

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра химической технологии твердого топлива

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Методические материалы
для студентов специальности СПО
38.02.01 Экономика и бухгалтерский учет
(по отраслям)

Составители Е. С. Ушакова
А. Г. Ушаков

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 8 от 02.04.2019
Рекомендованы к изданию
цикловой методической комиссией
математических и естественнона-
учных дисциплин
Протокол № 1 от 26.08.2019

Электронная версия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА.....	2
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	3
Практическое занятие 1. Изучение методики подсчета срока истощения невозобновимых ресурсов.....	3
Практическое занятие 2. Классификация природных ре- сурсов.....	6
Практическое занятие 3. Определение количества антро- погенных загрязнений, попадающих в окружающую среду в результате работы автотранспорта.....	8
Практическое занятие 4. Определение качества воды.....	29
Практическое занятия 5. Нормирование качества окру- жающей среды.....	50
Практическое занятия 6. Охрана атмосферного воздуха...	61
Практическое занятия 7. Экологические издержки производства и пути их сокращения.....	77
Практическое занятия 8. Международное сотрудниче- ство в решении проблем природопользования.....	77
Практическое занятия 9. Изучение Федеральных законов «Об охране окружающей среды», «О санитарно- эпидемиологическом благополучии населения».....	82
Критерии оценивания.....	84
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬ- НОЙ РАБОТЕ.....	85
Темы для самостоятельного изучения.....	85
Критерии оценки самостоятельных работ.....	85
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	86

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания разработаны в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Экологические основы природопользования».

Самостоятельная работа студентов представляет собой теоретические задания, вошедшие в программу по дисциплине «Экологические основы природопользования», выполняется в виде конспекта по предлагаемой тематике. Выполнение заданий по самостоятельной работе является обязательным, производится в отдельных тетрадях, которые проверяются как отчетный материал студента.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1. ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДИКИ ПОДСЧЕТА СРОКА ИСЧЕРПАНИЯ НЕВОЗОБНОВИМЫХ РЕСУРСОВ

Цель: ознакомиться с методикой подсчета времени исчерпания природного ресурса.

Краткий теоретический материал

Ресурсы могут быть классифицированы как вечные, возобновимые и невозобновимые. Вечные ресурсы, такие как солнечная энергия, действительно неисчерпаемы с точки зрения истории человечества. Возобновимые ресурсы в нормальных условиях восстанавливаются в результате природных процессов. Примерами могут служить деревья в лесах, дикие животные, пресные воды поверхностных водотоков и озер, плодородные почвы и др.

Невозобновимые, или исчерпаемые, ресурсы существуют в ограниченных количествах (запасах) в различных частях земной коры. Примерами являются нефть, уголь, медь, алюминий и др. Они могут быть истощены как потому, что не восполняются в результате природных процессов (медь и алюминий), так и потому, что их запасы восполняются медленнее, чем происходит их потребление (нефть, уголь).

Невозобновимые ресурсы считаются экономически истощенными, когда выработаны 80 % их оцененных запасов. По достижении этого предела разведка, добыча и переработка остающихся запасов обходится дороже рыночной цены.

Ход работы

Оцените срок исчерпания природного ресурса, если известен уровень добычи ресурса в текущем году, а потребление ресурса в последующие годы будет возрастать с заданной скоростью прироста ежегодного потребления.

Исходные данные для выполнения работы представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1

Данные для расчета срока исчерпания ресурса

Вариант	Ресурс	Запас ресурса Q, млрд т	Добыча ресурса q, млрд т/год	Прирост объема потребления ресурса TP, % в год
1.	Каменный уголь	6800	3,9	2
2.	Природный газ	280	1,7	1,85
3.	Нефть	250	3,5	2
4.	Fe	12	0,79	2,5
5.	P	40	0,023	1,8
6.	Cu	0,6	0,008	1,7
7.	Zn	0,24	0,006	1,3
8.	Pb	0,15	0,004	2,2
9.	Al	12	0,016	1,6
10.	U	300	0,2	2
11.	Каменный уголь	6000	3,5	2,2
12.	Природный газ	200	1,5	1,8
13.	Нефть	240	1,5	1,8
14.	Fe	10	0,7	2,0
15.	P	30	0,02	1,5
16.	Cu	0,5	0,006	1,5
17.	Zn	0,2	0,004	1,2
18.	Pb	0,1	0,002	2,0
19.	Al	10	0,014	1,5
20.	U	250	0,1	1,5
21.	Каменный уголь	7000	4,0	2,5
22.	Природный газ	300	2,0	2,0
23.	Нефть	300	3,6	2,5
24.	Fe	15	0,82	3,0
25.	P	45	0,025	2,0

Для расчета воспользуйтесь формулой суммы членов ряда геометрической прогрессии:

$$Q = \frac{((1 + TP/100)^t - 1)q}{TP/100},$$

где Q – запас ресурсов;

q – годовая добыча ресурса;

TP – прирост потребления ресурса;

t – число лет.

Логарифмирование выражения для Q дает следующую формулу для расчета срока истощения ресурса:

$$t = \frac{\ln ((Q \cdot TP)/(q \cdot 100) + 1)}{\ln (1 + TP/100)}.$$

Рассчитайте время истощения приведенных в таблице ресурсов.

Сделайте вывод о последовательности прекращения добычи ресурсов.

Контрольные вопросы

1. Дайте общую характеристику природным ресурсам.
2. Какое значение для развития цивилизации имеют запасы полезных ископаемых?
3. В чем опасность истощаемости природных ресурсов?
4. Каковы пути сокращения потерь сырья при добыче, обогащении, обработке, транспортировке? Приведите конкретный пример.
5. Рассмотрите карту вашего региона. Установите, какие полезные ископаемые здесь добываются, в чем состоят основные меры по их охране?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2.

КЛАССИФИКАЦИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Цель: ознакомиться с классификацией природных ресурсов.

Краткий теоретический материал

Природные ресурсы – это компоненты природы, которые на данном уровне развития производительных сил используются или могут быть использованы в качестве средств производства (предметов и средств труда) и предметов потребления.

Природные ресурсы классифицируют:

1. по происхождению:

1.1. ресурсы природных компонентов:

- минеральные;
- климатические;
- водные;
- растительные;
- земельные;
- почвенные;
- животного мира;

1.2. ресурсы природно-территориальных комплексов:

- горнопромышленные;
- сельскохозяйственные;
- водохозяйственные;
- лесохозяйственные;
- рекреационные;
- и др.

2. по видам хозяйственного использования:

2.1. ресурсы промышленного производства:

- энергетические;
- неэнергетические;

2.2. ресурсы сельскохозяйственного производства:

- агроклиматические;
- почвенно-земельные ресурсы;
- растительные кормовые;

- водные ресурсы.

3. по признаку истощаемости:

2.1 *истощаемые ресурсы:*

- невозобновляемые;
- возобновляемые ресурсы;
- относительно возобновляемые;

3.2. *неистощаемые ресурсы:*

- климатические ресурсы;
- водные ресурсы планеты.

4. по оценочной стоимости

4.1. *культивируемые природные ресурсы в составе основного капитала;*

4.2. *некультивируемые природные ресурсы в составе непроданных материальных активов:*

- земля;
- богатства недр;
- невыращиваемые биологические активы;
- водные ресурсы;
- климатические ресурсы.

5. по кратности использования

- ресурсы однократного использования;
- ресурсы многократного использования.

6. по степени изученности

- ресурсы достоверно изученные;
- ресурсы мало изученные;
- ресурсы гипотетические.

Ход работы

1. Изучить вопрос темы по учебной литературе.

2. Изучить классификации природных ресурсов, представленные в общих положениях данных методических указаний, найти определение и привести конкретные примеры.

3. Подготовить сообщение в группе о составных компонентах генетической классификации природных ресурсов в соответствии с вариантом задания (таблица 2.1).

4. Составление и защита отчета.

Таблица 2.1

Варианты индивидуальных заданий

Вариант	Природный ресурс	Вариант	Природный ресурс
1	Солнечная энергия	6	Полезные ископаемые (металлические)
2	Наземная растительность	7	Ландшафты
3	Атмосфера	8	Полезные ископаемые (неметаллические)
4	Животный мир	9	Почва
5	Гидросфера	10	Полезные ископаемые (каустобиолиты)

Контрольные вопросы

1. Что такое природные ресурсы?
2. При каких условиях тела и явления природы выступают в качестве определенного природного ресурса?
3. Какие объекты природной среды входят в генетическую классификацию?
4. Какие виды классификаций природных ресурсов вы знаете?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА АНТРОПОГЕННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ, ПОПАДАЮЩИХ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ В РЕЗУЛЬТАТЕ РАБОТЫ АВТОТРАНСПОРТА

Цель: ознакомить студентов с расчетом количества вредных выбросов от автотранспорта и с методами защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта.

Краткий теоретический материал

Один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг оксида углерода, около 400 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов.

Передвижные источники загрязнения пространственно сосредоточены по территории города и расположены в непосредственной близости к жилым районам, что создает общий повышенный фон загрязнения. Они располагаются невысоко от земной поверхности, в результате чего отработавшие газы автомобилей слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами и скапливаются в зоне дыхания людей. Кроме того, темпы роста числа автомобилей значительно выше по сравнению с темпами роста промышленных источников. В таблице 3.1 приведены основные виды выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников.

Таблица 3.1

Основные виды выбросов загрязняющих веществ
от передвижных источников

Тип двигателя	Топливо	Основные виды	Примеры источников загрязнений
Четырехтактный внутреннего сгорания	Бензин	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота	Автомобили, трактора, автобусы, мотоциклы
Двухтактный внутреннего сгорания	Бензин (с добавлением масла)	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота, твердые вещества	Мотоциклы, вспомогательные моторы
Дизель	Лигроин	Оксиды азота, твердые вещества	Автобусы, трактора, машины

Уровень загазованности магистралей и примагистральных территорий зависит от интенсивности движения автомобилей, ширины и рельефа улицы, скорости ветра, доли грузового транспорта и автобусов в общем потоке. При интенсивности движения

500 транспортных единиц в час концентрация оксида углерода на открытой территории на расстоянии 30–40 м от автомагистрали снижается в 3 раза и достигает нормы. Затруднено рассеивание выбросов автомобилей на тесных улицах. В итоге практически все жители города испытывают на себе вредное влияние загрязненного воздуха.

Основные направления защиты атмосферного воздуха от вредных выбросов передвижных источников:

Меры административного и экономического регулирования

Вредное воздействие выбросов двигателя автомобиля на людей и животных называется токсичностью выбросов. Величина вредных выбросов в атмосферу автотранспортом зависит от плотности транспортного потока и количества газов, выбрасываемых каждым автомобилем. Так как транспортный поток на улицах городов будет непрерывно возрастать, необходимо для снижения загазованности воздушной среды ограничить количество вредных продуктов, выделяемых каждым автомобилем, то есть установить нормы выброса токсичных веществ с выхлопными газами.

Жесткие требования к токсичности отработанных газов новых автотранспортных средств сформулированы в виде норм ЕЭК ООН, директив Европейского союза, которые являются обязательными для автопроизводителей. Выполнение этих норм позволяет существенно сократить интенсивность выделения нормируемых токсичных компонентов выбросов двигателями одиночных автотранспортных средств.

Для ограничения содержания в выхлопе автомобиля токсичных веществ Европейской экономической комиссией ООН были введены стандарты «Евро».

Стандарт Евро-1 предусматривал выброс бензиновым двигателем оксида углерода (CO) не более 2,72 г на 1 км пути, углеводородов – не более 0,72 г/км, оксида азота (NOx) – не более 0,27 г/км. Евро-1 действовал в Европе с 1992 года, а в 1995-м году его сменил более жесткий стандарт – Евро-2.

В Евро-2 были ужесточены почти в 3 раза (0,29 против 0,72 г/км) нормы по содержанию в выхлопе углеводородов.

Экологический стандарт Евро-2 был принят правительством

России осенью 2005 г.

В 1999 г. введен стандарт Евро-3. Евро-3 – это снижение уровня выбросов по сравнению с Евро-2 на 30–40 %. Ему соответствуют все новые машины, выпущенные в европейских странах с 1999 г. Все транспортные средства, произведенные или ввезенные в Россию, начиная с 1 января 2008 г., должны удовлетворять требованиям стандарта Евро-3, регулирующему содержание вредных веществ в выхлопных газах транспортных средств с дизельными и бензиновыми двигателями.

В 2005 г. в Евросоюзе введен стандарт Евро-4. Столичные власти намерены ввести в г. Москве экологический стандарт Евро-4 в 2010 г.

С октября 2008 г. для всех новых грузовых автомобилей, продаваемых в Евросоюзе, обязателен стандарт Евро-5. Для легковых автомобилей разработка стандарта Евро-5 еще не завершена. Важно отметить, что до введения стандарта Евро-5 выбросы сажи в выхлопах транспортных средств не учитывались.

Европа не собирается долго ограничиваться стандартом Евро-5. К 2012 г. должен вступить в силу стандарт Евро-6, согласно которому будет снижен выброс углекислого газа новыми автомобилями.

В нашей стране существуют два вида стандартов на нормы и методы определения вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей.

К первому относятся государственные стандарты. Они распространяются на автомобили, находящиеся в эксплуатации, то есть на весь автомобильный транспорт РФ. Это ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Нормы и методы определения», ГОСТ 1393-75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработанных газов. Нормы и методы определения», ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» и ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния».

Второй вид – отраслевые стандарты Минавтопрома на но-

вую продукцию. Они предусматривают проверку токсичности отработанных газов автомобилей с искровым зажиганием массой от 400 до 3500 кг, двигателей грузовых автомобилей и автобусов при приемочных и контрольных испытаниях на предприятиях-изготовителях. В 1982 г. введен в действие отраслевой стандарт ОСТ 37.001.234-81 «Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Выбросы вредных веществ с отработанными газами. Нормы и методы определения». Стандарт устанавливает предельно-допустимые нормы выброса оксида углерода (II), углеводородов и оксида азота (IV), а также определяет методику проведения измерений указанных компонентов. Простая мера – регулировка двигателей, может снизить токсичность выхлопных газов в несколько раз.

7 марта 2003 г. Государственной Думой РФ принят закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации». Этилированный бензин – это топливо с добавлением тетраэтилсвинца – добавки, которая увеличивает октановое число автомобильного бензина с 76 до 93. Этиловый бензин – вещество, которое ведет к стойкой свинцовой интоксикации человека. Запрет производства этилированного бензина позволил снять существовавшее ранее ограничение, связанное с несовместимостью этилированного бензина и каталитического нейтрализатора отработанных газов.

Для того, чтобы снизить выбросы одиночных автотранспортных средств в процессе их эксплуатации, следует ужесточить экологический контроль, а также добиться вытеснения экологически опасных автотранспортных средств из эксплуатации. Для этого устанавливают экологические классы автотранспортных средств:

- 0-й класс – устаревшие модели;
- промежуточный класс – устаревшие модели, оснащенные устройствами, снижающими токсичность выбросов;
- 1-й, 2-й классы и т. д. – модели, соответствующие требованиям Евро-1, Евро-2 и т. д.

Действующий ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» позволяет осуществлять контроль автомобилей

0-го и промежуточного классов.

Для контроля автотранспортных средств 2-го класса и выше необходима разработка новых поправок к данному стандарту.

Для дизелей всех типов автотранспортных средств экологические классы в эксплуатации пока не установлены. Согласно ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» дизели проверяют на соответствие норм дымности.

Введение экономических стимулов в виде увязки экологического класса автотранспортного средства с уровнем транспортного налога (чем ниже экологический класс, тем выше налог), ограничения (платность) доступа на определенные территории автотранспортных средств низших экологических классов позволит создать условия для вытеснения из автомобильного парка экологически опасных автотранспортных средств и снизить загрязнение атмосферного воздуха вблизи транспортных сооружений.

Градостроительные мероприятия

Для защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта большое значение имеют градостроительные мероприятия, направленные на снижение концентрации выхлопных газов в зоне пребывания человека.

Так, к мероприятиям по снижению концентрации загрязнений на пути их распространения относятся:

- удаление жилых зданий от автомагистралей;
- рациональное расположение домов и спальных комнат в квартирах;
- применение перекрытий, стен и окон с высокой герметичностью;
- развитие транспортной сети объездных дорог;
- строительство улиц, дублирующих магистрали;
- организация пересечений улиц в разных уровнях;
- организация проездов вне жилых территорий;
- применение зеленых насаждений.

Необходимы специальные приемы застройки и озеленения автомагистралей, размещение застройки по принципу зонирова-

ния: в первом от магистрали эшелоне застройки размещаются здания пониженной этажности, затем дома повышенной этажности и в глубине застройки – детские и лечебно-оздоровительные учреждения.

Тротуары, жилые, торговые и общественные здания изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками – по три-четыре ряда и более. Известно, что запыленность воздуха в зеленых насаждениях в 2–3 раза меньше, чем на открытых территориях. Древесные и травянистые растения улавливают до 50 % пыли летом и до 37 % зимой. Хвойные породы, вследствие увеличенной адсорбции, осаждают пыли в 1,5 раза больше на единицу массы листа по сравнению с лиственными.

