

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой РЭТЭМ  
\_\_\_\_\_ В.И. Туев  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ

Методические указания к практическим занятиям,  
лабораторному практикуму и самостоятельной работе студентов  
направления подготовки 280700.62 «Техносферная безопасность»»

Разработчик:  
Доцент кафедры РЭТЭМ  
\_\_\_\_\_ В.М. Захаров

Томск - 2014 г.

Методические указания предназначены для студентов, изучающих курс «Источники загрязнения среды обитания» по направлению подготовки бакалавров "Техносферная безопасность". Включает методические рекомендации для студентов и преподавателей. Указания также могут быть использованы при изучении таких дисциплин как «Экология», «Природопользование», «Мониторинг среды обитания» и "Безопасность в чрезвычайных ситуациях".

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение .....	4
1 Практические занятия .....	5
1.1 Цели и задачи практических занятий при изучении дисциплины ..	5
1.2 Требования к выполнению контрольных работ .....	5
1.3 Тема 1. Источники, характеристика и классификация загрязнений среды обитания .....	6
1.4 Тема 2. Источники промышленных, сельскохозяйственных и военных загрязнений среды обитания, виды и состав загрязнений, интенсивность их образования в основных технологических процессах .....	7
1.5 Тема 3 Характеристики основных газообразных загрязняющих веществ и механизм их образования .....	9
1.6 Тема 4. Антропогенное воздействие на гидросферу и педосферу, охрана и рациональное использование водных ресурсов и почв ...	18
1.7 Тема 5. Электромагнитные поля, излучения и шум .....	29
2 Лабораторный практикум .....	36
2.1 Расчёт концентраций вредных веществ в атмосфере от одиночного источника выбросов .....	36
2.2 Анализ качества природных вод .....	45
2.3 Анализ шумового загрязнения прилегающих территорий .....	53
3 Самостоятельная работа .....	55
3.1 Цель и задачи выполнения самостоятельной работы .....	55
3.2 Темы самостоятельной работы .....	55
3.3 Порядок выполнения самостоятельной работы .....	56
3.4 Объём самостоятельной работы и структура реферата .....	56
3.5 Оформление самостоятельной работы .....	56
Список используемой литературы .....	58
Приложение. Титульный лист оформления реферата .....	60

## ВВЕДЕНИЕ

Человек на всех стадиях своего развития тесно связан с окружающей средой. Но с появлением высокоиндустриального общества, вмешательство человека в природу резко усилилось, расширился объём этого вмешательства, оно стало многообразнее и сейчас становится глобальной опасностью для человечества. Человек и окружающая его среда обитания образуют постоянно действующую систему «человек – среда обитания». Антропогенное воздействие постоянно усиливается и его уровни часто превышают допустимые. Ежегодные выбросы промышленных предприятий и транспорта России составляют более 25 млн. т. Около половины населения России (более 65 млн. человек), проживающих в 187 городах, подвержены воздействию загрязняющих веществ, средние годовые концентрации которых превышают предельно допустимые нормы. Каждый десятый город России имеет высокий уровень загрязнения природных сред.

В связи с этим становится актуальной задача подготовки специалистов, профессионально изучающих загрязнение среды обитания. Незнание основ естественного и антропогенного воздействия на среду обитания, неумение анализировать источники и состав загрязнений в своей профессиональной деятельности для специалиста в настоящее время является недопустимым и социально-безответственным.

Настоящие указания по дисциплине «Источники загрязнения среды обитания» предназначены для студентов-бакалавров, обучающихся по специальности 280700 «Техносферная безопасность», содержат необходимую информацию для выполнения практических занятий, лабораторного практикума и самостоятельной работы с оформлением реферата. В указаниях приведен перечень рекомендуемой литературы. Студенты могут использовать и другую литературу, имеющуюся в библиотеке, а также Интернет-ресурсы.

В результате выполнения практических занятий, лабораторного практикума и самостоятельной работы студенты должны расширить свои знания в изучаемой дисциплине, а также овладеть навыками сбора, обработки и анализа научно-технической информации и оформления её в виде реферата по выбранной теме.

# 1 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

## 1.1 Цели и задачи практических занятий при изучении дисциплины

Целью практических занятий является углубление теоретических знаний, формирование целостного представления студентов об основных процессах и конструктивных особенностях источников воздействия на среду обитания, их выбросах, сбросах, твёрдых отходах и энергетических воздействиях. Изучение дисциплины основано на современных научных данных, раскрываются механизмы антропогенного воздействия на природную среду, его последствия.

Задачи дисциплины - ознакомление студентов с:

- ролью предприятий в загрязнении окружающей среды;
- видами загрязнителей окружающей среды, их характеристиками;
- особенностями загрязнения атмосферы, гидросферы и педосферы производственными отходами;
- энергетическими загрязнителями;
- взаимодействием промышленных предприятий с окружающей средой и изменениями в окружающей среде под воздействием загрязнений;
- методами расчёта рассеивания вредных веществ в природной среде и идентификации источников негативного воздействия на среду обитания.

## 1.2 Требования к выполнению контрольных работ

Контрольные работы состоят из ответов на предлагаемые (контрольные) вопросы и решения задач. Контрольные работы выполняются после каждой темы курса, изложенной на лекциях. Работы могут проводиться в устной и (или) письменной форме.

При выполнении письменной работы контрольные вопросы предлагаются студентам в виде билетов – листов формата А4, в которых содержатся от 3 до 5 вопросов в зависимости от объёма рассматриваемой темы курса и продолжительности практического занятия. Билет содержит также наименование дисциплины, номер учебной группы, строку для написания Фамилии И.О. студента, дату. Ра-

бота пишется во время аудиторных занятий и сразу же сдаётся преподавателю на проверку. Изложенный текст должен быть написан разборчиво и самостоятельно. На последующих занятиях до студентов доводится оценка за контрольную работу, производится анализ ошибок и недочётов и, при необходимости, дополнительная консультация по теме.

При устной форме контрольной работы проводится опрос студентов в виде их публичного выступления с изложением ответом на контрольные вопросы по изучаемой теме.

Студент допускается к экзамену только при выполнении всех контрольных работ.

### 1.3 Тема 1. Источники, характеристика и классификация загрязнений среды обитания

*Содержание:* актуальность проблемы «Источники загрязнения среды обитания», глобальные проблемы человечества, их взаимосвязь. Система «человек – среда обитания» (производственная и непроизводственная). Основные понятия, термины и определения. Источники загрязнения, виды и состав загрязнений. Классификация источников загрязнения, пути поступления загрязнений в среду обитания. Ресурсы России: сырьевая база экономики, возобновимые и невозобновимые ресурсы. Характеристика энергетических ресурсов, эргатический капитал.

#### *Контрольные вопросы:*

1. Загрязнение среды обитания – глобальная проблема. Назовите другие глобальные проблемы, в чём их суть, поясните их взаимосвязь?
2. Дайте характеристику системы «человек – среда обитания».
3. Понятие «загрязнение». Классификация источников загрязнения (по их происхождению), их краткая характеристика.
4. Классификация источников по масштабу загрязнения, продолжительности действия и их расположению.
5. Классификация источников по механизму действия. Дайте их краткую характеристику.
6. Дайте характеристику основных источников загрязнения и основных вредных веществ, поступающих в атмосферу, гидросферу, литосферу. Назовите пути поступления загрязнений в различные сферы Земли.

7. Техногенные и антропогенные загрязнения, их характеристика.
8. Природные ресурсы России. Дайте характеристику возобновимым и невозобновимым ресурсам.
9. Минеральные ресурсы: их группировка по виду промышленно-отраслевого использования, характеристика этих групп.
10. Национальное богатство государства, его структура и совокупные оценки. Характеристика энергетических ресурсов, энергетический капитал.

1.4 Тема 2. Источники промышленных, сельскохозяйственных и военных загрязнений среды обитания, виды и состав загрязнений, интенсивность их образования в основных технологических процессах

*Содержание:* интенсивность образования источников загрязнения среды обитания в основных технологических процессах современной промышленности - металлургия, машиностроение, теплоэнергетика (ТЭС, АЭС, ГЭС), добыча и переработка минерального сырья, угольная, газовая и нефтяная промышленности, химические и нефтехимические производства, бумажная промышленность, транспорт. Сельскохозяйственные загрязнения: удобрения, пестициды, эрозия почв. Военные загрязнения. Выбросы в атмосферу, сбросы в водоёмы, твёрдые отходы.

