи
2. Связь прикладной экологии с другими науками и с практической деятельностью человека
3. Разделы и методы прикладной экологии
4. История природоохранной деятельности
5. Антропогенные воздействия на окружающую среду, их классификация
6. Понятие загрязнения, виды загрязнений
7. Нормирование состояния окружающей среды
8. Антропогенные воздействия на атмосферу
9. Парниковый эффект
10. Разрушение озонового слоя
11. Кислотные осадки
12. Состояние воздуха в городах
13. Нормирование состояния атмосферного воздуха, разработка нормативов ПДК
14. Защита атмосферного воздуха от загрязнений
15. Разработка нормативов ПДВ
16. Антропогенные воздействия на гидросферу
17. Нефтяные загрязнения мирового океана
18. Нормирование состояния гидросферы
19. Защита гидросферы от загрязнений
20. Разработка нормативов ПДС
21. Антропогенные воздействия на литосферу и на почву
22. Агрэкология
23. Нормирование состояния почв
24. Защита почв от антропогенных воздействий
25. Типы ландшафтов и особенности их использования
26. Природно-техногенные системы и их свойства
27. Урбэкология и проблемы урбанизации
28. Экологические проблемы городов
29. Климат города
30. Влияние городов на окружающую среду

Литература

1. Адам А. М., Мамин Р. Г. Природные ресурсы и экологическая безопасность Западной Сибири. – М.: ПОЛТЕКС, 2000. – 142 с.
2. Гридэл Т.Е., Алленби Б.Р. Промышленная экология: Учебное пособие для ВУЗов / Пер. с англ. Под редакцией проф. Гирусова Э.В. – М.: ЮНИТИ – ДАНА, 2004. – 527 с.
3. Гринин А.С., Новиков В.Н. Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка. – М: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
4. Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. – Ростов- на-Дону: Феникс, 2003.
5. Мазур И.И., Молдаванов О.И. Курс инженерной экологии. – М: Высшая школа, 1999. – 447 с.
6. Розанов С. И. Общая экология, 2003.
7. Трифонов Т. А., Селиванова Н. В., Мищенко И. В. Прикладная экология. – М.: Академический проект: Традиция, 2005. – 384 с.
8. Хван Т.А. Промышленная экология. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. - 320 с.
9. Экология / ред. Денисов В. В. – Ростов-на-Дону, 2002.