Отсутствие ухоженного газона под деревьями снижает осаждение пыли зелеными насаждениями, уменьшая их пылезащитную функцию в несколько раз. Поэтому, для удержания осевшей пыли, почва должна быть покрыта дерном или подстриженным газоном.

Газозащитные зеленые насаждения могут быть использованы в сочетании с земляными валами и защитными экранами.

Большое значение имеет сооружение транспортных развязок на разных уровнях, магистралей-дублеров, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей.

Так как наибольший выброс продуктов неполного сгорания бензина происходит при задержках машин у светофоров, при стоянке с невыключенным мотором в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора, то необходимо устранить препятствия на пути свободного движения потока автомашин. Для этого нужны специальные автомобильные магистрали, не пересекающиеся с другими магистралями на одном уровне и движением машин или пешеходов. Необходимы переходы для пешеходов на всех пунктах скопления машин, а также эстакады или тоннели для разгрузки больших перекрывающихся потоков транспорта.

Организация движения городского транспорта

Любые вопросы организации движения надо рассматривать

с точки зрения не только обеспечения безопасности, но и уменьшения токсичности выхлопных газов. Так, предельная скорость движения в городе установлена 60 км/ч. Именно на эту скорость у легковых автомобилей приходится минимум вредных выбросов. При резком увеличении или уменьшении скорости движения выброс возрастает более чем вдвое.

Должна проводиться большая работа по улучшению организации и безопасности движения транспорта. Возрастает роль техники регулирования. На улицах наших городов можно увидеть принципиально новые системы регулирования движения. Примером может служить «Бегущая волна». Она обеспечивает плавность автомобильного потока: по резервной полосе автомагистрали прокладывается гирлянда разноцветных ламп; по ним как бы двигаются светящиеся линии зеленого и красного цвета. Скорость перемещения того или иного света соответствует режиму движения транспорта. В этой ситуации «зеленый луч» становится своего рода пеленгом для водителей. Они получают возможность решать, какую скорость следует выбрать в данной ситуации. Вереница автомобилей растягивается по всей длине зеленого сигнала, и вероятность столкновения между соседними автомобилями уменьшается.

В Москве используется электронный регулировщик движения транспорта – телеавтоматическая система «Старт», предназначенная для автоматизированного управления движением транспортных потоков по всей улично-дорожной сети города.

Система позволяет из единого центра определять скорость движения транспорта на основных магистралях, места заторов и пробок, регулировать режим работы светофоров, оперативно осуществлять диспетчерское управление движением транспорта в экстремальных ситуациях, управлять движением в тоннелях, информировать участников движения с помощью динамических электронных табло и управляемых дорожных знаков о дорожно-транспортной ситуации. Переключение программ координации осуществляется по расписанию (по времени суток и дням недели с учетом сезона), либо адаптивно (по параметрам транспортных потоков).

Применение системы «Старт» позволяет сократить задержки транспорта у светофоров на 25 %, сэкономить горючего на 8–12 %, уменьшить количество дорожных происшествий.

Электрический транспорт

Оздоровлению атмосферы способствует расширение перевозок пассажиров с помощью электрического транспорта (как наземного, так и подземного). Электрический транспорт избавляет население от лишнего шума и выхлопных газов.

На периферии города целесообразно использование скоростных трамваев над обособленным полотном, пересекающимся с городскими магистралями на разных уровнях. Это позволит увеличить скорость трамвая до 32 км/ч (вместо 16–20 км/ч обычной скорости наземного городского транспорта). Трамвай – вполне современный, удобный и экономичный транспорт. Сооружение 1 км пути современного скоростного трамвая обходится в 8–12 раз дешевле 1 км линии метро. Трамвай имеет самый низкий удельный расход энергии. В ряде случаев, особенно при спаде пассажиропотока, скоростной трамвай, имеющий обособленное полотно для движения, может успешно конкурировать с метрополитеном.

Особенно выгодно применение наземного электрического транспорта в курортных зонах. В таких случаях, например, троллейбус может работать и в междугороднем сообщении: длина троллейбусных линий Симферополь – Ялта и Симферополь–Алушта более 100 км.

Добавление к топливу присадок

Добавлением к топливу присадок можно изменить ход реакций окисления углеводородов в сторону уменьшения образования некоторых токсичных компонентов: оксида углерода, углеводородов, альдегидов, сажи и др. В России и за рубежом предложен ряд присадок. Для карбюраторных двигателей самыми эффективными оказались смеси различных спиртов. Добавление их к бензину ведет к заметному снижению в выхлопных газах оксида углерода.

Разработано большое число присадок к дизельному топливу, снижающих содержание в выхлопных газах дизелей сажи. Наиболее эффективными оказались барийсодержащие присадки.

Перспективно использование присадок на основе ферроценов. Присадки этого типа сочетаемы с каталитическими дожигателями и используются в производстве бензинов.

Сжатый и сжиженный газ – топливо для автомобилей

В качестве автомобильного горючего используют два вида газового топлива: сжиженный нефтяной или углеводородный и сжатый компримированный газ.

Сжиженный газ, используемый как автомобильное топливо, в основном состоит из пропана, бутана, получаемых при добыче природного газа и нефти, и (около 1%) непредельных углеводородов.

Сжатый газ – это, в основном, метан, сохраняющий свое газообразное состояние почти при любой температуре и при повышенном давлении.

В выхлопе автомобилей, работающих на газе, содержится в три-четыре раза меньше оксида углерода, чем в выхлопе бензиновых двигателей. Газ сгорает почти полностью. В Российской Федерации существуют действующие и создаются новые автомобильные газозаправочные станции (АГНСК), предназначенные для заправки автомобилей сжатым газом. АГНСК рассчитана на 500 заправок в сутки при трехсменной работе в объеме заправки 100 м^3 . Время заправки 10–12 мин.

Как показал отечественный и зарубежный опыт, природный газ является весьма экономичным горючем для автомобильных двигателей: 1 м^3 газа сберегает как минимум 1 л бензина. Ресурсы мотора увеличиваются в 1,5 раза; периодичность смены масла – в 2,5 раза. Во столько же снижаются затраты на топливо и себестоимость перевозок. Резко снижаются выбросы в атмосферу продуктов сгорания. Максимальная скорость автомобиля без прицепа при работе на природном газе – 95 км/ч. Контрольный расход газа при скорости 60 км/ч 40 м^3 на 100 км пути.

Температура кипения сжиженного газа – 160°C . Во избежание испарения топливо помещают в криогенный бокс; 60 л сжиженного природного газа обеспечивают автопробег в 300 км. Газ легко смешивается с воздухом и образует идеальную «пищу» для мотора. Газовое топливо увеличивает срок службы двигателя примерно на треть.

Перевод автомобиля на газовое топливо не требует конструктивной переделки двигателя: достаточно установить газобаллонное оборудование. Межремонтный пробег газового двигателя более продолжительный по сравнению с бензиновым, на газовом двигателе увеличивается срок службы свечей зажигания.

Применение газового топлива заметно снижает суммарную токсичность отработавших газов.

По данным «ВНИИГАЗ», в России возможен перевод на природный газ не менее 30 % грузовых автомобилей, 60–70 % автобусов и 10–15 % легковых автомобилей.

Помимо газа могут использоваться и другие виды топлива: спирт, биотопливо. В качестве автономного топлива этанол по некоторым параметрам превосходит бензин. В нем меньше примесей, а октановое число достигает 125 единиц. Поэтому этанол иногда используют как высокооктановую добавку. Однако теплотворная способность этанола существенно ниже «бензиновой» — отсюда и более высокий расход топлива.

В настоящее время возможности сельского хозяйства Европы способны обеспечить биотопливом от 50 до 80 % всех легковых автомобилей. При сгорании топлива в атмосферу возвращается только тот углекислый газ, который был поглощен растениями при росте.

Биодизельное топливо (биодизель) — относительно новый вид экологически чистого топлива. Производится биодизель из растительного масла и является возобновляемым источником энергии. Биодизель может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания без изменения их конструкции. Возможно применение биодизеля как самостоятельного вида топлива, так и в смеси с обычным дизельным топливом.

Нейтрализаторы выхлопных газов

Отработанные газы автомашин можно обезвреживать с помощью специальных устройств в системе выпуска двигателя автомобиля, называемых нейтрализаторами. Устройство для обезвреживания отработанных газов методом каталитического воздействия получило название каталитического нейтрализатора. Пламенный нейтрализатор — устройство для обезвреживания отработанных газов двигателя автомобиля дожиганием в открытом пламени. Термический нейтрализатор — термоаккумулирующее устройство для нейтрализации отработанных газов автомобиля методом беспламенного окисления. Жидкостный нейтрализатор — устройство для обезвреживания отработанных газов автомобиля с помощью химического связывания жидкими реагентами.

В настоящее время наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, в которых используются платина, палладий. Эти металлы позволяют существенно снизить порог энергии, при котором начинаются окислительно-восстановительные реакции. Проходя через поры нейтрализатора, CO превращается в малотоксичный CO_2 , а оксиды азота восстанавливаются до безвредного N_2 .

В нашей стране в 1979 г. на городские трассы вышли первые «Волги», оборудованные необычной «ловушкой для дыма» – каталитическими нейтрализаторами, которые резко снижают токсичность выхлопных газов автомобиля. Эффект от использования нейтрализаторов внушительный: при оптимальном режиме выброс в атмосферу оксида углерода уменьшается на 70–80 %, а углеводородов – на 50–70 %.

Совершенствование двигателей внутреннего сгорания

Чтобы уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, ученые многих стран стремятся улучшить конструкции существующих двигателей серийного производства. Так, в 1959 году в США запатентован карбюратор с отдельным смесеобразованием, конструкция которого позволяет кроме обычной смеси получать обогащенную смесь. Эта смесь подается в специальную предкамеру со свечой зажигания. В двигателе, оборудованном таким карбюратором происходит полное сгорание рабочей смеси, что обеспечивает минимальное содержание в отработанных газах оксида углерода и углеводородов. Поскольку средняя температура в камере сгорания понижается, резко уменьшается и выброс оксидов азота.

В 1979 года все автомобили, сходящие с «ВАЗ» (Волжский автозавод), начали оснащать карбюраторами «Озон», которые обеспечивали нормы токсичности выхлопных газов. На базе «Озона» были созданы экономичные карбюраторы для «Москвичей», «ГАЗ», «УАЗ». На производственном объединении «ГАЗ» разработана новая система воспламенения рабочей смеси. Эта система – форкамерное зажигание – разработана отечественными специалистами, а способ зажигания называется процессом лавинной активации горения. В основную камеру сгорания бензино-воздушной смеси выбрасывается из вспомогательной форкамеры

факел химически активных продуктов неполного сгорания этой смеси. Форкамерный двигатель благодаря большой мощности обеспечивает высокую экономичность в потреблении топлива и исключительно низкую токсичность отработанных газов. В настоящее время, все автомобили, сходящие с конвейеров ОАО «АВТОВАЗ», оснащаются системой электронного впрыскивания топлива, которая совместно с каталитическим нейтрализатором позволяет обеспечить соблюдение норм.

Порядок выполнения работы

Студенты определяют число единиц автотранспорта (по типам), проходящего на заданном участке автомагистрали за один час. Для этого на заданном участке автомагистрали в течение 20 мин фиксируются все проехавшие автомашины. Результаты подсчетов записываются в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Таблица для внесения результатов

№ п/п	Тип автомобиля	Интенсивность движения, авт.	
		за 20 мин	за 1 ч
1	Легковые автомобили		
2	Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 т)		
3	Грузовые автомобили карбюраторные (6 т и более), например, ЗИЛ-130 и др.		
4	Грузовые автомобили дизельные		
5	Автобусы карбюраторные		
6	Автобусы дизельные		

Для аудиторного занятия данные приведены в табл. 3.9.

Затем с использованием полученных данных выполняются расчеты загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ с отработанными автомобильными газами.

Методика расчета основана на поэтапном определении эмиссии (выбросов) токсичных веществ (оксида углерода – CO , углеводородов – C_nH_m оксидов азота – NO_x с отработавшими газами автомобильного транспорта, концентрации загрязнения воздуха этими веществами на различном удалении от дороги и срав-

нении полученных данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) данных веществ в воздушной среде.

При расчете выбросов учитываются различные типы транспортных средств и конкретные дорожные условия.

В качестве расчетной принимается интенсивность движения различных типов автомобилей в смешанном потоке, которая определяется студентом или группой студентов на заданном участке автомагистрали.

Мощность эмиссии CO , $G_n H_m$, NO_x отработавших газах отдельно для каждого газообразного вещества определяется по формуле (3.1):

$$q = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot \left[\left(\sum_{i=1}^n G_{ik} \cdot N_{ik} \cdot K_k \right) + \left(\sum_{i=1}^n G_{id} \cdot N_{id} \cdot K_d \right) \right], \quad (3.1)$$

где q – мощность эмиссии данного вида загрязнений от транспортного потока на конкретном участке дороги, г/м·с;

$2,06 \cdot 10^{-4}$ – коэффициент перехода к принятым единицам измерения;

m – коэффициент, учитывающий дорожные и автотранспортные условия, принимается по графику (рис. 3.1) в зависимости от средней скорости транспортного потока;

G_{ik} – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа (марки) карбюраторных автомобилей, л/км; для оценочных расчетов может быть принят по средним эксплуатационным нормам с учетом условий движения, которые приведены в табл. 3.2;

G_{id} – то же, для дизельных автомобилей, л/км;

N_{ik} – интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных автомобилей, авт./ч (табл. 3.1);

N_{id} – то же, для дизельных автомобилей, авт./ч;

K_k и K_d – коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения для карбюраторных и дизельных типов двигателей соответственно по табл. 3.3.

При расчете рассеяния выбросов от автотранспорта и определения концентрации токсичных веществ на различном удалении от дороги используется модель Гауссового распределения примесей в атмосфере на небольших высотах.

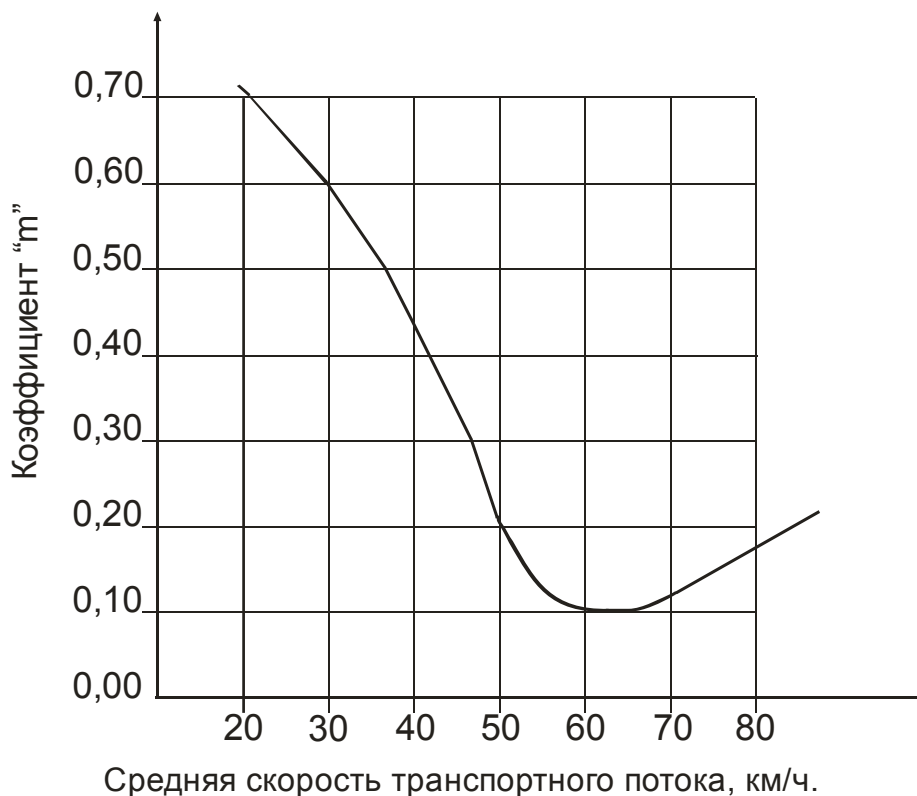


Рис. 3.1. Зависимость величины коэффициента « m », учитывающего дорожные и автотранспортные условия движения, от средней скорости транспортного потока

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода, углеводородами, окислами азота вдоль автомобильной дороги определяется по формуле (3.2):

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} + F, \quad (3.2)$$

где C – концентрация данного вида загрязнения в воздухе, г/м^3 ;

σ – стандартное отклонение Гауссова рассеивания в вертикальном направлении, м; принимается по табл. 3.4;

V – скорость ветра, преобладающего в расчетный месяц летнего периода, м/с;

φ – угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги. При угле от 90° до 30° скорость ветра следует умножить на синус угла, при угле менее 30° – коэффициент 0,5;

F – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м^3 .