*Контрольные вопросы:*

1. Промышленные источники загрязнения: их общая характеристика. Санитарная классификация предприятий и размеры санитарно-защитных зон.
2. Группировка отраслей промышленности по коэффициенту токсичности выбросов в атмосферу, сбросов в воду.
3. Классификация отраслей промышленности по экологической опасности для природной среды.
4. Промышленные загрязнения: чёрная и цветная металлургия, основные загрязнители атмосферы, воды и почвы. Использование твёрдых отходов металлургии.
5. Машиностроительный комплекс: характеристика производств по виду и интенсивности загрязнения атмосферы, сточных вод и твёрдых отходов.
6. Теплоэнергетика: ТЭС, виды топлива, загрязнение атмосферы, воды, золашлаки.
7. Теплоэнергетика: АЭС России, воздействие АЭС на окружающую среду, характерные выбросы АЭС.

8. Гидравлические электрические станции: плюсы и минусы гидростроительства, экологические проблемы водохранилищ.

9. Добыча и переработка минерального сырья, воздействие на окружающую среду. Загрязнение атмосферы, воды, ущерб земной поверхности и недрам.

10. Химические и нефтехимические производства: источники выбросов и сбросов, характеристика загрязнений атмосферы, наземных и подземных вод, почвенного покрова.

11. Лесная, деревообрабатывающая и целлюлозно-бумажная промышленность: отличительные черты отрасли. Загрязнение окружающей среды вредными отходами: источники и загрязнители атмосферы, гидросферы и педосферы. Меры по защите и снижению загрязнения.

12. Транспорт: характеристика загрязнений окружающей среды, меры по борьбе с выбросами транспорта.

13. Пищевая, лёгкая и микробиологическая отрасли промышленности: источники и характеристика загрязнений окружающей среды.

14. Промышленность строительных материалов: источники и характеристика загрязнений окружающей среды.

15. Жилищно-коммунальное хозяйство: источники и характеристика загрязнений окружающей среды.

16. Сельское хозяйство как источник химических загрязнений. Причины загрязнения биосферы, источники и состав загрязнений.

17. Эрозия почв, виды эрозии, меры по предотвращению эрозии.

18. Военные загрязнения: источники и характеристика загрязнений. Вклад военных загрязнений в общий объём промышленных загрязнений.

*Контрольные задачи-тесты:*

1. Назовите в порядке возрастания количества выбросов отрасли промышленности, наиболее активно загрязняющие атмосферу:

1) газовая промышленность;

2) электроэнергетика;

3) угольная;

4) чёрная металлургия;



5) нефтедобывающая промышленность;

6) цветная металлургия

2. Постройте диаграмму, отражающую динамику выбросов в атмосферу с 1996г. по 2004 г., для электроэнергетики, черной металлургии, цветной металлургии, машиностроения, газовой промышленности, используя данные таблицы. Дайте объяснение динамике изменения выбросов по отраслям.

Отрасль	Выбросы, тыс. т		
	1996 г.	2001 г.	2004 г.
Электроэнергетика	4748	3656	4195
Чёрная металлургия	2535	2268	3258
Цветная металлургия	3598	3405	3287
Машиностроение	602	433	340
Газовая промышленность	542	476	581

3. В зависимости от высоты  $H$  устья источника выбросов над уровнем земной поверхности их подразделяют на следующие классы:

а) высокие,  $H = ?$  м;

б) средней высоты,  $H = ?$  м;

в) низкие,  $H = ?$  м;

г) наземные,  $H = ?$  м.

Назовите высоту источника в метрах для каждого класса.

1.5 Тема 3 Характеристики основных газообразных загрязняющих веществ и механизм их образования

*Содержание:* газовый баланс атмосферы. Загрязнение атмосферы. Классификация вредных веществ по степени опасности для человека. Источники загрязнения атмосферы: природные и антропогенные. Международный реестр токсичных химических веществ. Нормативный подход к оценке состояния атмосферы. Химическое загрязнение атмосферы, аэрозольное загрязнение атмосферы, фотохимический туман (смог). Озоновый слой Земли, озоновые «дыры». Загрязнение атмосферы выбросами транспорта.

*Контрольные вопросы:*

1. Важнейшие экологические функции атмосферы, состав и строение атмосферы. Охрана атмосферного воздуха.

2. Загрязнение атмосферы: степени воздействия вредных веществ на организм человека. Влияние загрязнения атмосферы на почвенно-растительный покров.

3. Природные и антропогенные источники загрязнения атмосферы, их характеристика.

4. Химическое загрязнение атмосферы: основные загрязняющие вещества и механизм их образования.

5. Аэрозольное загрязнение атмосферы: природные и антропогенные источники, их характеристика. «Кислотные дожди», фотохимический туман.

6. Озоновый слой атмосферы: его природа, функции. Закономерности изменения. Меры международного сообщества по защите озонового слоя.

7. Загрязнение атмосферы выбросами транспорта. Средства защиты атмосферы, способы очистки газовых выбросов в атмосферу.

*Тест «Состояние атмосферы» [10]:*

1. Выберите правильное утверждение. В атмосфере Земли содержится 20,95%:
  - а) азота;
  - б) кислорода;
  - в) углекислого газа;
  - г) углеводородов;
  - д) аргона.
2. Выберите правильное утверждение. Парниковый эффект, вызванный увеличением в атмосфере углекислого газа, приводит:
  - а) к понижению температуры нижних слоёв атмосферы;
  - б) к повышению температуры нижних слоев атмосферы;
  - в) к отравлению организмов;
  - г) к истощению гумуса почв;
  - д) к увеличению радиационного фона Земли.

3. Какова причина возникновения озоновых «дыр». Выберите правильный ответ:
- а) увеличение выбросов в атмосферу углекислого газа;
  - б) увеличение выбросов в атмосферу пыли;
  - в) увеличение выбросов в атмосферу фреонов;
  - г) уменьшение в атмосфере доли кислорода.
4. Назовите газ атмосферы Земли, доля которого наиболее заметно увеличивается вследствие деятельности человека.
5. Доля какого газа в атмосфере Земли по вине человека наиболее заметно уменьшается? Выберите правильный ответ:
- а) аргона (Ar);
  - б) кислорода (O<sub>2</sub>);
  - в) диоксида углерода (CO<sub>2</sub>);
  - г) диоксида азота (NO<sub>2</sub>);
  - д) диоксида серы (SO<sub>2</sub>).
6. Выберите правильные утверждения. На Земле кислород расходуется (связывается) в ходе следующих процессов:
- а) горения;
  - б) фотосинтеза растений;
  - в) окисления;
  - г) дыхания;
  - д) разложения.
7. Выберите правильное утверждение. Озоновый слой находится:
- а) в нижнем слое атмосферы
  - б) в верхнем слое атмосферы;
  - в) в верхнем слое океана;
  - г) на глубине океана;
  - д) в верхнем слое педосферы.
8. Объясните, как оценивается допустимость воздействия на атмосферу на конкретной территории с учётом фоновых загрязнений.

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

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

Основные загрязнители воздуха и их воздействие на природу и человека

Вещества, загрязняющие атмосферу	Источники	Опасность
Оксиды углерода (CO, CO <sub>2</sub> )		
Оксиды серы (SO <sub>3</sub> , SO <sub>2</sub> )		
Оксиды азота (NO <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> )		
Взвешанные вещества (пыль, сажа и др.)		
Радиоактивные вещества		

10. Дайте прогноз состояния окружающей среды при повышении концентрации углекислого газа в атмосфере.

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

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

- а) запретить охоту;
- б) прекратить строительство промышленных теплиц по выращиванию овощей;
- в) прекратить уничтожение лесов;
- г) уменьшить сжигание нефтепродуктов;

д) уменьшить поступление в атмосферу фреонов;

е) противостоять процессу роста городов.

Объясните свой выбор.

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

*Решение практических задач:*

*Оценка состояния атмосферы:*

1. Критерии качества атмосферного воздуха

Для характеристики качества атмосферного воздуха используются следующие показатели:

1) *Стандартный индекс (СИ)* – это наибольшая измеренная за короткий период (20 минут) концентрация  $C_{I_{max}}$ , деленная на ПДК<sub>МР</sub>

$$СИ = \frac{C_{I_{max}}}{ПДК_{МР}} \cdot$$

При СИ меньше единицы загрязнение воздуха не оказывает заметного влияния на здоровье людей. При СИ больше 10 загрязнение воздуха характеризуется как очень высокое.