Таблица 3.3

Значения коэффициентов K_k и K_d

Вид выбросов	Тип двигателя	
	карбюраторный	дизельный
Оксид углерода (CO)	0,600	0,140
Углеводороды (C_nH_m)	0,120	0,037
Оксиды азота (NO_x)	0,060	0,015

Таблица 3.4

Значения стандартного Гауссового отклонения
при удалении от кромки проезжей части

Приходящая солнечная радиация*	Значения стандартного Гауссового отклонения σ при удалении от кромки проезжей части, в метрах								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Сильная	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабая	1	2	4	6	8	10	14	18	22

*Сильная солнечная радиация соответствует ясной солнечной погоде, слабая – пасмурной (в т. ч. дождливой). Величина должна приниматься в расчетный период наибольшей интенсивности движения (летний период). Уровень солнечной радиации принимается в зависимости от того, какая погода превалирует в расчетный месяц.

Результаты расчета по формуле (3.2) сопоставляются с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными органами Министерства здравоохранения с учетом класса опасности для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест; они приведены в табл. 3.5.

По полученным результатам строится график загрязнения отработавшими газами придорожной зоны. Пример графика приведен на рис. 3.2.

Таблица 3.5

Предельно допустимая концентрация токсичных составляющих отработавших газов в воздухе населенных мест

Вид вещества	Класс опасности	Среднесуточные предельно допустимые концентрации, мг/м ³
Оксид углерода (CO)	4	3,0
Углеводороды (C_nH_m)	3	1,5
Оксиды азота (NO_x)	2	0,04

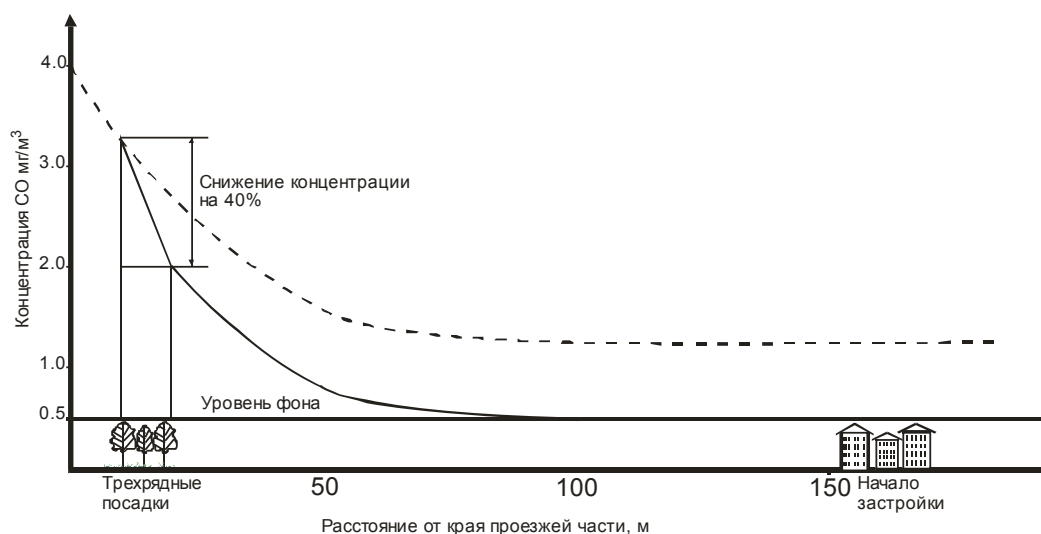


Рис. 3.2. Снижение концентрации CO за счет устройства трехрядных посадок деревьев

Для уменьшения ширины распространения загрязнения следует предусматривать защитные зеленые насаждения, экраны, защитные валы, прокладку автомобильной дороги в выемке. Снижение концентрации загрязнений защитными сооружениями в процентах к величине концентрации приведено в табл. 3.6.

Выбор защитных мероприятий следует осуществлять на основе сравнения следующих основных вариантов:

- изменение параметров дороги, направленное на повышение средней скорости транспортного потока;
- ограничение движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени;
- усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными двигателями по участку, чувствительному к загрязнению воздушной среды, в целях минимизации токсичных выбросов;

– устройство защитных сооружений.

Таблица 3.6

Снижение концентрации загрязнений различными типами защитных сооружений и зеленых насаждений

Мероприятие	Снижение концентрации, %
1. Один ряд деревьев с кустарником высотой до 1,5 м на полосе газона 3–4 м	10
2. Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8–10 м	15
3. Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10–12 м	30
4. Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15–20 м	40
5. Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25–30 м	50
6. Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70
7. Земляные насыпи, откосы при проложении дороги в выемке при разности отметок от 2 до 3 м	50
8. То же, 3–5 м	60
9. То же, более 5 м	70

Пример расчета загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Задача: Определить концентрацию загрязнения атмосферного воздуха CO , $C_n H_m$, NO_x на различном расстоянии от автомобильной дороги на расчетном поперечнике.

Исходные данные

Автомобильная дорога III категории;

Интенсивность движения – $N = 190$ авт./ч

Данные по составу транспортного потока представлены в табл. 3.7.

Средняя скорость потока движения – 60 км/ч, то есть по рис. 2.1 $m = 0,10$.

Скорость господствующего ветра – 3 м/с.

Угол направления ветра к оси трассы – 30° .

Автомобильная дорога на рассматриваемом участке проходит в границах населенного пункта; застройка находится на расстоянии 20 м от кромки проезжей части дороги.

Данные по фоновой концентрации отсутствуют.

Таблица 3.7

Состав транспортного потока

Тип автомобилей	Содержание в потоке, %	Интенсивность, авт./ч	Средний эксплуатационный расход топлива, л/км
Легковые	40	75	0,11
Малые грузовые карбюраторные	5	10	0,16
Грузовые карбюраторные	30	60	0,33
Грузовые дизельные	20	35	0,34
Автобусы карбюраторные	5	10	0,37

Решение

1. По формуле (3.1) определяется удельная эмиссия загрязняющих веществ по компонентам:

для оксида углерода:

$$q_{CO} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,6 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,6 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,6 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,14 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,6) = 0,0004 \text{ г/м} \cdot \text{с};$$

для углеводородов:

$$q_{C_nH_m} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,12 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,12 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,12 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,037 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,12) = 0,00009 \text{ г/м} \cdot \text{с};$$

для оксидов азота:

$$q_{NO_x} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,06 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,06 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,06 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,015 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,06) = 0,0000448 \text{ г/м} \cdot \text{с};$$

2. По формуле (3.2) определяется концентрация загрязнений атмосферного воздуха различными компонентами в зависимости

от расстояния от дороги. На расстоянии 20 м от кромки проезжей части, где в данном примере принята граница застройки, концентрация загрязнения составит:

для оксида углерода:

$$C_{CO}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0004}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,0008}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,00011 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,11 \text{ мг/м}^3;$$

для углеводородов:

$$C_{C_nH_m}^{20} = \frac{2 \cdot 0,00009}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,00018}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,000024 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,024 \text{ мг/м}^3;$$

для оксидов азота:

$$C_{NO_x}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0000448}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,0000896}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,00001119 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,011 \frac{\text{мг}}{\text{м}^3}.$$

Аналогично определяется концентрация и для других расстояний. Результаты расчетов приводятся в табл. 3.8.

Таблица 3.8

Зависимость концентрации загрязнений
от расстояния от проезжей части

Вид выбросов	Концентрация загрязнений в атмосфере на расстоянии в метрах от кромки проезжей части дороги, мг/м ³					
	20	40	60	80	100	150
Оксид углерода (CO)	0,1100	0,0550	0,0370	0,0275	0,0220	0,0160
Углеводороды (C _n H _m)	0,0240	0,0120	0,0080	0,0060	0,0048	0,0034
Оксиды азота (NO _x)	0,0110	0,0060	0,0040	0,0030	0,0022	0,0016

По результатам расчетов строится график распространения

загрязнений в зависимости от расстояния от дороги.

Вывод по результатам расчетов: результаты расчетов показывают, что величина транспортного воздействия на атмосферный воздух не превышает предельно допустимых концентраций, приведенных в табл. 3.5.

Таблица 3.9

Исходные данные для расчетов

№ варианта	Интенсивность движения, авт./ч				
	Легковые	Малые грузовые карбюраторные	Грузовые карбюраторные	Грузовые дизельные	Автобусы карбюраторные
1	80	12	50	30	10
2	85	20	60	35	15
3	90	25	70	40	20
4	95	30	80	45	25
5	100	35	85	50	30
6	115	40	90	55	35
7	120	45	95	60	40
8	125	50	100	65	45
9	130	55	105	70	50
10	200	55	-	-	50
11	210	60	-	-	45
12	220	65	-	-	40
13	230	40	-	-	35
14	240	35	-	-	30
15	250	30	-	-	25
16	260	25	-	-	20
17	270	-	45	25	-
18	280	-	40	20	-
19	290	-	35	15	-
20	300	-	30	12	-
21	310	-	25	10	-
22	320	10	50	30	10
23	330	12	55	35	15
24	340	20	60	40	17
25	350	25	65	45	20

Контрольные вопросы

1. Приведите примеры передвижных источников вредных выбросов в атмосферу.
2. Какие вредные вещества содержатся в выхлопных газах автомобильного транспорта?
3. В какие периоды движения автомобиля в его выхлопных газах содержится наибольшее и наименьшее количество вредных примесей?
4. Дайте понятие токсичности выбросов автомобильного транспорта.
5. Назовите мероприятия, внедрение которых приводит к уменьшению вреда, наносимого атмосфере автомобильным транспортом.
6. В чем сущность градостроительных мероприятий, направленных на защиту атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта?
7. Роль организации движения городского транспорта в защите атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта.
8. Почему электрический транспорт меньше загрязняет атмосферный воздух, чем автотранспорт, работающий на бензине или на солярке?
9. Почему устанавливаются нормы на содержание вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей?
10. Каким образом присадки к бензину способствуют снижению токсичности отработанных газов автомобилей и двигателей?
11. Какие виды нейтрализаторов выхлопных газов Вы знаете?
12. В чем преимущества использования сжатого и сжиженного газа в качестве топлива для автомобилей по сравнению с бензином?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Цель: ознакомление студентов с процессом нормирования сбросов сточных вод в водоемы.

Краткий теоретический материал

Значительное количество загрязнителей поступает в почву и водоемы со сточными водами от предприятий АТК. В 1998 году предприятиями АТК России было сброшено загрязненных сточных вод около 7 млн м³, в их составе около 3 тыс. т нефтепродуктов и более 62 тыс. т взвешенных веществ.

Сточные воды автотранспортных (АТП) и авторемонтных предприятий (АРП) подразделяются в зависимости от производственной деятельности на:

- сточные воды от мойки автомобилей, входящие в систему оборотного водоснабжения;
- нефтесодержащие сточные воды от производственных участков;
- сточные воды, содержащие краску и растворители красок;
- поверхностные сточные воды с территории АТП и АРП.

Сточные воды от мойки автомобилей составляют 80–85 % от объема производственных стоков АТП и АРП. Основными загрязнениями данных сточных вод являются взвешенные вещества и нефтепродукты. Концентрация взвешенных веществ в них зависит от большого числа факторов: типа эксплуатируемых автомобилей, характера дорожного покрытия, сезонных условий, состава грунтов в районе эксплуатации, периодичности мойки подвижного состава и типа применяемой мойки, и может составлять от 100 до 4000 мг/л.

От мойки автомобилей, работающих на этилированном бензине, возможно попадание в сток тетраэтилсвинца (ТЭС). Содержание ТЭС, по данным исследований, в стоке составляет 0,002–0,01 мг/л, однако при мойке двигателей оно может достичь 2,46 мг/л. При этом осадок и нефтепродукты, задерживаемые на очистных сооружениях, обладают высокой токсичностью. После реагентной очистки моечных вод последние практически не содержат ТЭС и могут быть включены в систему оборотного водоснабжения.

Состав нефтесодержащих сточных вод от производственных участков отличается большим разнообразием и зависит от специфических особенностей технологических процессов и используемых компонентов.

Разборка и дефектоскопия узлов и деталей невозможна без тщательной их очистки и последующей мойки в моечных машинах или ваннах.

Например, разборочно-моечный участок АРП обычно состоит из нескольких (5–10) моечных постов для мойки кабин, отдельных узлов и деталей автомобилей. Почти все установки разборочно-моечного участка имеют обратную систему подачи моющих растворов, в качестве которых используется вода (60–100 °С) с добавлением едкого натра или моющих средств «Лабомид-101», «Лабомид-203», МЛ-52, «Темп-100». После мойки в горячем растворе узлы и агрегаты промываются горячей водой (80–100 °С). После многократного использования моющие растворы и промывочные воды содержат взвешенные вещества и нефтепродукты в эмульгированном состоянии, в том числе нефтепродуктов до 5 г/л, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) до 0,1 г/л и неорганических щелочных электролитов до 20 г/л. Концентрация вредных примесей в отработанных растворах в 40–80 тыс. раз превышает допустимые нормы.

По дисперсионному составу нефтепродукты в сточных водах АТП и АРП могут быть в свободном, эмульгированном и растворенном состояниях. Наличие эмульгированных нефтепродуктов характеризуется попаданием в сток эмульсий и синтетических моющих средств (СМС) при мойке автомобилей, деталей и узлов. Эмульгирование нефтепродуктов происходит также при механическом воздействии на сток, например, при многократной перекачке.

Количество нефтесодержащих сточных вод, образующихся на АТП, колеблется от 50 до 1000 м³/сут. Объем сточных вод АРП относительно невелик, но отличается большой загрязненностью, трудностью обработки и высоким содержанием загрязняющих веществ, получаемых при очистке ремонтного фонда.

Для отвода сточных вод на территории АРП должно быть предусмотрено несколько систем канализации: производственная, бытовая и дождевая. Производственная канализация в большинстве случаев принимает несколько стоков различного назначения. Очистка производственного стока осуществляется на нескольких типах очистных сооружений. Например, в отдельную группу выделяются сточные воды от моечного оборудования, за-

грязненные щелочами и СПАВ, в другую – стоки окрасочных отделений и гидрофильтров.

Экологическая опасность при сбросе неочищенных стоков АРП в водоем состоит в том, что эмульгированные нефтепродукты и СПАВ вызывают отмирание первичных пищевых цепей водоемов, гибель водорослей и замедление процессов самоочищения водоемов, приводят к массовой гибели живых организмов. Значительное количество загрязнений поступает в водоемы с дождевым стоком, образованным на территории АТП и АРП, который содержит до 0,1 г/л нефтепродуктов и 1,5 г/л взвешенных веществ и более токсичные сточные воды поступают от цехов и участков гальванических покрытий и других видов обработки поверхностей металлов (травления, пассивации, электрополировки, никелирования и др.) Эти сточные воды содержат кислоты, щелочи, соединения шестивалентного хрома, соли меди, никеля, цинка, кадмия и других металлов. Сброс этих сточных вод в открытые водоемы и городскую канализацию недопустим без соответствующей очистки.

Стоки гальванических участков характеризуются следующей концентрацией загрязнений (мг/л):

- взвешенные вещества 400–800;
- сухой остаток 600–3000;
- хлориды (Cl) 500–1000;
- сульфаты (SO_4^{-2}) 400–800;
- хром (Cr^{+6}) 200–240;
- ионы тяжелых металлов 200–500.

Сточные воды от гидрофильтров окрасочных камер (участков) загрязнены большим количеством органических веществ и перед спуском в канализацию должны быть предварительно очищены на локальных очистных сооружениях.

Взвешенные вещества в этих стоках представлены грубодисперсными частицами окрасочных и грунтовочных материалов, которые частично выпадают в осадок, а частично налипают на стены и сетчатые фильтры, устанавливаемые перед всасывающим патрубком насоса, подающего воду на форсунки. Мелкодисперсные частицы находятся в эмульгированном состоянии. Средняя концентрация взвешенных веществ составляет 260 мг/л.

Для конкретного определения количества взвеси в стоке необходимо знать следующие параметры процесса: величину окрашиваемой поверхности, норму расхода краски (процентное отношение краски и растворителя), тип краскораспылителя, процент очистки воздуха. Согласно данным проектного института НПО «Спектр», для определения концентрации краски в стоках можно условно принять, что из всего расходуемого количества краски 60 % попадает на покрытие изделий и 40 % поступает в воздух, из этого количества 90% оседает на стенках гидрофильтров и только 10 % поступает в воду.

Одним из существенных факторов загрязнения водоемов и почвы являются для предприятий АТК поверхностные сточные воды, содержащие взвешенные вещества и нефтепродукты.

Поверхностные сточные воды на территории предприятий образуются от дождевых вод, талых вод и поливочно-моечных вод.

В соответствии со СНиП 11-93-74 (п 4.7), концентрация взвешенных веществ в сточных водах не должна превышать 300 мг/л, нефтепродуктов 7,5–90 мг/л в зависимости от категории эксплуатируемых автомобилей.