2) *Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА)*

Индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) основан на положениях, сформулированных М.А. Пинигиным, в соответствии с которыми опасность воздействия на здоровье человека вредного вещества в атмосфере может быть оценена из соотношения между ПДК для воздуха населенных мест и ПДК для производственных помещений.

Предполагается, что на уровне ПДК все вредные вещества характеризуются одинаковым влиянием на человека, а по мере увеличения превышения ПДК их вредность возрастает с различной скоростью, которая зависит от класса опасности вещества

Степень загрязнения одним веществом выражается через *парциальный ИЗА* -  $J_I$ :

$$J_i = \left( \frac{q_{cp,i}}{ПДК_{C.C.I}} \right)^{C_I},$$

где  $q_{cp,i}$  – средняя концентрация  $i$ -го вещества;  $ПДК_{C.C.I}$  – его среднесуточная ПДК, мг/м<sup>3</sup>, (таблица 3);  $C_I$  – безразмерная константа, позволяющая привести степень вредности  $i$ -го вещества к вредности сернистого газа (таблица 1):

Таблица 1 – Значения константы  $C_I$

Класс опасности	$C_I$
Первый	1,7
Второй	1,3
Третий	1,0
Четвертый	0,9

Для суммарной оценки степени загрязнения атмосферы рассчитывается комплексный ИЗА  $J_m$ , учитывающий  $m$  веществ, присутствующих в атмосфере, по формуле

$$J_m = \sum_{i=1}^m J_i = \sum_{i=1}^m \left( \frac{q_{cp,i}}{ПДК_{C.C.I}} \right)^{C_I}$$

Для оценки степени загрязнения атмосферы за рассматриваемый период (месяц и год) рассчитываются следующие индексы:

- ИЗА  $i$ -той примесью на  $j$ - том посту в городе ( $J_{ij}$ )
- ИЗА  $i$ -той примесью на всех постах в городе ( $J_i$ )
- Комплексный ИЗА на  $j$ - том посту ( $J_{i(m)}$ )
- Комплексный ИЗА по всем постам в городе ( $J_m$ )

Расчет комплексного ИЗА производится по формулам таблицы 2:

Таблица 2 - Расчет комплексного ИЗА

Место измерения	Комплексный ИЗА	
	месяц	год
Пост	$J_{j(m)} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\bar{q}_{MIj}}{ПДК_{C.C.I}} \right)^{C_I}$	$J_{j\text{ год}(m)} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\bar{q}_{\text{год}Ij}}{ПДК_{C.C.I}} \right)^{C_I}$
Город	$J_{(m)} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\bar{q}_{MI}}{ПДК_{C.C.I}} \right)^{C_I}$	$J_{\text{год}(m)} = \sum_{i=1}^m \left( \frac{\bar{q}_{\text{год}I}}{ПДК_{C.C.I}} \right)^{C_I}$

Где -  $\bar{q}_{MI}$  - средняя за месяц концентрация примеси, мг/м<sup>3</sup>;

$\overline{C_{\text{Год}}}$  - средняя за год концентрация примеси, мг/м<sup>3</sup>.

При сравнении комплексных ИЗА на различных постах в городе, за различные временные интервалы на одном посту или в городе, в различных городах необходимо учитывать, что комплексный ИЗА есть показатель загрязнения атмосферы суммой веществ. Поэтому при сравнении необходимо использовать  $J_m$  с одинаковым количеством примесей.

С целью сравнения уровней загрязнения и составления списка городов с наибольшим уровнем загрязнения и сравнимости значения комплексных ИЗА для разных городов для расчета  $J_m$  используется значение для 5 веществ, для которых значения  $J_i$  были наибольшими.

Значение комплексного ИЗА, рассчитанного по 5 веществам описанным выше способом, может использоваться для оценки тенденции изменения загрязнения воздуха в городе при наличии в течение всего рассматриваемого пятилетнего периода результатов измерения концентрации тех веществ,  $J_i$  которых определяют основной вклад в загрязнение.

При расчете  $J(5)$  следует использовать результаты определения концентраций бензапирена и металлов, если измерения этих веществ в городе проводились.

В соответствии с существующими методами оценки, уровень загрязнения считается:

- ниже среднего по городам страны, если ИЗА = 5;
- средний, если ИЗА = 5 – 8;
- выше среднего, если ИЗА = 5 - 15;
- значительно выше среднего, если ИЗА больше 15.

## 2. Пример

Среднегодовые концентрации веществ в городе составили:

Вещество	Среднегодовая концентрация, мг/м <sup>3</sup>
Пыль	0,3

Сернистый газ	0,09
Двуокись азота	0,06
Окись азота	0,002
Окись углерода	4,5
Фенол	0,002
Бензапирен	$2,5 \cdot 10^{-6}$
Свинец	0,0005

Рассчитать комплексный ПЗА и установить уровень загрязнения.

*Порядок выполнения расчетов:*

1) Установить по таблице значения ПДК<sub>с.с.</sub>, класс опасности веществ и определить значение показателя степени  $C_i$ . Данные свести в таблицу, заполнив графы 1- 4:

Вещество	ПДК <sub>с.с.</sub> мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	Показатель степени $C_i$	Парциальный ИЗА $J_i$
1	2	3	4	5
Пыль	0,15	3	1,0	2,0
Сернистый газ	0,05	3	1,0	1,8
Двуокись азота	0,04	2	1,3	1,694
Окись азота	0,06	3	1,0	0,033
Окись углерода	3,0	4	0,9	1,44
Фенол	0,003	2	1,3	0,59
Бензапирен	$10^{-6}$	1	1,7	4,748
Свинец	0,0003	1	1,7	2,38

2) Рассчитать парциальный ИЗА для всех веществ и заполнить графу 5 таблицы.

3) Выбрать 5 наибольших значений парциального индекса и рассчитать комплексный ИЗА:  $J(5)=4,748+2,38+2,0+1,8+1,694=12,622$ .

4) Установить уровень загрязнения. В соответствии с градацией уровень загрязнения в городе выше среднего по стране.

3. Задачи для самостоятельного решения

№ 1

Измеренные концентрации  $SO_2$  в атмосфере составили: 0,6; 0,4; 0,8; 0,3; 0,1; 1,2; 0,24 мг/м<sup>3</sup>. Рассчитайте стандартный индекс.

№ 2



Рассчитайте стандартный индекс, если измеренные концентрации диоксида азота составили: 0,01; 0,04; 0,12; 0,08; 0,025; 0,034 мг/м<sup>3</sup>.

№ 3

Средняя концентрация фенола составила 0,021 мг/м<sup>3</sup>. Рассчитайте парциальный ИЗА.

№ 4

Средние концентрации загрязняющих веществ составили: диоксид серы 0,06 мг/м<sup>3</sup>, диоксид азота 0,03 мг/м<sup>3</sup>, оксид углерода 3,3 мг/м<sup>3</sup>. Рассчитайте парциальные ИЗА.

Таблица 3 - Значения ПДК некоторых вредных веществ

Наименование вещества	Класс опасности	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	
		М.Р.	С.С.
1	2	3	4
Азота диоксид	2/3*	0,085	0,04
Ангидрид сернистый (серы диоксид)	3	0,5	0,05
Углерода оксид	4	5	3
Фенол	2	0,01	0,003

\*- в знаменателе указан класс опасности по ГОСТ 12.1.005-86

1.6 Тема 4. Антропогенное воздействие на гидросферу и педосферу, охрана и рациональное использование водных ресурсов и почв

*Содержание:* загрязнение гидросферы: неорганическое загрязнение водоёмов, органическое загрязнение (нефть). Биологическое загрязнение («красный прилив»). Тепловое загрязнение. Обратные системы водоснабжения. Загрязнение почвы: пестициды как загрязняющий фактор, кислотные дожди. Биологическая борьба с загрязнением почвы.

*Контрольные вопросы:*

1. Назовите параметры воды водоёмов, нормируемые ГОСТ, СанПин, ГН?
2. Дайте характеристику показателей БПК и ХПК. Что выражают эти показатели? Что означает показатель БПК<sub>5</sub>?
3. Дайте характеристику показателя ПДС.

4. Назовите основных водопотребителей, дайте их краткую характеристику.
5. Неорганическое загрязнение водоёмов: основные загрязнители, пути поступления их в гидросферу. Болезнь Минамата.
6. Органическое загрязнение водоёмов: основные загрязнители, пути поступления их в гидросферу.
7. Тепловое загрязнение гидросферы.
8. Биологическое загрязнение воды, «красный» прилив.
9. Пути улучшения качества и восстановления водных ресурсов.
10. Дайте характеристику методов очистки сточных вод.
11. Назовите схемы водоснабжения промышленных предприятий, их плюсы и минусы?
12. Изобразите схему оборотного водоснабжения промышленного предприятия.
13. Изобразите схему замкнутого водоснабжения промышленного предприятия.
14. Дайте характеристику загрязнений биосферы в районе озера Байкал.
15. Значение почвенного покрова как компонента биосферы Земли.
16. Загрязнение почвы пестицидами.
17. Причины закисления почв, последствия закисления.
18. Биологический метод борьбы с загрязнением почв.

*Тест «Состояние гидросферы, педосферы»:*

1. Перечислите отрасли хозяйства – основные потребители пресной воды.
2. Перечислите отрасли хозяйства, загрязняющие поверхностные и подземные воды в наибольшей степени.
3. Нефть состоит из веществ в основном нерастворимых в воде и по сравнению с другими загрязнителями слаботоксичных. Объясните, почему загрязнение вод нефтепродуктами считается одним из самых опасных.
4. Ежегодно в Мировой океан попадает 14 миллионов тонн нефти. Один грамм нефти способен образовать плёнку на площади более одного квадрат-

ного метра водной поверхности. Определите площадь ежегодного загрязнения Мирового океана.

5. Дорожные службы вывозят собранный на дорогах города снег. Куда можно вывозить и выгружать этот снег, учитывая экономические и экологические последствия (на поле, в реку или озеро, в специально вырытый котлован, в любое место)? Обоснуйте свой ответ.

6. Озеро находится в сельской местности, промышленных предприятий вокруг нет. Можно ли быть уверенными в том, что воды этого озера не содержат вредных веществ?

7. Назовите основные вещества – загрязнители почв.

8. Объясните, почему химические вещества, которые используются для обработки полей, обнаруживают в рыбе, выловленной в ближайшем пруду.

9. Вдоль одной стороны дороги, проходящей через лес, можно заметить гибель деревьев и заболачивание почвы. Почему это происходит? Как можно предотвратить этот процесс при строительстве дорог?

10. Для таяния ледяной корки на дорогах зимой используется соль и песчано-солевые смеси. Какие изменения происходят в водоёмах и в почве рядом с дорогой. Как и почему может измениться состояние растительности и придорожной зоне?

11. Основной причиной выпадения кислотных дождей является:

- а) выбросы сажи;
- б) электромагнитные излучения;
- в) нарушение озонового слоя;
- г) выбросы сернистого газа;
- д) выбросы фреона.

12. Болезнь Минамата, приводящая к глухоте, параличу и смерти, вызывается:

- а) радиационным поражением;

- б) повышенным содержанием в пище ртути;
- в) повышенным содержанием в пище пестицидов;
- г) нехваткой микроэлементов;
- д) недостатком пресной воды.

*Решение практических задач:*

*Оценка состояния гидросферы:*

#### 1. Показатель ИЗВ

Для оценки состояния поверхностных вод используется показатель **ИЗВ (индекс загрязненности вод)**. Расчет ИЗВ производится по формуле

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^6 (C_i / ПДК_i)}{6},$$

где 6 – строго лимитируемое количество показателей (ингредиентов), берущихся для расчета, имеющих наибольшие значения, независимо от того, превышают они ПДК или нет, включая показатели растворенного кислорода и БПК<sub>5</sub>.

Учитывая, что показатель биохимического потребления кислорода (БПК<sub>5</sub>) является интегральным показателем наличия легкоокисляемых органических веществ и что с увеличением БПК<sub>5</sub> (уменьшением содержания растворенного кислорода) качество вод снижается более резко, ПДК этих показателей принимается по таблице 4.

Таблица 4 - Величины, принимаемые за норматив, для БПК<sub>5</sub> и растворённого кислорода

Показатель	Величина, мг О <sub>2</sub> /л, принимаемая за норматив
<b>БПК<sub>5</sub></b>	
До 2 мг О <sub>2</sub> /л	3
Более 2 до 10 мг О <sub>2</sub> /л	2
Свыше 10 мг О <sub>2</sub> /л	1
<b>Растворенный кислород, мг/л</b>	
Свыше 6	6
Менее 6 до 5	12
Менее 5 до 4	20
Менее 4 до 3	30

Менее 3 до 2	40
Менее 2 до 1	50
Менее 1 до 0	60

Степень превышения концентрации растворенного кислорода над ПДК рассчитывается по формуле:  $\frac{\text{Норматив}}{\text{Содержание}}$

## 2. Пример

По данным результатов наблюдений за состоянием воды водного объекта рыбохозяйственного пользования составлена следующая таблица. Установить класс качества воды по годам.

Наименование вещества (показателя)	Среднеарифметические концентрации в мг/л по годам			Примечание	ПДК, мг/л	ЛПВ
	2010	2011	2012			
Азот аммонийный	0,44	0,36	4,8		0,4	токс.
Азот нитритный	0,24	0,088	0,64		0,08	токс.
Нефтепродукты	0,01	0,03*)	0,025	* )	0,05	рыбхоз.
Фенолы	0,003	0,002	0,004		0,001	рыбхоз.
Растворенный кислород	8	5,5	4,5			
БПК <sub>5</sub>	4	7	12			

\*) в результате аварийных сбросов максимальная концентрация достигала уровня 28 ПДК

*Порядок выполнения расчетов:*

1) Дополнить таблицу исходных данных графами с указанием ПДК и ЛПВ (таблица 5).

2) Рассчитать кратность превышения ПДК по азоту аммонийному, азоту нитратному, нефтепродуктам, фенолам по годам:

- азот аммонийный 2010:  $0,44/0,4 = 1,1$ ;

- и т.д.

3) Рассчитать степень превышения нормативов по растворенному кислороду и БПК<sub>5</sub>.

Степень превышения норматива по растворенному кислороду по годам:

- 2010:  $6/8 = 0,75$ ;

- 2011:  $12/5,5 = 2,19$ ;

- 2012:  $20/4,5 = 4,44$ .

Степень превышения норматива по БПК<sub>5</sub> по годам:

- 2010:  $4/2 = 2$ ;

- 2011:  $7/2 = 3,5$ ;

- 2012:  $12/2 = 6$ .

4) Расчет ИЗВ свести в следующую таблицу:

Наименование веществ (показателей)	С/ПДК по годам		
	2010	2011	2012
Азот аммонийный	1,1	0,9	12,0
Азот нитритный	3,0	1,1	8,0
Нефтепродукты	2	6*	0,5
Фенолы	3	2	4
Растворенный кислород	0,75	2,19	4,44
БПК <sub>5</sub>	2	3,5	6
Сумма	11,85	15,69	34,9
ИЗВ=Сумма/6	1,975	2,615	5,82

5) Установить критерий загрязненности вод по ИЗВ и критерии улучшения (ухудшения) качества вод.

Класс качества воды в зависимости от ИЗВ устанавливается по таблице 6: в 2010 году при ИЗВ = 1,975 водный объект умеренно загрязнен (III класс), в 2011 при ИЗВ = 2,615 загрязнен (IV класс), в 2012 при ИЗВ = 5,82 грязный (V класс).

Таблица 5 - Предельно-допустимые концентрации вредных веществ в водных объектах (СанПин N 4630-88)

Наименование ингредиента	Класс опасности	Водоёмы к/б и х/п назначения	Водоёмы р/х назначения

Железо	3	Органол. цвет	0,3	Токсикол.	0,005
Медь	3	Органол.	1,0	Токсикол.	0,001
Нитраты	3	Сан.-ток.	45,0	Сан.-ток.	40
Нитриты	2	Сан.-ток.	3,3	Токсикол.	0,08
Нефть много-сернистая	4	Органол. пл.	0,1	- -	
Фенол	4	Органол. запах	0,001	Рыб. Хоз.	0,001
Фурфурол	4	Органол.	0,1	- -	
Цинк	3	Общесанит.	1,0	Токсикол.	0,01
Нефть прочая	4	Органол. пл.	0,3	Рыб.хоз.	0,005
Бенз (а) пирен	1	Сан.-ток.	$5 \cdot 10^{-6}$		

Таблица 6 - Критерии оценки качества поверхностных вод

Класс качества воды	Текстовое описание	Величина ИЗВ	Изменение величины ИЗВ в % для определения тенденции качества вод
1	Очень чистая	Менее или равен 0,3	100
11	Чистая	Более 0,3 до 1	Более 50
111	Умеренно загрязненная	Более 1 до 2,5	Более 30
1У	загрязненная	Более 2,5 до 4	Более 25
У	Грязная	Более 4 до 6	Более 20
У1	Очень грязная	Более 6 до 10	Более 15
У11	Чрезвычайно грязная	Более 10	Более 10

Задачи для самостоятельного решения:

№ 1

В водоёме обнаружено содержание нитратов 5 мг/л, фенола 0,3 мг/л и циклогексана 0,1 мг/л. Оценить санитарное состояние водоёма, используя формулу:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1.$$

и данные таблицы:

Вещество	ПДК	Вещество	ПДК
----------	-----	----------	-----

Аммиак	0,39	Ионы нитритов	1,0
Бензапирен	0,000005	Ртуть	0,0005
ДДТ	0,1	Свинец	0,03
Ионы нитратов	10	Фенолы	0,001
Медь	1,0	Цинк	0,01
Сера	0,001	Циклогексан (C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> )	0,1

### № 2

Постройте диаграмму, отражающую динамику сбросов в водоёмы с 2000 г. по 2010 г., для электроэнергетики, черной металлургии, цветной металлургии, машиностроения, газовой промышленности, используя данные таблицы. Дайте объяснение динамике изменения сбросов по отраслям.