Исследования показывают, что предприятия АТК сбрасывают поверхностные сточные воды со значительным превышением установленных нормативов.

С целью уменьшения выноса загрязняющих стоков с поверхностным стоком на предприятии должно быть предусмотрено следующее:

- исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства, в том числе нефтепродуктов;
- организация регулярной уборки территории с применением средств механизации;
- проведение своевременного ремонта дорожных покрытий;
- ограждение зон озеленения бортовым камнем, исключаящим смыв грунта на дорожное покрытие во время ливневых дождей;
- повышение эффективности работы пыле- и газоочистных установок с целью максимальной очистки выбросов в атмосферу, предотвращения появления в поверхностных стоках специфических загрязнений;

- ликвидация участков территории, где возможны рассыпание и разлив жидких продуктов, с отведением локального стока в производственную канализацию для очистки.

Контроль и управление качеством воды в водных объектах предусматривают решение следующих задач:

- проверку достаточной степени разбавления сточных вод, для того чтобы в пункте водопользования примеси рассеивались до неопасных концентраций;
- определение требуемой степени очистки (обеззараживания) сточных вод;
- прогнозирование качества воды на заданную перспективу.

Загрязнение водоема сточными водами может неблагоприятно сказаться на: нарушении общего санитарного режима водоема; изменении органолептических свойств водоема.

Соответственно в зависимости от свойств загрязняющих веществ определение степени необходимой очистки сточных вод ведется по каждому показателю состава и свойств воды водоемов.

Порядок выполнения работы

Задача 1. Расчет сброса взвешенных веществ в водоем

Исходные данные для расчета приведены в табл. 4.1.

Для определения требуемой степени очистки сточных вод от загрязняющих взвешенных веществ необходимо рассчитать допустимую концентрацию взвешенных веществ в очищенных сточных водах перед выпуском их в водоем $C_{\text{доп}}$, г/м³ (4.1):

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{в}} + n \cdot p, \text{ г/м}^3 \quad (4.1)$$

где $C_{\text{в}}$ – концентрация взвешенных веществ в водоеме до выпуска сточных вод, г/м³;

n – кратность разбавления в расчетном створе;

p – допустимое (по санитарным нормам) увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, г/м³. Для водоема первой категории водопользования $p = 0,25 \text{ г/м}^3$.

Таблица 4.1

Исходные данные для расчета

Вариант	Расход воды водоема в створе у места выпуска сточных вод Q , м ³ /с	Расход сточных вод, сбрасываемых в водоем, q , м ³ /с	Средняя глубина водоема H , м	Средняя скорость течения воды в водоеме V , м/с	Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию, C , г/м ³	Концентрация взвешенных веществ в водоеме до выпуска сточных вод C_6 , г/м ³
01	17	0,12	1,8	0,39	190	0,2
02	19	0,13	1,9	0,38	200	0,22
03	18	0,14	2,0	0,37	210	0,24
04	20	0,15	2,1	0,36	220	0,26
05	16	0,16	2,2	0,35	230	0,28
06	18	0,17	2,3	0,34	240	0,3
07	20	0,18	2,4	0,33	250	0,32
08	19	0,19	2,5	0,32	260	0,34
09	17	0,20	2,6	0,31	270	0,36
10	16	0,21	2,7	0,3	280	0,38
11	10	0,22	1,8	0,29	290	0,4
12	11	0,23	1,9	0,28	300	0,42
13	12	0,24	2,0	0,27	310	0,44
14	13	0,25	2,1	0,26	190	0,46
15	14	0,12	2,2	0,25	200	0,48
16	15	0,13	2,3	0,39	210	0,5
17	16	0,14	2,4	0,38	220	0,52
18	17	0,15	2,5	0,37	230	0,54
19	18	0,16	2,6	0,36	240	0,56
20	19	0,17	2,7	0,35	250	0,58
21	20	0,18	1,8	0,34	260	0,6
22	19	0,19	1,9	0,33	270	0,2
23	18	0,20	2,0	0,32	280	0,22
24	17	0,21	2,1	0,31	290	0,24
25	16	0,22	2,2	0,3	300	0,26

Для определения кратности разбавления сточных вод применяют формулу (4.2):

$$n = \frac{\mu \cdot (Q + q)}{q}, \quad (4.2)$$

где Q – расход воды водоема, м³/с;
 q – расход сточных вод, м³/с; необходимо определить:
 μ – коэффициент турбулентной диффузии (4.3).

$$E = \frac{H \cdot V}{200}, \quad (4.3)$$

где H – средняя глубина водоема, м;
 V – средняя скорость течения воды, м/с;
200 – коэффициент, учитывающий влияние гидравлических факторов смешения сточных вод (4.4):

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (4.4)$$

где ξ – коэффициент, характеризующий место расположения выпуска сточных вод (в задаче принять береговой выпуск, для которого $\xi = 1$);

φ – коэффициент извилистости русла ($\varphi = 1,5$).

μ – коэффициент смешения сточных вод с водой водоема, который рассчитывается по формуле (4.5):

$$\mu = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta}, \quad (4.5)$$

где

$$\beta = e^{-\alpha^3 \sqrt{L}}, \quad (4.6)$$

где L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа при решении задачи принять равным 1000 м;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,7$.

1. Сравнить $C_{\text{доп}}$ с концентрацией взвешенных веществ C в

сточных водах, поступающих на очистную станцию. При $C_{\text{доп}} < C$ рассчитать необходимую степень очистки сточных вод от взвешенных примесей Ξ , %, по формуле (3.7):

$$\Xi = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \% \quad (4.7)$$

Задача 2. Определение предельно-допустимого сброса сточных вод

Величина предельно-допустимых сбросов (ПДС, г/с) определяется для данной категории водопользования как произведение расхода сточных вод (q , м³/ч) на допустимую концентрацию для каждого загрязняющего вещества ($C_{\text{доп}}$, г/м³) в сбрасываемых стоках. За расчет принимается их минимальное значение. В данном случае, ПДС взвешенных веществ в сбрасываемых стоках составит (4.8):

$$\text{ПДС} = C_{\text{доп}} \cdot q, \quad (4.8)$$

где q – объем сброса сточных вод, м³/с.

Для расчета ПДС сточных вод предварительно определяется кратность разбавления (n) стоков по методу Фролова В. А. – Родзиллера И. Д. (4.9):

$$n = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q}, \quad (4.9)$$

где q – расход сточных вод, м³/с;

Q – расход воды в створе реки у места выпуска стоков, м³/с;

γ – коэффициент смешения стоков, показывающий, какая часть расхода реки смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа (4.10):

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - b}{1 + \frac{Q}{q} \cdot b}, \quad (4.10)$$

где

$$b = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} \quad (4.11)$$

L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру, м;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,7$;

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия реки (4.12):

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (4.12)$$

где φ – коэффициент извилистости русла, равный отношению расстояния (длины русла) от места выпуска сточных вод до контрольного створа по фарватеру (середине реки) (L_{ϕ}) к расстоянию по прямой (L) (соединяющее точку выпуска сточных вод и контрольный створ), при прямом русле $\varphi = 1$;

ξ – коэффициент, зависящий от вида выпуска сточных вод, который равен: при береговом выпуске $\xi = 1,0$; при русловом – $\xi = 1,5$;

E – коэффициент турбулентной диффузии для равнинных рек определяется по формуле (4.13):

$$E = \frac{V \cdot H}{200}, \quad (4.13)$$

где V – средняя скорость течения реки на всем участке смешения, м/с;

H – средняя глубина реки на расчетном участке, м.

Величина предельно-допустимых сбросов (ПДС) определяется для всех категорий водопользования, как произведение расхода сточных вод (q , м³/с) на допустимую концентрацию для каждого типа загрязняющего вещества ($C_{\text{доп}}$, г/м³) в сбрасываемых стоках (4.14):

$$\text{ПДС} = q \cdot C_{\text{доп}} \quad (4.14)$$

При расчете условий сброса сточных вод определяется *допустимая концентрация для каждого загрязняющего вещества* ($C_{\text{доп}}$, г/м³), которая обеспечит нормативное качество воды в кон-

трольном (расчетном) створе для консервативных и неконсервативных веществ.

Вещества называют консервативными, когда концентрация загрязняющих веществ изменяется только при их разбавлении. Для неконсервативных веществ концентрация изменяется вследствие протекания химических, физико-химических и биохимических процессов или это процессы самоочищения.

Допустимую концентрацию загрязняющих веществ в сбрасываемых стоках рассчитывают для консервативных, неконсервативных и взвешенных веществ.

Допустимую концентрацию ($C_{\text{доп}}^{\text{кон}}$, г/м³) для консервативных веществ определяют по формуле (4.15):

$$C_{\text{доп}}^{\text{кон}} = n \cdot (C_{\text{пдк}} - C_{\text{ф}}) + C, \quad (4.15)$$

где n – кратность разбавления стоков;

$C_{\text{пдк}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м³;

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, г/м³.

Для неконсервативных веществ (для нефтепродуктов) допустимую концентрацию ($C_{\text{доп}}^{\text{кон}}$, г/м³) определяют по зависимости (4.16):

$$C_{\text{доп}}^{\text{нп}} = n \cdot (C_{\text{пдк}}^{\text{нп}} \cdot e^{kt} - C_{\text{ф}}^{\text{нп}}) + C_{\text{ф}}^{\text{нп}} \quad (4.16)$$

где k – коэффициент неконсервативности вещества (1/сут), величина которого принимается по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитывается исходя из температуры и скорости течения воды в реке, для данного случая $k = 0,006$;

t – время добегания воды в реке: от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут), которое рассчитывается по формуле (4.17):

$$t = \frac{L}{V}, \text{ с или } t = \frac{L}{V \cdot 86400}, \text{ сут,} \quad (4.17)$$

где $\frac{1}{86400}$ – коэффициент перевода времени из секунд в сутки.

Допустимая концентрация для взвешенных веществ. В действующей системе экологического нормирования предельно допустимая концентрация ($C_{\text{ПДК}}$) не установлена. Согласно «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения» содержание взвешенных веществ в водоеме ниже сброса сточных вод должно увеличиваться по сравнению с фоновыми показателями не более чем на 0,25 мг/л или 0,25 г/м³.

При условии, что концентрация взвешенных веществ после смешения $C_{\text{см}} = C_{\text{ПДК}}$, то их содержание не должно увеличиваться более чем на 0,25 г/м³ по сравнению с фоновым ($C_{\text{ф}}$), то есть $\Delta C = 0,25 \text{ г/м}^3$.

Формула для определения *допустимой концентрации взвешенных веществ* ($C_{\text{доп}}^{\text{ВЗВ}}$) имеет вид (4.18):

$$C_{\text{доп}}^{\text{ВЗВ}} = n \cdot (C - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} = n \cdot \Delta C + C_{\text{ф}} = n \cdot 0,25 + C_{\text{ф}} \quad (4.18)$$

Для органических веществ допустимое загрязнение воды определяется показателем *биологической потребности в кислороде* (БПК).

Допустимое загрязнение воды по БПК ($C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}$) характеризуется количеством кислорода, потребляемого на биохимическое окисление органических веществ за установленное время (обычно 5 суток – БПК₅, а за 20 суток – БПК_{полн}), при температуре 20 °С, содержащихся в единице объема воды (мг/л или г/м³).

Допустимое загрязнение воды по БПК_{полн} ($C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}$) определяется по формуле (4.19):

$$C_{\text{доп}}^{\text{БПК}} = n \cdot [(C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}} - C_{\text{пов}}) \cdot e^{K_0 t} - C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}] + C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}, \quad (4.19)$$

где K_0 – среднее значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК_{полн} фона и сточных вод, 1/сут: $K_0 = 0,065$, 1/сут;

$C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}}$ и $C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}$ – значение ПДК и фоновой концентрации по БПК_{полн}, г/м³;

$C_{\text{пов}}$ – концентрация, обусловленная органическими веществами, смыаемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега или концентрация органических веществ в поверхностном стоке, г/м³;

t – время добегания воды в реке от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут), определяется по формуле (4.17).

Величина $C_{\text{пов}}$ принимается равным: для горных рек 0,6–0,8 г/м³; для равнинных рек – 1,7–2,0 г/м³; для рек болотного питания – 2,3–2,5 г/м³.

Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то величина $C_{\text{пов}}$ принимается равном нулю.

Необходимая степень очистки сточных вод в очистных сооружениях находится по формуле (4.20):

$$\Xi = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \% \quad (4.20)$$

где C – концентрация вещества, поступающая на очистные сооружения, г/м³;

$C_{\text{доп}}$ – концентрация вещества в спускаемых в водоем очищенных сточных водах, обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе.

Пример выполнения задания

Сброс сточных вод осуществляется в реку (рис. 4.1).

Цель работы: определить для загрязняющих веществ (консервативных, неконсервативных и взвешенных веществ):

- 1) предельно-допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в водный объект (реку) со сточными водами;
- 2) кратность разбавления сточных вод (стоков);

3) необходимую степень очистки стоков по взвешенным веществам, БПК_{полн} для проектируемых очистных сооружений.

Исходные данные

Приведены в табл. 4.1, 4.2, величина ПДК ($C_{\text{ПДК}}$) – в табл. 4.4.

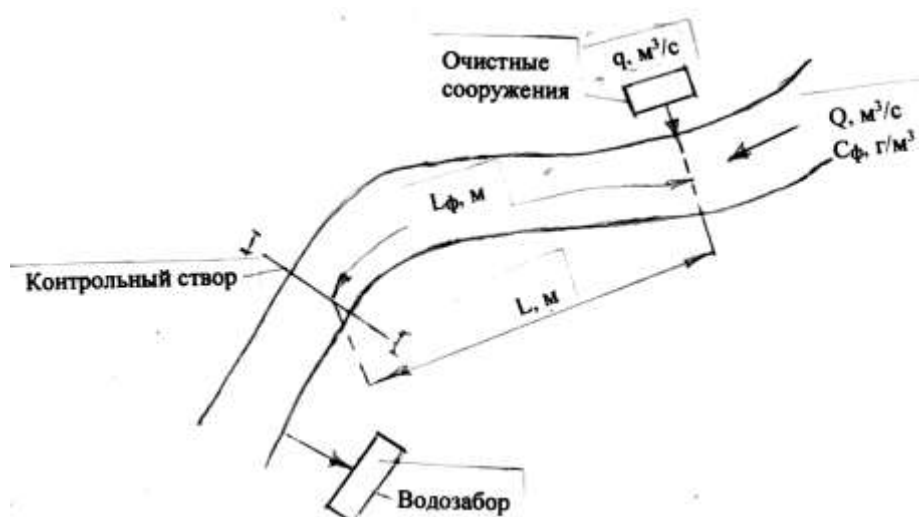


Рис. 4.1. Схема сброса сточных вод в реку

Сброс сточных вод осуществляется в реку, среднемесячный расход которой при 95 % обеспеченности составляет по данным гидрометеорологической службы $Q = 30 \text{ м}^3/\text{с}$. Средняя скорость течения реки на участке от выпуска сточных вод до расчетного створа равна $V = 0,64 \text{ м/с}$. Средняя глубина реки равна $H = 1,2 \text{ м}$. Участок реки (водотока) прямой, извилистость выражена слабо.

Выпуск сточных вод **береговой** и производится с расходом $q = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Для водоемов 1-й категории (санитарно-бытового водопользования) соответствие нормам проверяется в створе, расположенном на 1 км выше водозабора. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру равна $L_{\text{ф}} = 3,5 \text{ км}$

Река используется в качестве источника централизованного водоснабжения и содержит **фоновые концентрации** (мг/л или г/м³):

$$\text{БПК}_{\text{полн}} - C_{\text{ф}}^{\text{БПК}} = 1,8 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{взвешенных веществ} - C_{\text{ф}}^{\text{ВЗВ}} = 5 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{сульфатов (SO}_4\text{)} - C_{\text{ф}}^{\text{SO}_4} = 400,0 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{хлоридов (Cl)} - C_{\text{ф}}^{\text{Cl}} = 100 \text{ г/м}^3;$$

нефтепродуктов (нп) – $C_{\Phi}^{\text{нп}} = 0,05 \text{ г/м}^3$.

Концентрация взвешенных вещества в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, равна $C^{\text{взв}} = 200 \text{ г/м}^3$; содержание органических веществ, выраженных БПК_{полн}, равно $C^{\text{БПК}} = 250 \text{ г/м}^3$.