Отрасль	Сбросы, млн. м куб.		
	2000 г.	2005 г.	2010 г.
Электроэнергетика	858	752	585
Чёрная металлургия	923	760	610
Цветная металлургия	641	439	443
Машиностроение	705	484	446
Газовая промышленность	5,9	11,5	10,7

### № 3

Установите величину, принимаемую за норматив при расчете ИЗВ, если показатель БПК<sub>5</sub> воды водного объекта составляет 4 мг О<sub>2</sub>/л (таблица 5).

### № 4

Установите величину, принимаемую за норматив при расчете ИЗВ, если содержание растворенного кислорода в воде водного объекта составляет 2,5 мг О<sub>2</sub>/л (таблица 5).

### № 5

Рассчитайте степень превышения величины, принимаемой за норматив при расчете ИЗВ, если показатель БПК<sub>5</sub> воды водного объекта составляет 6,9 мг О<sub>2</sub>/л.

### № 6

Рассчитайте степень превышения величины, принимаемой за норматив при расчете ИЗВ, если содержание растворенного кислорода в воде водного объекта составляет 1,6 мг О<sub>2</sub>/л.



№ 7

Рассчитайте ИЗВ реки, если

Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л
Азот аммонийный	0,99
Азот нитритный	0,037
Нефтепродукты	0,05
Фенолы	0,003
Растворенный кислород	8,64
БПК <sub>5</sub>	1,6

№ 8

Рассчитайте ИЗВ реки, если

Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л	Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л
Азот аммонийный	0,42	Растворенный кислород	8,65
Азот нитритный	0,023	БПК <sub>5</sub>	2,02
Нефтепродукты	0,02	Железо	0,07
Фенолы	0,004	Медь	0,012
Нитраты	0,04	Цинк	0,041

№ 9

Установить класс качества воды, если

Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л	Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л
Азот аммонийный	0,13	Растворенный кислород	11,0
Азот нитритный	0,016	БПК <sub>5</sub>	0,72
Нефтепродукты	0,03	Железо	0,11
Фенолы	0,005	Медь	0,005
Нитраты	0,03	Цинк	0,336

№ 10

Рассчитать изменение ИЗВ по годам (водный объект рыбохозяйственного пользования), если

Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л		Наименование вещества (показателя)	Средние концентрации, мг/л	
	2010	2011		2010	2011
Азот аммонийный	0,4	0,2	Растворенный кислород	9,75	9,48
Азот нитритный	0,014	0,017	БПК <sub>5</sub>	1,18	2,5
Нефтепродукты	0,02	0,02	Железо	0,23	0,26
Фенолы	0,0	0,006	Медь	0	0,009
Нитраты	0,06	0,03	Цинк	0,005	0,011
Метанол	0,0	0,4	Фурфурол	0,0	0,0

### *Оценка состояния педосферы:*

Почвы являются главным аккумулятором техногенных химических соединений в биосфере. В числе токсичных веществ антропогенного происхождения значительная роль принадлежит тяжелым металлам - хром, никель, кадмий, свинец и др., а также нефтепродуктам.

Критерием и важнейшим нормативом, позволяющим оценить степень загрязнения почвы химическими веществами, является ПДК загрязняющих веществ. При оценке загрязнения почв веществами, для которых показатель ПДК не определен, уровни загрязнения сопоставляются с естественным фоновым уровнем. При отсутствии данных по фоновому содержанию в почвах неорганических химических веществ фон берется как средний региональный для незагрязненной территории.

Для оценки состояния почв используется **суммарный показатель химического загрязнения  $Z_C$** :

$$Z_C = \sum_{i=1}^n K_{C_i} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ПДК_i} ,$$

где  $n$  – число определяемых веществ-загрязнителей,  $K_{C_i}$  - коэффициент концентрации  $i$ -го загрязняющего вещества,  $C_i$  - массовая доля  $i$ -го загрязняющего вещества.

### *Порядок выполнения расчетов:*

1) Составить таблицу:

Вещество	ПДК, мг/кг поч- вы	Фоновая концентрация (кларк)	Коэффициент концентрации
1	2	3	4

2) По таблицам 7, 8 выбираем значения ПДК.

3) По оценочной шкале опасности загрязнения почв (таблица 9) оцениваем уровень загрязнения.

Таблица 7 - Предельно допустимые концентрации химических веществ в почвах

Элемент, химическое вещество	ПДК, мг/кг почвы
Ванадий	150
Мышьяк	2,0
Олово	4,5
Ртуть	2,1
Свинец	32
Хром (+3)	90

Таблица 8 - Предельно допустимые концентрации органических соединений в почвах

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/кг почвы	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/кг почвы
Бенз (а) пирен	0,3	Стирол	0,1
Бензин	0,25	Толуол	0,3
Бензол	1,0	Формальдегид	7,0
Карбофос	2,0	Фурфурол	3,0
Ксилолы(орто-,мета-, пара-)	0,3	Хлорофос	0,5

Таблица 9 - Оценочная шкала опасности загрязнения почв [3]

Уровень загрязнения почв	Суммарный показатель загрязнения	Изменение показателей здоровья в очагах загрязненности
Допустимый	Менее 16	Наиболее низкий уровень заболеваемости детей
Умеренно опасный	16 – 32	Увеличение общей заболеваемости
Опасный	32 – 128	Увеличение числа часто болеющих детей с хроническими заболе-

		ваниями
Чрезвычайно опасный	Более 128	Увеличение заболеваемости детского населения, нарушение репродуктивной функции женщин

*Задачи для самостоятельного решения:*

№ 1

Рассчитайте суммарный показатель химического загрязнения почвы, если в районе населенного пункта в почве содержатся бенз(а)пирен 0,03 мг/кг, карбофос 1,8 мг/кг, стирол 0,36 мг/кг, толуол 0,41 мг/кг.

№ 2

Оцените уровень загрязнения почвы, содержащей ванадий 155 мг/кг, олово 5,5 мг/кг, свинец 36 мг/кг.

№ 3

Оцените уровень загрязнения почвы, содержащей мышьяк 2,5 мг/кг, ртуть 3,1 мг/кг, трехвалентный хром 112 мг/кг, бенз(а)пирен 0,025 мг/кг.

### 1.7 Тема 5. Электромагнитные поля, излучения и шум

*Содержание:* источники шума в техносфере и их основные характеристики. Нулевой и болевой пороги слышимости. Классификация шума. Влияние шума на организм человека. Нормирование параметров шума, уровни звукового давления на рабочих местах. Мероприятия по снижению уровня шума. Радиоактивное загрязнение биосферы: основные понятия, характеристики ионизирующих излучений. Естественное и искусственное ионизирующие излучения. Классификация радиационных аварий. Техногенные электромагнитные излучения (ЭМИ): источники ЭМИ, воздействие ЭМИ на здоровье человека.

*Контрольные вопросы:*

1. Шум. Источники шума. Классификация шума.
2. Физические параметры шума.
3. Действие шума на человека.
4. Нормирование шума.

5. Борьба с шумом (защита от шума).
6. Средства индивидуальной защиты от шума.
7. Радиационное загрязнение.
8. Какое излучение называется ионизирующим? Назовите характеристики ионизирующих излучений.
9. Назовите источники ионизирующих излучений.
10. Техногенные источники радиации.
11. Классификация радиационных аварий.
12. Назовите категории облучаемых лиц и основные пределы доз в соответствии с нормами радиационной безопасности.
13. Техногенные электромагнитные излучения: источники, частоты.
14. Воздействие электромагнитных излучений на человека и природную среду.
15. Мероприятия по защите от воздействия электромагнитных излучений.