Таблица 4.2

Исходные данные для задания

Перечень данных	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество загрязнений в воде водоема по БПК _{полн} ($C_{\Phi}^{\text{БПК}}$, г/м ³)	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,2	1,4	2,6	1,8	2,0
Количество взвешенных веществ в воде водоема $C_{\Phi}^{\text{взв}}$, г/м ³	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Фоновые концентрации загрязняющих веществ в воде водоема, C_{Φ} , г/м ³ :										
C_{Φ}^{Cl} – хлориды (Cl)	300	150	200	300	150	200	300	150	200	300
$C_{\Phi}^{\text{SO}_4^{2-}}$ – сульфаты SO_4^{2-}	500	200	300	500	200	300	500	200	300	500
$C_{\Phi}^{\text{нп}}$ – нефтепродукты	0,02	0,05	0,01	0,08	0,04	0,02	0,05	0,01	0,08	0,05
Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистку – $C_{\text{взв}}$, г/м ³	200	250	240	300	200	250	240	300	250	300
Концентрация загрязнений в сточных водах, поступающих на очистку по БПК _{полн} ($C_{\text{БПК}}$, г/м ³)	250	300	280	350	250	300	300	320	300	320
Расход воды в реке Q , м ³ /с	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
Расход сточных вод q , м ³ /с	0,5	0,54	0,6	0,62	0,64	0,66	0,7	0,75	0,8	0,85
Средняя скорость течения реки V , м/с	0,5	0,52	0,54	0,56	0,58	0,64	0,62	0,64	0,66	0,68
Средняя глубина реки H , м	1,2	1,25	1,3	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44
Расстояние от выпуска до расчетного створа L , км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Расстояние по фарватеру до расчетного створа L_{Φ} , км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Вид выпуска	береговой					русловой				

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ равна (табл. 4.4):

для сульфатов $C_{\text{ПДК}}^{\text{SO}_4} = 500,0 \text{ г/м}^3$;
 хлоридов (Cl) – $C_{\text{ПДК}}^{\text{Cl}} = 350 \text{ г/м}^3$;
 нефтепродуктов (нп) – $C_{\text{ПДК}}^{\text{нп}} = 0,3 \text{ г/м}^3$;
 органических веществ – $C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}} = 3,0 \text{ г/м}^3$.

Решение

Расчет предельно-допустимого сброса (ПДС) сточных вод в реку, которая используется в качестве источника централизованного водоснабжения, проводится согласно «Методики расчета ПДС веществ в водные объекты со сточными водами».

1. Проводим расчет **кратности разбавления стоков** в расчетном створе, для чего определяем:

1.1. Коэффициент турбулентной диффузии (E):

$$E = \frac{V \cdot H}{200} = \frac{0,64 \cdot 1,2}{200} = 0,00384,$$

где V – средняя скорость течения реки на всем участке смешения, м/с;

H – средняя глубина реки на этом участке, м.

1.2. Коэффициент, учитывающий гидравлические условия реки (α):

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,00384}{0,6}} = \sqrt[3]{0,0107} = 0,185,$$

где φ – коэффициент извилистости русла, равный отношению длины русла по фарватеру (середине реки) к длине по прямой, соединяющей точки выпуска и контрольного створа (при прямом русле $\varphi = 1$);

ξ – коэффициент, зависящий от вида выпуска сточных вод (при береговом сосредоточенном выпуске 1,0, при русловом – 1,5) при береговом выпуске сточных вод $\xi = 1,0$;

q – расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$.

1.3. Коэффициент смешения сточных вод с водой реки створа:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - b}{1 + \frac{Q}{q} \cdot b} = \frac{1 - 0,061}{1 + \frac{30}{0,6} \cdot 0,061} = 0,232,$$

где $b = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} = 2,7^{-0,185 \cdot \sqrt[3]{3500}} = 0,061$,

L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру, м;

Q – расход воды в створе реки у места выпуска, м³/с;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,7$.

1.4. Краткость разбавления стоков в расчетном створе составит

$$n = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q} = \frac{0,6 + 30 \cdot 0,232}{0,6} = 12,6.$$

2. Определение ПДС для консервативных веществ, поступающих в водный объект со сточными водами.

2.1. Для сульфатов (SO_4)

$$\text{ПДК} - C_{\text{ПДК}}^{SO_4} = 500,0 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 4.4).}$$

Допустимая концентрация SO_4 равна

$$C_{\text{доп}}^{SO_4} = n \cdot (C_{\text{ПДК}}^{SO_4} - C_{\text{ф}}^{SO_4}) + C_{\text{ф}}^{SO_4} = 12,6 \cdot (500 - 400) + 400 = 1660 \text{ г/м}^3.$$

Предельно допустимый сброс для сульфатов равен:

$$\begin{aligned} \text{ПДС}^{SO_4} &= q \cdot C_{\text{доп}}^{SO_4} = 0,6 \cdot 1660 = 996 \text{ г/с} = 996 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = \\ &= 3585,6 \text{ кг/ч} = 3585,6 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 31409,9 \text{ т/год}, \end{aligned}$$

где q – расход сточных вод, м³/с;

$C_{\text{доп}}$ – допустимая концентрация для каждого типа загрязняющего вещества, г/м³.

2.2. Для хлоридов (Cl)

$$C_{\text{ПДК}}^{\text{Cl}} = 350 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 4.4).}$$

Допустимая концентрация хлоридов (Cl) равна:

$$C_{\text{Доп}}^{\text{Cl}} = n \cdot (C_{\text{ПДК}}^{\text{Cl}} - C_{\text{ф}}^{\text{Cl}}) + C_{\text{ф}}^{\text{Cl}} = 12,6 \cdot (350 - 100) + 100 = 3250 \text{ г/м}^3.$$

Предельно допустимый сброс для хлоридов равен:

$$\text{ПДС}^{\text{Cl}} = q \cdot C_{\text{Доп}}^{\text{Cl}} = 0,6 \cdot 3250 = 1950 \text{ г/с.}$$

2.3. Для взвешенных веществ.

Допустимая концентрация взвешенных веществ равна:

$$C_{\text{Доп}}^{\text{ВЗВ}} = n \cdot \Delta C + C_{\text{ф}} = 12,6 \cdot 0,25 + 5 = 8,15 \text{ г/м}^3.$$

Предельно допустимый сброс для взвешенных веществ равен:

$$\text{ПДС}^{\text{ВЗВ}} = q \cdot C_{\text{Доп}}^{\text{ВЗВ}} = 0,6 \cdot 8,15 = 4,89 \text{ г/с.}$$

3. Определение **ПДС для неконсервативных веществ**, поступающих в водный объект со сточными водами.

Для *нефтепродуктов* ПДК

$$C_{\text{Доп}}^{\text{НП}} = 0,3 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 4.4).}$$

Время добегания (t) сточных вод от места выпуска до расчетного створа:

$$t = \frac{L}{V} \cdot \frac{1}{86400} = 468,75 \cdot \frac{1}{86400} = 0,06 \text{ сут} < 0,5 \text{ сут.}$$

где L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

V – средняя скорость течения реки, м/с;

$\frac{1}{86400}$ – коэффициент перевода времени из секунд в сутки.

Допустимая концентрация для нефтепродуктов равна:

$$\begin{aligned}C_{\text{доп}}^{\text{НП}} &= n \cdot (C_{\text{ПДК}}^{\text{НП}} \cdot e^{k \cdot t} - C_{\text{ф}}^{\text{НП}}) + C_{\text{ф}}^{\text{НП}} = \\&= 12,6 \cdot (0,3 \cdot 2,7^{0,006 \cdot 0,6} - 0,05) + 0,05 = \\&= 12,6 \cdot (0,3 \cdot 1 - 0,05) + 0,05 = 3,2 \text{ г/м}^3,\end{aligned}$$

где k – коэффициент неконсервативности вещества (1/сут), величина которого принимается по справочным данным, для данного случая $k = 0,006$.

Предельно допустимый сброс для нефтепродуктов равен:

$$\text{ПДС}^{\text{НП}} = q \cdot C_{\text{доп}}^{\text{НП}} = 0,6 \cdot 3,2 = 1,92 \text{ г/с.}$$

4. Определение величины ПДС органических веществ по БПК_{полн}.

Допустимое загрязнение воды по БПК ($C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}$, г/м³) определяется по формуле:

$$\begin{aligned}C_{\text{доп}}^{\text{БПК}} &= n \cdot [(C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}} - C_{\text{пов}}) \cdot e^{K_0 t} - C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}] + C_{\text{ф}}^{\text{БПК}} = \\&= 12,6 \cdot [(3 - 0) \cdot 2,7^{0,065 \cdot 0,06} - 1,8] + 1,8 \\&= 12,6 \cdot (3 \cdot 1 - 1,8) + 1,8 = 16,92,\end{aligned}$$

где K_0 – среднее значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК_{полн} фона и сточных вод, 1/сут: $K_0 = 0,065$, 1/сут;

$C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}}$ и $C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}$ – значение ПДК и фоновой концентрации по БПК_{полн}, г/м³;

$C_{\text{пов}}$ – концентрация органических веществ в поверхностном стоке, г/м³;

t – время добегаания воды в реке от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут).

Поскольку время добегаания $t = 0,06 < 0,5$ сут, то $C_{\text{пов}} = 0$.

Предельно допустимый сброс для органических веществ (БПК_{полн}) равен:

$$\text{ПДС}^{\text{БПК}} = q \cdot C_{\text{доп}}^{\text{БПК}} = 0,6 \cdot 16,92 = 10,15 \text{ г/с.}$$

5. Необходимая степень очистки для очистных сооружений составит:

$$\mathcal{E} = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \% \quad (4.19)$$

где C – концентрация вещества, поступающая на очистные сооружения, г/м³;

$C_{\text{доп}}$ – концентрация вещества в спускаемых в водоем очищенных сточных водах, обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе.

5.1. Необходимая степень очистки от взвешенных веществ:

$$\mathcal{E} = \frac{C - C_{\text{доп}}^{\text{ВЗВ}}}{C} \cdot 100 = \frac{200 - 8,15}{200} \cdot 100 = 95,9 \, \%.$$

5.2. Необходимая степень очистки по БПК:

$$\mathcal{E} = \frac{C - C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}}{C} \cdot 100 = \frac{200 - 16,92}{200} \cdot 100 = 93,2 \, \%.$$

Предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в водный объект со сточными водами, и необходимая степень их очистки по взвешенным веществам и БПК представлены в таблице 4.3.

Величина ПДС рассчитывается по всем загрязняющим веществам, а за расчетную величину принимается его минимальное значение, а необходимую степень очистки сточных вод – по максимальному значению.

Выводы

1. Кратность разбавления сточных вод в расчетном створе составляет $n = 12,6$.

2. Допустимая концентрация в сточных водах принимается по нефтепродуктам и составляет 3,2 г/м³.

3. Предельно допустимый сброс (ПДС) сточных вод в водный объект равен 1,92 г/с.

4. Необходимая степень очистки сточных вод должна быть не ниже 95,9%.

Таблица 4.3

Результаты расчета предельно допустимого сброса

Показатели состава сточных вод	Допустимая концентрация вещества $C_{\text{доп}}$, г/м ³	ПДС веществ, г/с	Необходимая степень очистки стоков Э, %
Сульфаты (SO_4)	1660	996	—
Хлориды (Cl)	3250	1950	—
Взвешенные вещества	8,15	4,89	95,9
Нефтепродукты	3,2	1,92	—
Органические вещества БПК _{полн}	16,92	10,15	93,2
Расчетная величина	3,2	1,92	95,9

Таблица 4.4

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде

Ингредиенты	ПДК, г/м ³			ЛПВ* – лимитирующий показатель вредности
	Водоемы санитарно-бытового водопользования	Водоемы рыбохозяйственного водопользования	Канализация	
БПК _{полн}	6	3	500,0	общ.
Растворенный кислород (БПК)	Не менее 4	Не менее 6	500,0	общ.
Взвешенные вещества	+ 0,75 к фону	+0,25 к фону		—
Азот аммонийный	2,0	0,4		токс.
Нефтепродукты	0,3	0,05	4,4	рыб.
Хлориды	350,0	300,0		рыб.
Сульфаты	500,0	100,0		с.-т.
Алюминий	0,5	0,04		токс.
СПАВ	0,5	0,1		с.-т.
Фенолы	0,001	0,001	0,05	токс.
Железо	0,5	0,1	5,2	токс.
Цинк	1,0	0,01	6,0	токс.
Ртуть	0,005	0,00001	0,005	токс.
Примечание. ЛПВ* – лимитирующий показатель вредности: с.-т. – санитарно-токсикологический; общ. – общесанитарный; токс. – токсикологический; рыб. – рыбохозяйственный.				

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЯ 5.

НОРМИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Цель: знакомство студентов с порядком определения размеров ущерба от деградации почв и земель и от загрязнения почв химическими веществами организациями, предприятиями, юридическими и физическими лицами.

Краткий теоретический материал

Методика определения размеров ущерба от деградации и загрязнения земель химическими веществами разработана в соответствии с Законом РФ «Об охране окружающей природной среды» от 10.01.2002 и Постановлением Правительства РФ «Об утверждении Положения о порядке возмещения убытков собственникам земли, землевладельцам, землепользователям, арендаторам и потерь сельскохозяйственного производства» от 28.01.1993 № 77.

Экологический ущерб от ухудшения и разрушения почв и земель под воздействием антропогенных (техногенных) нагрузок выражается главным образом в:

- деградации почв и земель;
- загрязнении земель химическими веществами;
- захлавлении земель несанкционированными свалками, другими видами несанкционированного и нерегламентированного размещения отходов;
- увеличении площадей, отводимых под места размещения отходов.

При определении размеров ущерба используются данные почвенных, агрохимических, геоботанических, почвенно-мелиоративных, геологических и других необходимых обследований.

Деградация почв и земель представляет собой совокупность природных и антропогенных процессов, приводящих к изменению функций почв, количественному и качественному ухудшению их состава и свойств, снижению природно-хозяйственной значимости земель. Деградация почв и земель происходит в результате хозяйственной деятельности в сельском и лесном хозяй-

стве, строительства и горнодобывающей деятельности, рекреационных нагрузок.

Под *степенью деградации* почв и земель понимается характеристика их состояния, отражающая ухудшение состава и свойств. Крайней степенью деградации является уничтожение почвенного покрова и порча земель.

Выделяются следующие основные типы деградации почв и земель:

- технологическая (эксплуатационная) деградация, в т. ч. нарушение земель, физическая деградация, агроистощение;
- эрозия, в т. ч. водная, ветровая;
- засоление, в т. ч. собственно засоление, осолонцевание;
- заболачивание.

Под *технической деградацией* понимается ухудшение свойств почв, их физического состояния и агрономических характеристик, которое происходит в результате эксплуатационных нагрузок при всех видах землепользования.

Нарушение земель представляет собой механическое разрушение почвенного покрова и обусловлено открытыми и закрытыми разработками полезных ископаемых и торфа, строительными и геологоразведочными работами и др. К нарушенным землям относятся все земли со снятым или перекрытым гумусовым горизонтом и непригодные для использования без предварительного восстановления плодородия, т.е. земли, утратившие первоначальную ценность.

Физическая деградация характеризуется нарушением (деформацией) сложения почв, ухудшением комплекса их физических свойств.

Агроистощение представляет собой потерю почвенного плодородия в результате сельскохозяйственной деятельности.

Эрозия представляет собой разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока и ветра с последующим перемещением и переотложением почвенного материала.

Водная эрозия представляет собой разрушение почвенного покрова под действием поверхностного стока. Выделяется плоскостная и линейная эрозия. Плоскостная эрозия проявляется в виде смывости поверхностных горизонтов (слоев) почв. Линейная (овражная) эрозия – размыв почв и подстилающих пород,

проявляющихся в виде формирования различного рода промоин и оврагов.

Под *ветровой эрозией* понимается захват и перенос частиц поверхностных слоев почв ветровыми потоками, приводящий к разрушению почвенного покрова.

Засоление почв и земель представляет собой процесс накопления водорастворимых солей, включая и накопление в почвенном поглощающем комплексе ионов натрия и магния.

Собственно засоление – это избыточное накопление водорастворимых солей и возможное изменение среды вследствие изменения их катионно–анионного состава.

Осолонцевание представляет собой приобретение почвой специфических свойств, обусловленное вхождением ионов натрия и магния в почвенный поглощающий комплекс.

Под *заболачиванием* понимается изменение водного режима, выражающееся в длительном переувлажнении, подтоплении и затоплении почв и земель.

Дегградация почв и земель характеризуется пятью степенями:

- 0 – недеградированные (ненарушенные);
- 1 – слабодegradированные;
- 2 – среднедеградированные;
- 3 – сильнодеградированные;
- 4 – очень сильно деградированные (разрушенные).

Для оценки степени дегградации почв и земель используются индикаторные показатели, по которым установлены пороговые значения для определения потери природно-хозяйственной значимости земель. К таким показателям относятся: мощность неплодородного наноса (см), глубина провалов, каменистость покрытия (%), уменьшение мощности почвенного профиля от исходного (%), уменьшение запасов гумуса в профиле (% от исходного), глубина размывов (см), расчлененность территории оврагами (км/кв. км), содержание токсичных солей в пахотном слое (%), продолжительность затопления (месяцы) и др.

Установление степени дегградации почв и земель возможно по любому индикаторному показателю. При наличии двух и более существенных изменений индикаторных показателей оценка

степени деградации почв и земель проводится по показателю, устанавливающему максимальную степень.

Ущерб от загрязнения земель определяется:

- при производстве загрязнения земель (выбросами и сбросами загрязняющих веществ) – на основе данных обследований земель и лабораторных анализов по сравнению с данными предыдущих обследований и анализов;
- при нарушении технологий и регламентов применения пестицидов и других агрохимикатов, несоблюдения природоохранных требований при их хранении, транспортировке и проведении погрузочно-разгрузочных работ, загрязнении земель при авариях, залповых выбросах и сбросах – на основе данных обследований земель и лабораторных анализов;
- при захлавлении земель несанкционированными свалками отходов – на основе данных об объеме (массе) отходов и степени их опасности.

Отходы производства по степени воздействия на организм человека делят на 4 класса опасности:

- 1-й класс – чрезвычайно опасные;
- 2-й класс – высоко опасные;
- 3-й класс – умеренно опасные;
- 4-й класс – малоопасные.

Площади, глубина загрязнения земель и концентрация химических веществ определяются на основании материалов по обследованию земель и лабораторных анализов.

При расчете размеров ущерба от загрязнения земель стоимостные показатели определяются в соответствии с таблицей 1 и уточняются на основе данных государственной статистики об индексации цен.

Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости на территории РФ (табл. 4) вводятся для учета суммарного воздействия, оказываемого загрязняющими веществами на земли.

Средства, взыскиваемые с виновных юридических и физических лиц и возмещение ущерба, нанесенного ими в результате загрязнения земель химическими веществами, рекомендуется использовать для осуществления мероприятий по консервации за-

грязненных земель, выполнению специальных режимов их использования, восстановлению загрязненных земель, устранению их дальнейшего загрязнения, для возмещения убытков и вреда, причиненного в результате ухудшения качества земель и ограничения их использования, возмещения потерь сельскохозяйственного и лесохозяйственного производства, а также на проведение обследований по выявлению загрязненных земель и лабораторных анализов по определению степени их загрязнения.

Порядок расчета

1. Расчет платы за ущерб от загрязнения земель химическими веществами

1.1. Размеры ущерба от загрязнения земель определяются исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель. В случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по следующей формуле:

$$П = Пс \cdot S \cdot K_v \cdot K_z \cdot K_{\varepsilon} \cdot K_{\Gamma} \cdot K_{и} \quad (5.1),$$

где П – размер платы за ущерб от загрязнения земель одним или несколькими химическими веществами (тыс. руб.);

Пс – норматив стоимости сельскохозяйственных земель (тыс. руб./га), определяемый согласно табл. 5.1;

Таблица 5.1

Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд

Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Норматив стоимости освоения новых земель взамен изымаемых с/х угодий, тыс. руб./га
IX зона – Республика Алтай, Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская и Тюменская области, Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий АО	1238
1. Черноземы всех подтипов и лугово-черноземных почвы – мощные тучные и среднегумусные; торфяные окультуренные	1427

Типы и подтипы изымаемых сельскохозяйственных угодий	Норматив стоимости освоения новых земель взамен изымаемых с/х угодий, тыс. руб./га
2. Черноземы всех подтипов и лугово-черноземные почвы – среднеспелые тучные и среднеспелые, черноземы мощные эродированные	1287
3. Черноземы всех подтипов и лугово-черноземные почвы – маломощные; темно-серые лесные, старопойменные луговые	1140
4. Черноземы всех подтипов маломощные эродированные и солонцеватые; лугово-черноземные солонцеватые; аллювиально-луговые	951
5. Серые и светло-серые лесные; темно-каштановые эродированные, каштановые, лугово-каштановые; дерновоподзолистые	853
5. Светло-каштановые, каштановые солонцеватые, глубокие солонцы	664
7. Луговые солончаковые глееватые; солонцы средние	615
8. Солонцы мелкие и корковые, солончаки; лугово-болотные; почвы овражно-балочного комплекса	332

S – площадь земель, загрязненных химическим веществом, га;

K_v – коэффициент пересчета в зависимости от периода времени по восстановлению загрязненных сельскохозяйственных земель, определяемый согласно табл. 5.2;

Таблица 5.2

Значения коэффициента пересчета (K_v) нормативов стоимости сельскохозяйственных земель (P_c) в формуле (5.1) в зависимости от периода времени по их восстановлению

Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета
1 год	0,9	8–10 лет	5,6
2 года	1,7	11–15 лет	7,0

Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета	Продолжительность периода восстановления	Коэффициент пересчета
3 года	2,5	16–20 лет	8,2
4 года	3,2	21–25 лет	8,9
5 лет	3,8	26–30 лет	9,3
6–7 лет	4,6	31 и более лет	10,0

Кз – коэффициент пересчета в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами, определяемый согласно табл. 5.3;

Таблица 5.3

Коэффициенты (Кз) для расчета размеров ущерба в зависимости от степени загрязнения земель химическими веществами

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	Кз
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	1,5
5	Очень сильная	2,0

Кэ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района, определяемый согласно табл. 5.4;

Таблица 5.4

Коэффициенты (Кэ) экологической ситуации и экологической значимости территории

Экономические районы РФ	Кэ
Северный	1,4
Северо-Западный	1,3
Центральный	1,6
Волго-Вятский	1,5
Центрально-Черноземный	2,0
Поволжский	1,9
Северо-Кавказский	1,9
Уральский	1,7
Западно-Сибирский	1,2
Восточно-Сибирский	1,1
Дальневосточный	1,1

Кг – коэффициент пересчета в зависимости от глубины загрязнения земель, определяемый согласно табл. 5.5; Ки – коэффициент индексации цен.

Таблица 5.5

Коэффициенты (Кг) для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель

Глубина загрязнения земель, см	Кг
0–20	1,0
0–50	1,3
0–100	1,5
0–150	1,7
0–>150	2,0

1.2. Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: допустимым (1 уровень), слабым (2 уровень), средним (3 уровень), сильным (4 уровень) и очень сильным (5). Под допустимым уровнем загрязнения понимается содержание в почве химических веществ, не превышающее их предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК). При допустимом уровне загрязнения коэффициент Кз в формуле 5.1 приравнивается к 0, тогда П=0, следовательно плата не взимается. Содержание в почве химических веществ, соответствующее различным уровням загрязнения, приведено в табл. 5.5.

1.3. Размеры ущерба от загрязнения земель несанкционированными свалками отходов определяются по формуле

$$П = Нп \cdot М \cdot Кэ \cdot 25 \cdot Кв, \quad (5.2),$$

где П – то же, что в формуле 5.1;

Нп – норматив платы за захламление земель 1 т (м³) отходов (руб.), определяемый согласно табл. 5.7;

М – масса (объем) отхода, т (м³);

Кэ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории экономического района согласно табл. 5.3;

25 – повышающий коэффициент за загрязнение земель отходами несанкционированных свалок;

K_v – то же, что и в формуле 5.1.

2. Расчет размера ущерба от деградации почв и земель

При проведении обследований по выявлению деградированных почв и земель определяются площади, а также изменение степени их деградации:

а) в качестве исходных материалов используются данные почвенных, агрохимических, почвенно–эрозионных обследований, солевых и других съемок, проведенных предприятиями, организациями и гражданами, имеющими соответствующие лицензии, в сопоставлении с данными предыдущих обследований и съемок;

б) на план землепользования (выкопировку) наносятся контуры угодий в зависимости от изменения степени деградации почв и земель с выделением на них почвенных разновидностей, взятых с почвенной карты;

в) вычисляются площади контуров почвенных разновидностей.

Размер ущерба рассчитывается для каждого контура деградированных почв и земель по формуле:

$$Ущ = (P_c \cdot S \cdot K_{\varepsilon} \cdot K_c + D_x \cdot S \cdot K_v) K_i, \quad (5.3),$$

где $Ущ$ – размер ущерба от деградации почв и земель, тыс. руб.;

P_c – норматив стоимости, определяемый согласно табл. 5.1;

Таблица 5.6

Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, соединение	ПДК	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
		1 допу- стимый	2 низкий от ПДК	3 сред- ний	4 высо- кий	5 очень высокий
Свинец	32	<ПДК	до 125	125–250	250–600	>600
Ртуть	2,1	<ПДК	до 3	3–5	5–10	>10
Мышьяк	2,0	<ПДК	до 20	20–30	30–50	>50
Цинк	23	<ПДК	до 500	500–	1500–	>3000

Элемент, соединение	ПДК	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
		1 допу- стимый	2 низкий от ПДК	3 сред- ний	4 высо- кий	5 очень высокий
				1500	3000	
Бензол	0,3	<ПДК	до 1	1–3	3–10	>10
Бенз(а)- пирен	0,02	<ПДК	до 0,1	0,1–0,25	0,25–0,5	>0,5
Толуол	0,3	<ПДК	до 10	10–50	50–100	>100
Хром	90	<ПДК	до 250	250–500	500–800	>800
Ванадий	150	<ПДК	до 225	225–300	300–350	>350
Олово	4,5	<ПДК	до 20	20–50	50–300	>300
Фтор	10	<ПДК	до 15	15–25	25–50	>50
Стирол	0,1	<ПДК	до 5	5–20	20–50	>50
Сернистые соединения	160	<ПДК	до 180	180–250	250–380	>380

Таблица 5.7

Плата за захламление земель несанкционированными свалками
ОТХОДОВ

Виды отходов	Единица измерения	Нормативы пла- ты за размещение отходов, руб.
1	2	3
Нетоксичные отходы:		
– добывающей промышленности	т	0,4
– перерабатывающей промышленности	м ³	15,0
– бытовые	м ³	20,0
Токсичные отходы:		
– 1 класс токсичности – чрезвычайно опасные	т	1739,2
– 2 класс токсичности – высоко опасные	т	745,4
– 3 класс токсичности – умеренно опас- ные	т	497,0
– 4 класс токсичности – малоопасные	т	248,4

Таблица 5.8

Коэффициенты пересчета в зависимости от изменения степени деградации почв и земель (K_c)

Степень деградации почв по данным контрольных обследований	K_c
0	0
1	0,2
2	0,5
3	0,8
4	1,0

3. Исходные данные для расчетов

Определите ущерб от загрязнения почв химическими веществами, несанкционированными свалками отходов и ущерб от деградации почв. Данные для расчетов приведены в таблице 5.9. Результаты занесите в сводную расчетную таблицу.

Контрольные вопросы

1. Дайте понятие деградации земель. Назовите основные типы деградации.
2. Перечислите индикаторные показатели для оценки степени деградации земель.
3. Каков порядок определения ущерба от деградации почв и земель?
4. Как определяется экологический ущерб от загрязнения земель химическими веществами?
5. Каково значение коэффициентов экологической ситуации?

Таблица 5.9

Вариант	Типы и подтипы почв	Время восстановления земель, лет	Площадь загрязненных земель, га	Загрязняющее в-во	Содержание в-ва в почве, мг/кг	Площадь деградированных земель, га	Глубина загрязнения почвы, см	Степень деградации	Годовой доход с единицы площади, тыс. руб.	Масса отходов, т	Класс опасности в-ва
1.	Чернозем мощный тучный	2	0,5	Сви- нец	150	5,0	100	1		8,0	1
2.			0,8		120	8,0	20	1		6,2	1
3.			2,0		300	20,0	150	2		0,56	2
4.	Маломощный сла- богумусный черно- зем с оврагами	20	3,0	Фтор	15	30,0	10	2		7,3	2
5.			15,0		20	2,0	15	3		12,0	быто- то- вые
6.			45,0		30	4,0	5	3		67,0	
7.	Серая лесная	10	30,0	Ртуть	4	3,0	8	4		10,0	
8.			12,0		6	10,0	12	4		15,0	3
9.			15,0		12	6,0	10	1		15,2	4
10.	Каштановая	5	0,2	Цинк	365	2,0	5	1		2,0	4
11.			2,0		550	20,0	10	2		2,5	1
12.			4,0		1700	40,0	15	2		3,0	1
13.	Торфяная	15	20,0	Мы- шьяк	30	3,0	5	3		13,0	2
14.			25,0		10	2,5	10	3		35,0	2
15.			30,0		40	3,0	15	4		40,0	быто- то- вые
16.	Дерново- подзолистая	18	7,0	Бенз(а) пирен	0,15	40,0	5	4		3,5	
17.			10,0		0,20	15,0	7	1		4,0	
18.			15,0		0,40	20,0	25	1		4,5	3
19.	Солончак	30	18,0	Сти- рол	15,0	15,0	5	2		5,0	4
20.			20,0		0	25,0	12	2		5,5	4
21.			22,0		7,5	6,0	100	3		6,0	1
22.	Чернозем мощный тучный	2	7,0	Фтор	15	10,0	10	3		2,5	1
23.			6,2		20	6,0	15	4		3,0	2
24.			8,5		30	2,0	5	4		13,0	2
25.			4,0		7,5	20,0	8	1		35,0	3

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЯ 6. ОХРАНА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

Цель: ознакомление студентов с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной с выбросом вредных веществ в атмосферу из стационарных источников (труб).

Краткий теоретический материал

Основой мероприятий по охране атмосферного воздуха является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха».

Для оценки качества атмосферного воздуха законом устанавливаются нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ и уровней вредных физических воздействий на атмосферу. Эти нормативы должны отвечать интересам охраны здоровья людей и охраны окружающей среды. Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровней вредных физических воздействий на него являются едиными для всей территории Российской Федерации.

С целью охраны атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками загрязнений, а также нормативы предельно допустимых вредных физических воздействий. Эти нормативы устанавливаются для каждого стационарного источника выбросов или для иного вредного воздействия на атмосферный воздух, а также для каждой модели транспортных или иных передвижных средств и установок.

Нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих атмосферу веществ и предельно допустимых вредных физических воздействий на нее устанавливаются на уровне, при котором выбросы загрязняющих веществ и вредные физические воздействия от конкретного и других источников в данном районе с учетом перспективы его развития не приведут к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарным источником загрязнения допускается в каждом случае на основа-

нии разрешения, выдаваемого специально уполномоченным на то государственным органом. В разрешении предусматриваются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ, а также другие требования, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха.

Предприятия, учреждения и организации, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, обязаны проводить организационно-хозяйственные, технические и иные мероприятия для обеспечения выполнения условий и требований, предусмотренных в разрешениях на выброс, принимать меры по снижению выбросов, обеспечивать бесперебойную работу и поддержание в исправном состоянии сооружений и аппаратуры для очистки выбросов и контроля за ними, а также осуществлять постоянный учет количества и состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Осуществление мероприятий по охране атмосферного воздуха не должно приводить к загрязнению почв, вод и других природных объектов.

В случаях нарушения условий и требований, предусмотренных разрешениями, а также когда возникает угроза здоровью населения, выброс загрязняющих веществ должен быть приостановлен или запрещен по решению органа, осуществляющего государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, вплоть до прекращения деятельности отдельных промышленных установок, цехов, предприятий и учреждений.

При получении предупреждения о возможном повышении концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в связи с ожидаемыми неблагоприятными условиями предприятия, учреждения и организации обязаны проводить специально разработанные по согласованию с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, мероприятия по снижению выбросов таких веществ в атмосферу.

При размещении, проектировании и вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования необходимо обеспечивать соблюдение нормативов вредных воздействий на атмосферный воздух. При этом должны предусматриваться ути-

лизация, обезвреживание вредных веществ и отходов или иное исключение выбросов загрязняющих веществ, выполнение других требований по охране окружающей среды, исходя из того, чтобы совокупность выбросов, а также вредных воздействий от проектируемых, действующих и планируемых к строительству в будущем предприятий, сооружений и других объектов не привели к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов предельно допустимых уровней вредных физических воздействий на него.

Запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, не удовлетворяющих требованиям по охране атмосферного воздуха. Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, независимо от времени ввода их в действие должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ.

Добыча полезных ископаемых, взрывные работы, размещение и эксплуатация терриконов, отвалов, свалок должны проводиться с соблюдением правил по предотвращению и сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха.

Размещение в населенных пунктах терриконов, отвалов, складирование промышленных отходов, производственного, бытового мусора и других отходов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха пылью, вредными газообразными и дурно пахнущими веществами, а также сжигание указанных отходов на территории предприятий, учреждений, организаций и населенных пунктов запрещаются, кроме случаев, когда сжигание осуществляется с использованием специальных установок при соблюдении требований по охране атмосферного воздуха.

Предельно допустимый выброс (ПДВ) является научнотехническим нормативом, устанавливаемым для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него и всей совокупности источников города

или другого населенного пункта с учетом их рассеивания и превращения в атмосфере, а также перспектив развития предприятия не создадут приземной концентрации, превышающей установленные нормативы качества окружающей среды. При этом под нормативами качества окружающей среды принимаются предельно допустимые концентрации (*ПДК*) вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест.

В тех случаях, когда на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, величины *ПДВ* по причинам объективного характера не могут быть достигнуты в настоящее время, по согласованию с органами Госкомгидромета должно планироваться поэтапное, с указанием продолжительности каждого этапа, снижение выбросов от действующих предприятий до величин, обеспечивающих соблюдение *ПДК*. При этом величины временно согласованных выбросов (*ВСВ*) должны устанавливаться с учетом значений величин выбросов, достигнутых предприятиями с наилучшей (в части охраны природной среды) технологией данного производства.