*Решение практических задач:*

№1: Действие шума на человека

1. Основные соотношения для оценки шума:

- уровень звукового давления, дБ:

$$L_p = 10 \lg \frac{P^2}{P_0^2} = 20 \lg \frac{P}{P_0} ,$$

где  $P$  – измеренное звуковое давление, Па;  $P_0$  – звуковое давление на нулевом пороге слышимости, Па;  $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па;

- требуемое снижение уровней шума определяется по формуле:

$$\Delta L_{\text{тр}} = L - L_{\text{доп}} , \quad (1)$$

где  $L$  – измеренные значения уровней шума, дБ, дБА;  $L_{\text{доп}}$  – допустимые значения уровней шума, дБ, дБА (см. таблицу 10).

- нормируемыми параметрами постоянного шума являются уровни звукового давления  $L$  в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими ча-

стотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц и уровень звука  $L_A$  в дБА во всём спектре частот, измеряемый шумомером на частотной характеристике А.

- допустимые уровни звукового давления в октавных полосах частот, уровни звука и эквивалентные уровни звука на рабочих местах в соответствии с ГОСТ 12.1.003-83\*, СН 2.2.4/2.1.8.562-96 приведены в таблице 10.

Таблица 10 - Нормативные уровни звукового давления и звука на рабочих местах

Вид трудовой деятельности Рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
<b>Предприятия, организации и учреждения</b>										
1. Творческая, научная деятельность. Конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение.	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50
2. Высоквалифицированная работа, требующая сосредоточенности. Административно-управленческая деятельность, измерительные и аналитические работы в лаборатории.	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
3. Работа, выполняемая с часто получаемыми указаниями и акустическими сигналами, работа, требующая постоянного слухового контроля: Рабочие места в помещениях диспетчерской службы, кабинетах и помещениях наблюдения и дистанционного управления с речевой связью по телефону машинописных бюро, на участках точной сборки, в помещениях мастеров, в залах обработки информации на вычислительных машинах.	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

4. Работа, требующая сосредоточенности: рабочие места за пультами в кабинетах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	64	75
5. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп.1-4 и аналогичным им) на постоянных рабочих местах в производственных помещениях на территории предприятия.	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
<b>Тракторы, самоходные шасси, прицепные и навесные сельскохозяйственные машины, строительно-дорожные, землеройно-транспортные, мелиоративные и другие виды машин.</b>										
6. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала автомобилей	100	87	79	72	68	65	63	61	59	70
7. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала тракторов, самоходных шасси, прицепных и навесных сельскохозяйственных машин строительно-дорожных и других аналогичных машин	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
8. Рабочие места водителей и обслуживающего персонала и места пассажиров легковых автомобилей	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60
9. Рабочие места за пультами в кабинах наблюдения и дистанционного управления без речевой связи по телефону, в помещениях лабораторий с шумным оборудованием, в помещениях для размещения шумных агрегатов вычислительных машин.	103	91	83	77	73	70	68	66	65	75
10. Выполнение всех видов работ (за исключением перечисленных в пп. 10-13 и аналогичных им) рабочих местах в производственных помещениях на территории предприятия	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

2. Задача: оценить шум на рабочем месте (PM), определить требуемое снижение шума. Фактические параметры шума приведены в таблице 11.

Воспользоваться формулой (1) данной темы; значения ПДУ, дБ выбрать из таблицы 10. Расчёты свести в таблицу 12.

Таблица 11 - Фактические параметры шума

Вариант №	РМ	Уровни звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука, дБА
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Начальника цеха	89	83	70	62	60	60	55	52	51	65
2	Токаря	105	90	85	80	81	80	77	74	75	87
3	Слесаря	100	95	90	82	85	83	80	75	77	89
4	Столяра	106	97	86	87	88	86	79	74	70	90
5	Диспетчер (управление по телефону)	90	82	78	72	70	67	66	60	50	75
6	Варщик	105	95	88	85	80	76	75	70	75	88
7	Гальваник	104	99	90	80	82	82	80	70	72	90
8	Лаборант	90	78	75	70	60	60	54	55	53	68
9	Главный технолог	84	78	65	60	50	50	45	40	35	60
10	Маляр	80	80	85	84	80	79	77	75	73	85
11	Отделочник	87	83	82	85	81	77	78	74	70	86
12	Газорезчик	90	87	85	84	83	80	80	70	65	88
13	Паркетчик	70	75	73	80	82	83	80	74	75	87
14	Главный инженер	70	70	65	63	64	60	50	45	40	60
15	Термист	92	88	85	80	80	78	77	74	72	83
16	Конструктор	77	70	60	55	54	48	43	42	40	56
17	Начальник ОТК	90	80	70	67	60	60	55	50	45	65
18	Оператор (в кабине наблюдения)	95	90	84	80	75	74	70	67	65	80
19	Грузчик	90	90	92	90	80	81	75	74	74	87
20	Шофер автобуса	90	78	74	65	63	64	60	55	54	70
21	Водитель легк. авт.	91	80	72	67	62	60	54	53	50	65
22	Кондуктор	80	70	68	63	58	57	53	51	49	62



23	Слесарь	104	94	90	85	80	80	70	71	73	86
24	Диспетчер	90	78	70	69	60	56	53	53	50	83
25	Тракторист	105	93	88	82	82	80	75	74	73	85
26	Заправщик	100	90	85	84	85	86	80	75	70	88
27	Рабочий гаража	107	95	86	86	84	88	80	80	74	90
28	Аккумуляторщик	102	90	85	82	80	77	76	70	65	83
29	Начальник гаража	85	70	60	53	48	45	40	38	35	50
30	Водитель груз. авт.	100	85	80	73	74	71	67	65	60	77

Таблица 12 - Санитарно-гигиеническая оценка шума

Параметр	Значение параметра в октавных полосах со среднегеометрической частотой, Гц									Уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Фактический УЗД ( $L_p$ ), дБ										
ПДУ, дБ										
$\Delta L_{тр}$ , дБ										

## № 2: Оценка радиационной обстановки

Оценка радиационной обстановки заключается в определении эффективной эквивалентной дозы, которую человек может получить находясь в данных условиях, и сравнении её с предельно допустимым значением. Эффективная эквивалентная доза определяется следующим образом:

$$E = \dot{E} \cdot \tau , \quad (2)$$

$\dot{E}$  – мощность эффективной эквивалентной дозы, Зв/с;  $\tau$  – время облучения, с.

Полученное значение  $E$  сравнивают с предельно допустимым. Последнее установлено для трех категорий облучаемых лиц:

- персонал группы А – лица непосредственно работающие с ИИИ;
- персонал группы Б – лица, по условиям работы находящиеся в сфере их воздействия;
- население.

Согласно НРБ-99 установлены основные пределы доз (ПД) для всех категорий облучаемых лиц, значения которых приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Пределы доз облучаемых лиц (по НРБ-99)

Нормируемые величины	Пределы доз		
	Персонал группы А	Персонал группы Б	Население
Эффективная доза	20 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв/год	5 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 12,5 мЗв/год	1 мЗв/год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв/год

Задача: мощность эффективной дозы на рабочем месте равна 1мкЗв/ч. Работник из числа персонала группы А находится на этом рабочем месте 1000 часов в году. Оцените условия труда. (Используйте формулу (2) и пределы доз по таблице 13).

## 2 ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

### 2.1 Расчёт концентраций вредных веществ в атмосфере от одиночного источника выбросов

Цель работы:

- 1) изучить методику расчёта концентраций вредных веществ в атмосфере от одиночного источника выбросов;
- 2) произвести расчёты ряда практических задач по анализу факела выброса.

#### А) Основные расчётные формулы

Характер распределения концентрации вредных веществ в атмосфере под факелом организованного источника показан на рисунке 2.1.

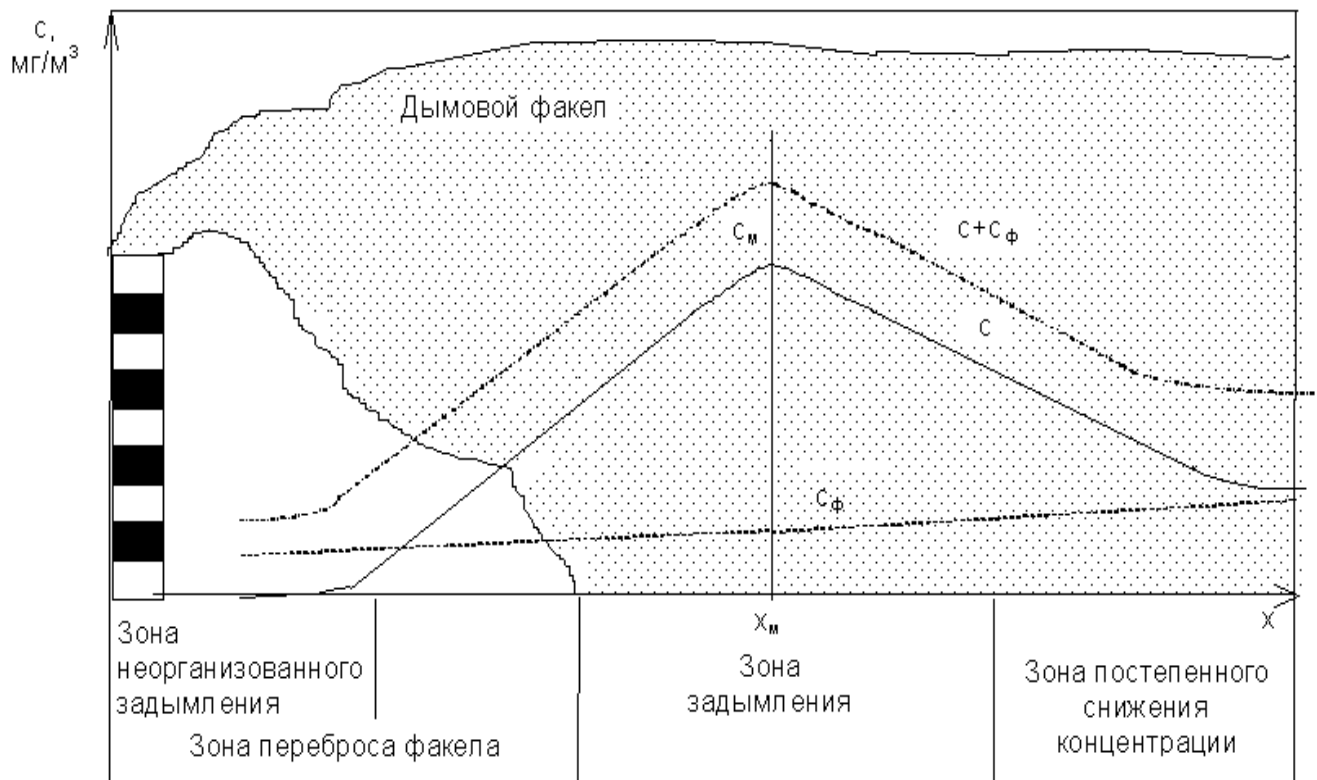


Рисунок 2.1 - Распределение концентрации вредного вещества в атмосфере от организованного источника выбросов при наличии фонового загрязнения

Пространство под факелом по мере удаления от источника выброса можно условно разделить на три зоны:

- зону переброса факела, характеризующуюся сравнительно невысоким содержанием вредных веществ;
- зону задымления с максимальным содержанием вредных веществ, которая распространяется на расстоянии 10...49 высот трубы;
- зону постепенного снижения концентрации вредных веществ.

Расчёт концентраций вредных веществ в атмосфере от одиночного источника выбросов заключается в решении следующих задач:

1. Определение максимального значения концентрации вредного вещества  $c_m$  и расстояния по оси факела  $x_m$ , на котором будет наблюдаться значение  $c_m$  (рисунок 2.1) при неблагоприятных метеоусловиях.
2. Расчет опасной скорости ветра  $u_m$  на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли).
3. Распределение приземных концентраций вредных веществ  $c$  при неблагоприятных метеоусловиях и опасной скорости ветра  $u_m$  в зависимости от расстояний  $x$  и  $y$ , где  $x$  – расстояние по оси факела  $x$ , а  $y$  – расстояние по перпендикуляру к оси факела.

Рассмотрим решение первой задачи: определение максимального значения концентрации вредного вещества  $c_m$  и расстояния  $x_m$ , на котором будет достигнуто значение  $c_m$  (рисунок 2.1) при неблагоприятных метеоусловиях. Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $c_m$  на расстоянии  $x_m$  от источника с круглым отверстием при неблагоприятных метеоусловиях определяется по формуле:

$$c_m = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_T \times \Delta T}}, \quad (2.1)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от температурной стратификации (расслоения) атмосферы;

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

$F$  – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ;

$m$  и  $n$  – коэффициенты, учитывающие условия выхода газов из устья источника;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (при перепаде высот менее 50 м на 1 км длины  $\eta = 1$ );

$H$  – высота источника выброса над уровнем земли, м (для наземных источников  $H = 2$  м);

$\Delta T$  – разность температур между температурой выбрасываемых газов  $T_r$  и температурой окружающего воздуха  $T_b$ , °С,  $\Delta T = T_r - T_b$ ;

$V_r$  – расход газов,

$$V_r = 0,785 \times D^2 \times w_0, \quad (2.2)$$

где  $D$  – диаметр устья источника выбросов, м;

$w_0$  – средняя скорость выхода газов из устья источника, м/с.

Поясним методику определения параметров, входящих в формулу (2.1).

Коэффициент  $A$  принимается для неблагоприятных метеоусловий, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна. Например, для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Ивановской, Калужской областей  $A = 140$ .

Величины  $M$ ,  $V_r$ ,  $T_r$  определяются расчётом в технологической части проекта или по паспорту установки. Для изменяющихся во времени значений  $M$ ,  $V_r$ ,  $T_r$  принимаются такие их величины (усредненные в 20÷30-минутном), при которых  $c_m$  максимально.

Температура воздуха  $T_b$  принимается равной средней максимальной температуре наиболее жаркого месяца по СНиП 2.01.01–82 или средней температуре самого холодного месяца для отопительных котельных.

Значение коэффициента  $F$  для вредных газообразных веществ принимается равным единице ( $F = 1$ ), а для пыли и золы в зависимости от степени предварительной их очистки  $\mu$  ( $F = 2$  при  $\mu \geq 90$ ,  $F = 2,5$  при  $75 \leq \mu < 90$  и  $F = 3$  при  $\mu < 75$  %). Напомним, степенью очистки называют отношение в процентах уловленной массы пыли и золы к поступившей.

Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определяют в зависимости от параметров  $f$ ,  $v_m$ ,  $v$  и  $f_e$ :

$$f = 1000 \times \frac{w_0^2 \times D}{H^2 \times \Delta T}, \quad (2.3)$$

$$v_m = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V_{\Gamma} \times \Delta T}{H}}, \quad (2.4)$$

$$v = 1,3 \times \frac{w_0 \times D}{H}, \quad (2.5)$$

$$f_e = 800 \times v^3. \quad (2.6)$$

Коэффициент  $m$  ( $m = 0,4 \dots 1,6$ ) определяется в зависимости от  $f$  по рисунку 2.2 (приблизительно). Для  $f_e < f < 100$  коэффициент  $m$  вычисляется по формуле (2.7) при  $f = f_e$ :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100, \quad (2.7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100.$$