Величины *ПДВ* и *ВСВ* устанавливаются для отдельных источников в граммах в секунду и в тоннах в год.

В случае невозможности установления для источников *ВСВ* на уровне передовых производств уполномоченные органы должны предусмотреть в установленном порядке уменьшение объема производства, закрытие или вывод соответствующих предприятий или объектов или изменение их профиля.

Наряду с установлением *ПДВ* и *ВСВ* для одиночных источников, в результате суммирования устанавливаются значения *ПДВ* и *ВСВ* для предприятий и комплексов в целом.

При установлении *ПДВ* и *ВСВ* для источников должны учитываться фоновые концентрации загрязнений в атмосферном воздухе, фактически созданные остальными источниками своего и других предприятий города и промышленного района. Фоновые концентрации устанавливаются по данным наблюдений сети Общегосударственной службы контроля за состоянием атмосферы либо определяются расчетным путем.

Величины *ПДВ* и *ВСВ* утверждаются в установленном порядке специально уполномоченными государственными органами. Пересмотр их производится в случае изменения мощности,

технологии производства, режима работы предприятия, но не реже одного раза в пять лет.

Величины *ПДВ* и *ВСВ* определяются путем расчета загрязнения атмосферы вредными выбросами из отдельного источника или группы источников, определения расчетной концентрации этих загрязнений в приземном слое атмосферы и сопоставления полученных данных с предельно допустимыми концентрациями примесей в атмосферном воздухе населенных пунктов. Результаты проводятся по временной Методике нормирования промышленных выбросов в атмосферу, разработанной Государственным комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды.

Результаты расчетов и предложения по достижению установленных нормативов качества окружающей среды оформляются в виде тома «Охрана окружающей среды и предложения по предельно допустимым выбросам (*ПДВ*) и временно согласованным выбросам (*ВСВ*) для предприятий» (том *ПДВ* и *ВСВ*).

Порядок расчета

1. Расчет рассеивания выбросов из одиночного источника

Величина максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m для выброса нагретой газовой смеси из одиночного (точечного) источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m от источника определяется по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (6.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе;

M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу из источника выбросов, г/с;

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

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

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_G и температурой окружающего атмосферного воздуха T_B ;

V_1 – объем газовой смеси, м³/с, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (6.2)$$

где D – диаметр источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость газовой смеси на выходе из устья источника выброса, м/с.

Коэффициент A принимается для неблагоприятных метеорологических условий, при которых концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе от источника выбросов достигают максимального значения. Для зоны Сибири значение коэффициента $A = 200$.

Величины M и V_1 определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами.

Величины безразмерного коэффициента F принимаются:

1) для газообразных вредных веществ (сернистого газа, сероуглерода и т. п.) и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F = 1$;

2) для пыли и золы (кроме указанных в предыдущем пункте):

- если коэффициент очистки газовых выбросов равен не менее 90%, $F = 2$;

- если коэффициент очистки газовых выбросов равен от 75 до 90%, $F = 2,5$;

- если коэффициент очистки газовых выбросов менее 75 %, $F = 3,0$.

Вне зависимости от эффективности пылеулавливания значение коэффициента F принимается равным 3, также при расчетах рассеивания пыли в атмосфере для производств, в которых выбросы пыли сопровождаются выделениями водяного пара в количестве, достаточном для того, чтобы в течение года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляция влажных пылевых частиц (например, глиноземное производство).

Безразмерный коэффициент m в уравнении (6.1) определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} \quad (6.3)$$

в зависимости от величины параметра f , вычисляемого по уравнению

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (6.4)$$

Безразмерный коэффициент n в уравнении (6.1) определяется по формулам (6.5)–(6.7) в зависимости от параметра v_m , вычисляемого по формуле (6.8):

$$\text{при } v_m \leq 0,3 \quad n=3; \quad (6.5)$$

$$\text{при } 0,3 < v_m \leq 2 \quad n = 3 - \sqrt{(v_m - 0,3) (4,36 - v_m)}; \quad (6.6)$$

$$\text{при } v_m > 2 = 1, \quad n=3, \quad (6.7)$$

где

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}. \quad (6.8)$$

Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_m при неблагоприятных метеорологических условиях достигает-

ся на оси факела выброса (по направлению среднего ветра за рассматриваемый период) на расстоянии x_m от источника выброса.

Величина x_m определяется по формуле

$$x_m = d \cdot H. \quad (6.9)$$

Коэффициент d в уравнении (6.9) определяется в зависимости от значения коэффициента v_m :

$$\text{при } v_m \leq 2 \quad d = 4,95 \cdot v_m (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (6.10)$$

$$\text{при } v_m > 2 \quad d = 7 \cdot \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (6.11)$$

Величины приземных концентраций вредных веществ C в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса определяются по формуле

$$C = S_1 \cdot C_m. \quad (6.12)$$

Безразмерный коэффициент S_1 определяется в зависимости от отношения x/x_m по формулам

$$\text{при } \frac{x}{x_m} \leq 1 \quad S_1 = 3\left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8\left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6\left(\frac{x}{x_m}\right)^2; \quad (6.13)$$

$$\text{при } 1 < \frac{x}{x_m} \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}; \quad (6.14)$$

$$\text{при } \frac{x}{x_m} > 8 \text{ и } F = 1 \quad S_1 = \frac{\frac{x}{x_m}}{3,58\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35,2\frac{x}{x_m} + 120}; \quad (6.15)$$

$$\text{при } \frac{x}{x_m} > 8 \text{ и } F = 2; 2,5; 3 \quad S_1 = \frac{1}{0,1\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 2,47\frac{x}{x_m} - 17,8}. \quad (6.16)$$

2. Определение предельно допустимого выброса

Предельно допустимый нагретый выброс вредного вещества в атмосферу ПДВ, г/с, из одиночного источника (трубы), при ко-

тором обеспечивается не превышающая *ПДК* концентрация его в приземном слое воздуха, определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{\text{ПДК} \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}. \quad (6.17)$$

3. Определение минимальной высоты одиночного источника выброса

Высота одиночного источника выброса (трубы) H , при которой обеспечивается не превышающее *ПДК* значение максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m , если установлены величины M , ω_0 , v_1 , D и ΔT , определяется по формуле

$$H = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot V_1 \cdot \text{ПДК}} \right)^{3/4}. \quad (6.18)$$

Промышленным предприятием осуществляется выброс газозоудушной смеси, содержащей вредную примесь, в атмосферу из одиночного источника (трубы). Параметры источника выброса, расход газозоудушной смеси, содержание в смеси вредной примеси и ее *ПДК* в атмосферном воздухе населенных пунктов для различных вариантов расчетов приведены в таблице 6.1.

Необходимо определить:

- 1) предельно допустимый выброс примеси в атмосферу – *ПДВ*;
- 2) максимальную приземную концентрацию примеси – C_m ;
- 3) расстояние от источника выброса, на котором достигается максимальная концентрация, – x_m ;
- 4) величины приземных концентраций вредного вещества – C на расстояниях от источника выброса, определяемые соотношениями $x / x_m = 0,25$; $x / x_m = 0,5$; $x / x_m = 1,5$; $x / x_m = 3,0$; $x / x_m = 5,0$;
- 5) построить графическую зависимость приземной концентрации примеси от расстояния от источника выброса;
- 6) результаты расчетов свести в таблицу.

Таблица 6.1

Номер вари- анта	Загрязнитель		Выброс		Источник выброса		
	наименование	$ПДК, \text{мг/м}^3$	масса $M, \text{г/с}$	температура $T_r, ^\circ\text{C}$	скорость $\omega_0, \text{м/с}$	высота $H, \text{м}$	диаметр $D, \text{м}$
1	Азота двуокись	0,085	160	250	6,0	160	1,5
2	Аммиак	0,2	155	245	6,1	162	1,6
3	Ангидрид сернистый	0,05	150	240	6,2	164	1,7
4	Анилин	0,03	145	235	6,3	166	1,8
5	Бензин	1,3	140	230	6,4	168	1,9
6	Бензол	0,8	135	225	6,5	170	2,0
7	Водород хлористый	0,2	130	220	6,6	172	2,1
8	Диметиламин	0,005	125	215	6,5	174	2,2
9	Дихлорэтан	1,0	120	210	6,4	176	2,3
10	Капролактам	0,06	115	205	6,3	178	2,4
11	Кислота серная	0,1	110	200	6,2	180	2,5
12	Кислота уксусная	0,06	105	195	6,1	182	2,6
13	Ксилол	0,2	100	190	6,0	184	2,7
14	Нитробензол	0,008	98	185	5,9	188	2,8
15	Сероуглерод	0,005	96	180	5,8	190	2,9
16	Сероводород	0,008	94	175	5,7	192	3,0
17	Стирол	0,003	92	170	5,6	194	2,9
18	Толуол	0,6	90	165	5,4	196	2,8
19	Трихлорэтилен	1,0	88	160	5,3	198	2,7
20	Фенол	0,01	86	155	5,2	200	2,6
21	Формальдегид	0,003	84	150	5,1	222	2,5
22	Хлор	0,03	82	145	5,0	224	2,4
23	Хлорбензол	0,01	80	140	4,9	226	2,5
24	Циклогексанол	0,06	78	135	4,8	228	2,4
25	Цинка окись	0,05	76	130	4,7	230	2,3

Примечания:

- коэффициент A принимается для всех вариантов расчетов равным $A = 200$;
- коэффициент F принимается для всех вариантов расчетов равным $F = 1$;
- температура окружающего атмосферного воздуха принимается для всех вариантов расчетов равной $T_B = 27 ^\circ\text{C}$.

4. Требования к отчету

Результаты практической работы должны быть оформлены в виде отчета, в котором должны быть изложены:

- наименование и вариант работы;
- исходные данные для расчетов;
- методика расчетов с результатами вычислений;
- рисунок, отражающий графическую зависимость концентрации загрязняющего вещества от расстояния от источника выбросов;
- сводная расчетная таблица;
- общее заключение по результатам работы.

Пример расчета

Газовоздушная смесь, содержащая вредную примесь (двуокись азота, $ПДК = 0,085 \text{ мг/м}^3$) в количестве $M = 160 \text{ г/с}$, выбрасывается из трубы высотой $H = 60 \text{ м}$. Средняя скорость газовоздушной смеси на выходе из устья трубы равна $\omega_0 = 6 \text{ м/с}$. Диаметр выходного отверстия трубы равен $D = 2 \text{ м}$. Температура газовоздушной смеси на выходе из трубы равна $TГ = 167 \text{ }^\circ\text{С}$. Температура окружающего атмосферного воздуха равна $TВ = 27 \text{ }^\circ\text{С}$.

Определение максимальной приземной концентрации вредного вещества C_m

Объем газовоздушной смеси, выбрасываемый из источника [уравнение (6.2)]

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 2^2}{4} \cdot 6 = 18,84 \text{ м}^3.$$

Разность между температурой выбрасываемой газовоздушной смеси и температурой окружающего воздуха:

$$\Delta T = TГ - TВ = 167 - 27 = 140^\circ\text{С}.$$

Значение параметра f [уравнение (6.4)]

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = 10^3 \cdot \frac{6^2 \cdot 2}{60^2 \cdot 140} = 0,143.$$

Коэффициент m [уравнение (6.3)]

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,143} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,143}} = 1,129.$$

Коэффициент v_m [уравнение (6.8)]

$$v_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{18,84 \cdot 140}{60}} = 4,31.$$

$v_m = > 2$, следовательно, коэффициент n в уравнении (6.1) равен $n = 1$.

Максимальная приземная концентрация вредного вещества [уравнение (6.1)]

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}} = \frac{200 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 1,129 \cdot 1}{60^2 \cdot \sqrt[3]{18,84 \cdot 140}} = 0,763 \text{ мг/м}^3.$$

Коэффициент A в уравнении (6.1) в расчетах принят для зоны Сибири равным $A = 200$. Двуокись азота является газообразным веществом, скорость упорядоченного оседания которого практически равна нулю. Поэтому значение коэффициента F в уравнении (1) в расчетах принято равным $F = 1$.

Определение расстояния от источника выброса (трубы) по оси факела, на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества

Коэффициент d при значении $v_m > 2$ [уравнение (6.11)]

$$d = 7 \cdot \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{4,31} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f0,143}) \\ = 16,66.$$

Расстояние, на котором достигается максимальная приземная концентрация [уравнение (6.9)]

$$x_m = d \cdot H = 16,66 \cdot 60 = 1000 \text{ м.}$$

Определение приземных концентраций вредного вещества на различных расстояниях от источника выбросов в атмосферу (трубы)

Величины приземных концентраций вредного вещества в атмосфере на различных расстояниях x от источника выбросов [уравнение (6.12)]. Расчет проводится для следующих значений отношения заданного значения расстояния к значению, при котором достигается максимальная приземная концентрация:

$$x / x_m = 0,25;$$

$$x / x_m = 0,5;$$

$$x / x_m = 1,5;$$

$$x / x_m = 3,0;$$

$$x / x_m = 5,0.$$

В данном примере этим отношениям соответствуют следующие расстояния от источника выбросов: 250, 500, 1500, 3000, 5000 м.

Приземные концентрации для значений отношения:

$x / x_m = 0,25$: коэффициент S_1 [уравнение (6.13)]

$$S_1 = 3\left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8\left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + 6\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 \\ = 3(0,25)^4 - 8(0,25)^3 + 6(0,25)^2 = 0,262,$$

а приземная концентрация [уравнение (6.12)]

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,262 \cdot 0,763 = 0,20 \text{ мг/м}^3.$$

$$x / x_m = 0,5: \quad S_1 = 0,687; \quad C = 0,524 \text{ мг /м}^3.$$

$x/x_m = 1,5$: коэффициент S_1 [уравнение (6.14)]

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13(1,5)^2 + 1} = 0,874,$$

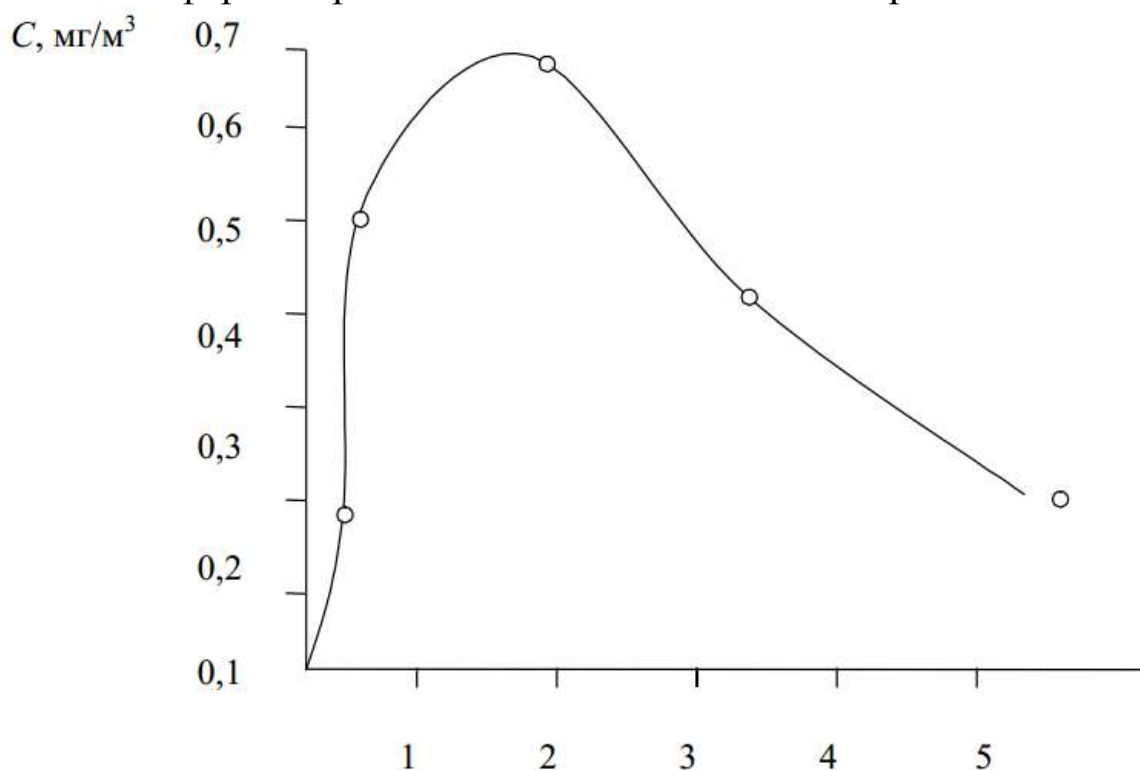
а приземная концентрация [уравнение (6.12)]

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,874 \cdot 0,763 = 0,667 \text{ мг/м}^3.$$

$x/x_m = 3,0$: $S_1 = 0,52$; $C = 0,397 \text{ мг/м}^3$.

$x/x_m = 5,0$: $S_1 = 0,266$; $C = 0,203 \text{ мг/м}^3$.

Зависимость концентрации вредного вещества в приземном слое атмосферы от расстояния от источников выбросов:



Определение предельно допустимого выброса вредного вещества в атмосферу ПДВ, г/с, из одиночного источника (трубы) [уравнение (6.17)]

$$ПДВ = \frac{ПДК \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{0,085 \cdot 60^2 \cdot \sqrt[3]{18,84 \cdot 140}}{200 \cdot 1 \cdot 1,129 \cdot 1} = 18,72 \text{ г/с.}$$

Определение минимальной высоты источника выброса (трубы), при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредного вещества

ПДК вредной примеси в газовойздушной смеси (двуокиси азота) составляет 0,085 мг/м³. Максимальная концентрация примеси в приземном слое атмосферы равна $C_m = 0,763 \text{ мг/м}^3$, т.е. больше ПДК. Следовательно, условия выброса газовойздушной смеси в атмосферу через трубу высотой 60 м не соответствуют санитарным требованиям.

Добиться данного соответствия можно увеличением высоты трубы.

Высота одиночного источника выброса (трубы) H , при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m , если установлены величины M , ω_0 , v_1 , D и ΔT , определяется по формуле [уравнение (6.18)]

$$H_p = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot V_1 \cdot ПДК} \right)^{3/4} = \left(\frac{200 \cdot 160 \cdot 1 \cdot 2}{8 \cdot 18,84 \cdot 0,085} \right)^{3/4} = 594,2 \text{ м.}$$

Результаты расчетов предельно допустимого выброса вредных веществ в атмосферу приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значения
1. Параметры источника выбросов			
высота	H	м	60
диаметр	D	м	2
скорость газовойздушной смеси в устье выброса	ω_0	м/с	6
объем газовойз-	V_1	м ³ /с	18,84

Наименование показателей	Обозначение	Единицы измерения	Значения
душной смеси			
высота, при которой обеспечивается не превышающая ПДК максимальная концентрация вредного вещества	H_p	м	594,2
2. Параметры газовой смеси			
загрязняющее вещество			диоксид азота
ПДК	ПДК	мг/м ³	0,085
количество выбрасываемой примеси	M	г/с	160
предельно допустимый выброс	ПДВ	г/с	18,72
максимальная концентрация в приземном слое	C_m	мг/м ³	0,763
расстояние, на котором достигается максимальная концентрация	x_m	м	1000

Контрольные вопросы

1. Как называются нормативы качества атмосферного воздуха?
2. Какое условие принимается за основу при установлении для стационарного источника выбросов норматива предельно допустимого выброса (ПДВ)?
3. На основании какого документа разрешается выброс загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников?
4. Какие меры применяются к предприятию, имеющему выбросы в атмосферу, в случаях, когда возникает угроза здоровью населения и окружающей среде?
5. Какие мероприятия по охране атмосферного воздуха

должны осуществляться при размещении, вводе в действие новых или реконструируемых действующих предприятий?

6. Какое санитарно-гигиеническое требование должно выполняться при вводе в эксплуатацию новых и реконструируемых предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования?

7. Какие мероприятия должны осуществляться на предприятиях, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу?

8. В каких случаях устанавливаются нормативы временно согласованных выбросов (ВСВ) вредных веществ в атмосферу?

9. Какие требования предъявляются к предприятию при установлении норм ПДВ?

10. Какие данные принимаются за основу при установлении нормативов ВСВ?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗДЕРЖКИ ПРОИЗВОДСТВА И ПУТИ ИХ СОКРАЩЕНИЯ

Целью работы являются изучение экологических издержек производства и путей их сокращения

Ход работы

1. Проведите анализ микроэкономической системы: предприятие, домохозяйство, природа (рис. 7.1) и сделайте выводы.

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

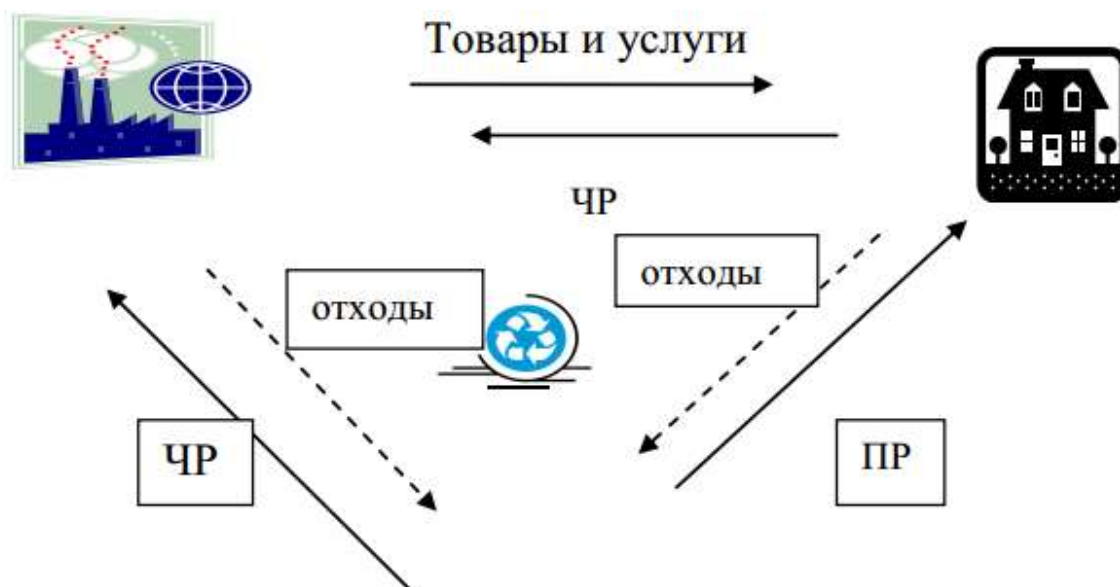


Рис. 7.1. Микроэкономическая система: предприятие, домохозяйство, природа

2. Составьте таблицу решения экологических проблем системы «предприятие, домохозяйство, природа» при переработке отходов и финансированию мероприятий по охране природы.

Проблема	Пути решения
Оптимальное использование ПР	

3. Вставьте пропущенные слова в выражение: «Экономический ущерб, обусловленной деятельностью человека, складывается из ущербов населению (.....), мате-

риальным ценностям (.....), экосистемам (.....), деградация ландшафта, генетические мутации, повышение заболеваемости, снижение продолжительности жизни, исчезновение отдельных биологических видов, сокращение службы основных фондов промышленности, транспорта, жилищно-коммунального хозяйства, нарушение условий воспроизводства возобновляемых природных ресурсов, износ средств производства отдельных отраслей экономики.

4. Дополните предложения и вставьте пропущенные слова: любая производственная деятельность предприятия связана с воздействием его на Производственная деятельность приводит к возникновению (индивидуальных) – затрат со стороны факторов производства. С точки зрения экономики, различают два вида экологических издержек:

- 1), вызываемый выбросами вредных веществ в окружающую среду;
- 2) загрязнения, т. е. затраты на реализацию природоохранных мероприятий.

5. Выберите один правильный ответ: к какой группе экологических издержек относят экологическое страхование: 1) постзатраты; 2) экономический ущерб; 3) предзатраты.

6. Выберите один правильный ответ: к какому виду экологических издержек, затрат со стороны факторов производства относят затраты на реализацию природоохранных мероприятий: 1) текущие затраты предприятия; 2) экономический ущерб от выбросов ЗВ в ОС; 3) издержки предотвращения загрязнения;

7. Укажите два верных утверждения:

- 1) Между объемом уловленных выбросов и величиной природоохранных затрат существует линейная зависимость;
- 2) Удельные природоохранными издержками называют затраты на улавливание всей массы выбросов;
- 3) Величина экономического ущерба зависит от размера предзатрат;

4) Предельные природоохранные затраты – это величина затрат на 1 т уловленных выбросов.

8. Выберите один правильный ответ: какие издержки производственных предприятий характеризуют затраты на очистку 1 т выбросов ЗВ в ОС: 1) суммарные издержки; 2) удельные издержки; 3) издержек.

9. Расшифруйте смысловое значение параметров на графике определения эффективного уровня загрязнения природной среды (рис. 7.2).

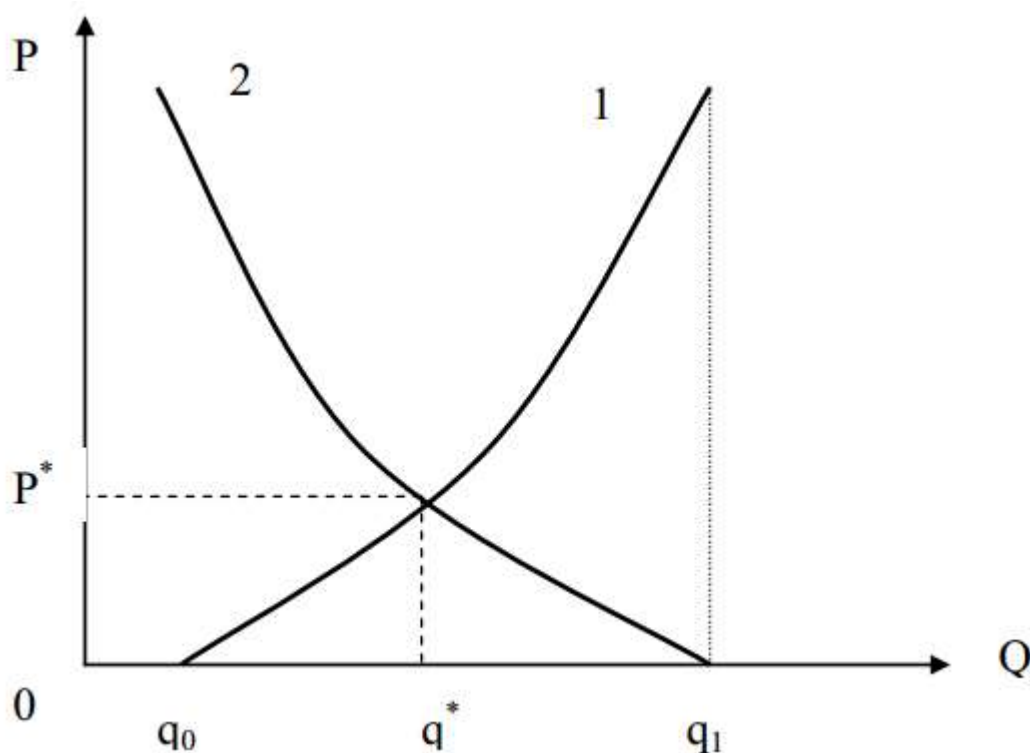


Рис. 7.2. Определение эффективного уровня загрязнения природной среды

10. Укажите, какой, на ваш взгляд, должна быть отраслевая структура экологического сектора экономики?

- 1) _____
- 2) _____
- 3) _____
- 4) _____
- 5) _____

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8. МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Цель: обсуждение проблемы значимости международного сотрудничества в решении проблем природопользования; умения ориентироваться в принципах, формах и направлениях сотрудничества.

Вопросы для обсуждения

1. Основной смысл создания международных организаций, занимающихся изучением окружающей среды и восстановлением природных ресурсов

2. Приведите аргументы в защиту тезиса: «Меры предосторожности, предпринимаемые в целях защиты окружающей среды от вредных последствий интенсивного освоения природы, недостаточны, а для их эффективности-часто требуется сотрудничество нескольких государств.

3. По каким принципам осуществляется международное сотрудничество по проблемам природопользования?

4. Какие из регионов мира, на ваш взгляд нуждаются в совместной работе различных стран для решения экологических проблем и почему?

5. Дать характеристику направлений международного сотрудничества по проблемам природопользования, в которых принимает участие Россия.

6. Почему сегодня так актуален девиз: «Мыслить глобально, действовать локально»?

Дискуссия

Эколог Данило Ж. Маркович пишет: «Международное сотрудничество в области охраны окружающей среды должно строиться с учетом идеи единства человечества, которое, существуя, должно помнить, что оно плывет во Вселенной на одном маленьком островке (наша Земля и все его потребности можно удовлетворить из материальных запасов, находящихся на этом островке. Поэтому сегодня люди, невзирая на страну и характер социально-экономических отношений, должны знать, какую

опасность представляют неконтролируемые поступки для сохранения экологического равновесия как условия существования человека». Почему при всей очевидности этого тезиса на нашей планете существуют международные экологические проблемы? Как их решить?

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9. ИЗУЧЕНИЕ ФЕДЕРАЛЬНЫХ ЗАКОНОВ «ОБ ОХРАНЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ», «О САНИТАРНО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКОМ БЛАГОПОЛУЧИИ НАСЕЛЕНИЯ»

Цель: изучить правовые вопросы экологической безопасности.

Порядок работы

1: Познакомиться с ФЗ «Об охране окружающей среды», заполнить таблицы 9.1 и 9.2.

2. Познакомиться с ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» и ответить на вопросы.

а. Какие санитарно-эпидемиологические требования предъявляются:

(Для ответа на вопросы используйте материалы Главы III)

1) к продукции производственно-технического назначения, товарам для бытовых нужд и технологиям их производства;

2) к потенциально опасным для человека веществам;

3) к пищевым продуктам, пищевым добавкам, продовольственному сырью, контактирующим с ними материалам;

4) к продуктам, ввозимым на территорию РФ;

5) к организации питания населения;

6) к питьевой воде;

7) к атмосферному воздуху;

8) к эксплуатации производственных помещений;

9) к условиям труда;

10) к условиям работы с источниками физических факторов воздействия на человека

Таблица 9.1

Принципы природоохранной политики	Главы и статьи ФЗ «Об охране окружающей среды»
1. Приоритет охраны жизни и здоровья человека, обеспечение благоприятных экологических условий для жизни, труда и отдыха человека.	
2. Научно обоснованное сочетание экономических и экологических интересов общества, обеспечивающих реальные гарантии прав человека на здоровую и благоприятную для жизни окружающую природную среду.	
3. Рациональное использование природных ресурсов.	
4. Соблюдение требований природоохранного законодательства в совокупности неотвратимости наказания за экологические нарушения.	
5. Гласность в работе органов, занимающихся вопросами экологии, тесная связь с общественностью и населением в решении природоохранных задач.	
6. Международное сотрудничество в сфере охраны окружающей среды.	

Таблица 9.2

Права граждан в области охраны окружающей среды	Обязанности граждан в области охраны окружающей среды
1.	1.
2.	2.
3.	3.
4.	4....

б. Какие виды ответственности за нарушения санитарного законодательства предусматриваются законом.

в. Каков порядок наложения штрафа за санитарные правонарушения.

г. Кто возмещает вред личности или имуществу граждан в результате нарушения санитарного законодательства.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

отметка	Критерии	Показатели по шкале от 0 до 100 баллов
5 (отлично)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения и получены верные ответы	90-100
4 (хорошо)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения и получены верные ответы, но имелись незначительные ошибки	80-89
3 (удовлетворительно)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения, но имелись значительные ошибки	60-79
2 (неудовлетворительно)	Работа выполнена не в полном объеме.	менее 60

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Тема 1.1.

1.1. Подготовить рефераты «Источники энергии», «Растительные ресурсы. Факторы воздействия человека на растительность», «Ресурсы животного мира России», «Особо охраняемые природные территории», «Современное состояние окружающей природной среды России».

1.2. Создание презентаций «Современное состояние окружающей природной среды Крыма», «Особо охраняемые территории России»

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Отметка	Критерии	Показатели по шкале от 0 до 100 баллов
5 (отлично)	Конспект выполнен по плану в полном объеме, аккуратно и грамотно	90-100
4 (хорошо)	Конспект выполнен по плану, но не в полном объеме	80-89
3 (удовлетворительно)	Конспект выполнен по плану, но небрежно и не в полном объеме	60-79
2 (неудовлетворительно)	Конспект не выполнен	менее 60

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологические основы природопользования: учебник для студентов среднего профессионального образования, [а также для учителей школ, лицеев, колледжей] / В. М. Константинов, Ю. Б. Челидзе; В. М. Константинов, Ю. Б. Челидзе. – 17-е изд., стер. – Москва : Академия, 2017. – 240 с. – ISBN 9785446844531. – URL: <http://www.academia-moscow.ru/catalogue/4831/293443/> – Текст: электронный.

2. Коротный, Л. М. Экологические основы природопользования. – 2-е изд., испр. и доп. / Л. М. Коротный, Е. В. Потапова. – Москва: Юрайт, 2018. – 374 с. – URL: <https://biblionline.ru/book/ekologicheskie-osnovy-prirodopolzovaniya-429705> – Текст: электронный.

Составители
Ушакова Елена Сергеевна
Ушаков Андрей Геннадьевич

**ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ**

Методические материалы
для студентов специальности СПО
38.02.01 Экономика и бухгалтерский учет (по отраслям)

Рецензент А. В. Неведров

Подписано в печать 25.01.2021. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 4,7
Тираж 25 экз. Заказ
Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева. 650000, , ул. Весенняя, 28
Издательский центр Кузбасского государственного технического
университета имени Т. Ф. Горбачева. 560000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а