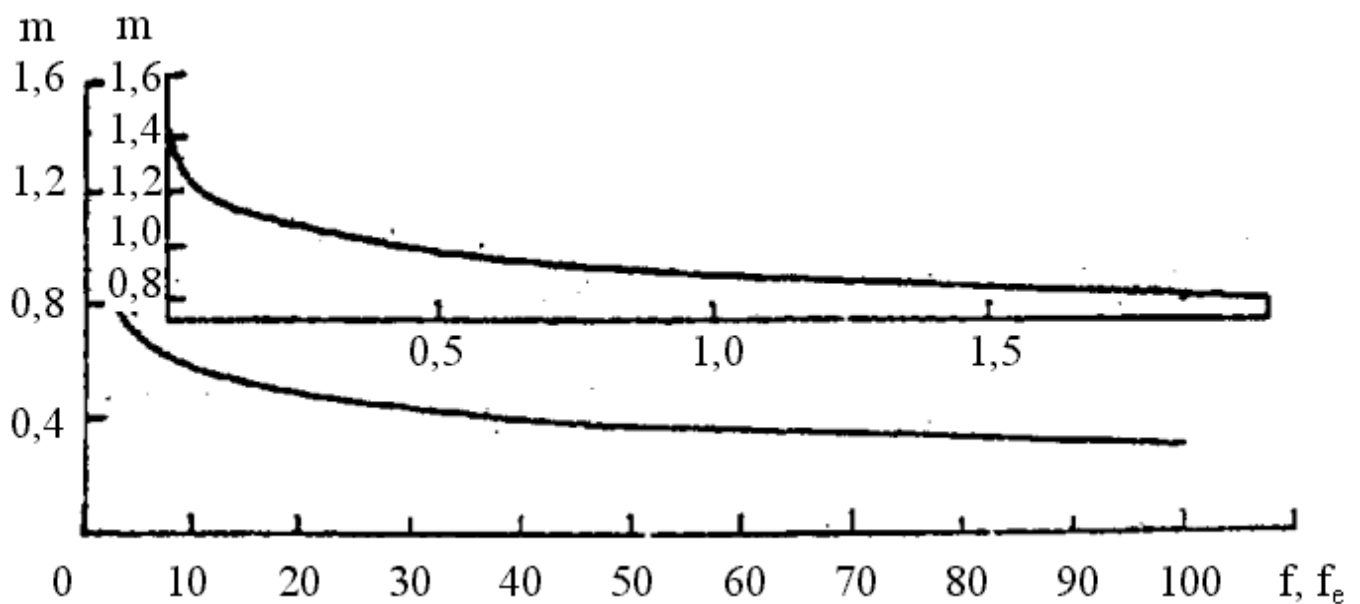


Рисунок 2.2 - Коэффициент  $m$  в зависимости от  $f$  или  $f_e$

Коэффициент  $n$  при  $f < 100$  определяется в зависимости от  $v_m$  по рисунку 2.3 (приблизительно) или по формуле:

$$n = 1 \quad \text{при } v_m \geq 2;$$

$$n = 0,532 \times v_m^2 - 2,13 \times v_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq v_m < 2;$$

$$n = 4,4 \times v_m \quad \text{при } v_m < 0,5. \quad (2.8)$$

Для  $f \geq 100$  (или  $\Delta T \approx 0$ , холодные выбросы) при расчете  $c_m$  вместо формулы (2.1) используется формула

$$c_m = \frac{A \times M \times F \times m \times n \times \eta}{H^{4/3}} \times K, \quad (2.9)$$

где

$$K = \frac{D}{8 \times V_T} = \frac{1}{7,1 \times \sqrt{w_0} \times V_T}. \quad (2.10)$$

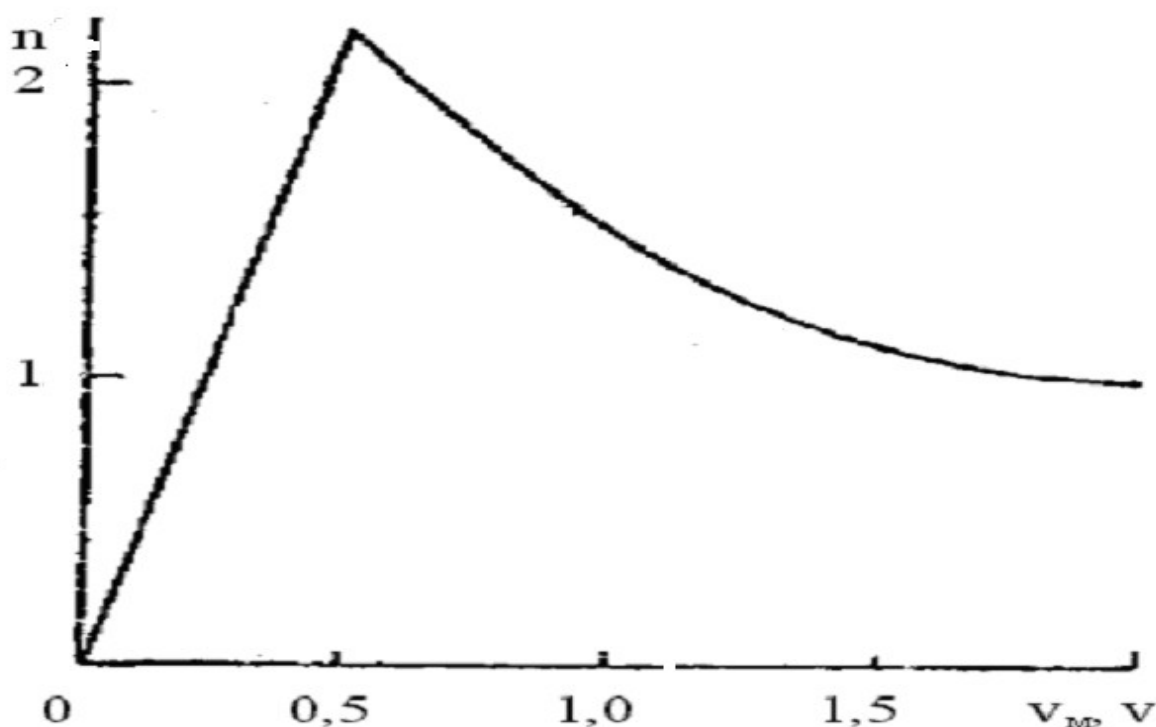


Рисунок 2.3 - Коэффициент  $n$  в зависимости от  $v_m$  и  $v$

В случае предельно малых опасных скоростей ветра при  $f < 100$  и  $v_m < 0,5$  или  $f \geq 100$  и  $v < 0,5$  расчет  $c_m$  выполняется по другой формуле:

$$c_m = \frac{A \times M \times F \times m_n \times \eta}{H^{7/3}}, \quad (2.11)$$

где  $m_n = (2,86 \times m)$  при  $f < 100, v_m < 0,5$ ;

$m_n = 0,9$  при  $f \geq 100, v < 0,5$ . (2.12)

Расстояние  $x_m$  от источника выбросов, при котором достигается максимальное значение концентрации  $c_m$ , определяется по выражению

$$x_m = \frac{5 - F}{4} \times d \times H, \quad (2.13)$$

где безразмерный коэффициент  $d$  находится по формуле

$$\begin{aligned} d &= 2,48 \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f_e}) && \text{при } v_m \leq 0,5, \\ d &= 4,95 \times v_m (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}) && \text{при } 0,5 < v_m \leq 2, \\ d &= 7 \times \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}) && (2.14) \\ &&& \text{при } v_m > 2. \end{aligned}$$

При  $f > 100$  или  $\Delta T \approx 0$  значение  $d$  находится по-другому:

$$\begin{aligned} d &= 5,7 && \text{при } v \leq 0,5, \\ d &= 11,4 \times v && \text{при } 0,5 < v \leq 2, \\ d &= 16 \times \sqrt[3]{v} && \text{при } v > 2. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Значение опасной скорости  $u_m$  на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение  $s_m$ , в случае  $f < 100$  определяется по формуле:

$$\begin{aligned} u_m &= 0,5 && \text{при } v_m \leq 0,5; \\ u_m &= v_m && \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \\ u_m &= v_m \times (1 + 0,12\sqrt{f}) && \text{при } v_m > 2. \end{aligned} \quad (2.16)$$

При  $f \geq 100$  или  $\Delta T \approx 0$  значение  $u_m$  находится по другим выражениям:

$$\begin{aligned} u_m &= 0,5 && \text{при } v < 0,5, \\ u_m &= v && \text{при } 0,5 \leq v \leq 2, \\ u_m &= 2,2 && \text{при } v > 2. \end{aligned} \quad (2.17)$$



При опасной скорости ветра  $u_m$  приземная концентрация вредных веществ  $c$  в атмосфере на различных расстояниях  $x$  от источника выброса для ортогональной координатной сетки  $[x, y]$  определяется по формуле:

$$c = s_1 \times c_m, \quad (2.18)$$

где  $s_1$  – безразмерный коэффициент, зависящий от  $X = x/x_m$  и коэффициента  $F$ , определяется по рисунку 2.4 (приблизительно) или по формуле:

$$\begin{aligned}
 s_1 &= 3X^4 - 8X^3 + 6X^2 && \text{при } X \leq 1, \\
 s_1 &= \frac{1,13}{0,13 \times X^2 + 1} && \text{при } 1 < X \leq 8, \\
 s_1 &= \frac{X}{3,58 \times X^2 - 35,2 \times X + 120} && \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } X > 8, \\
 s_1 &= \frac{X}{0,1 \times X^2 + 2,47 \times X - 17,8} && \text{при } F > 1,5 \text{ и } X > 8.
 \end{aligned} \quad (2.19)$$

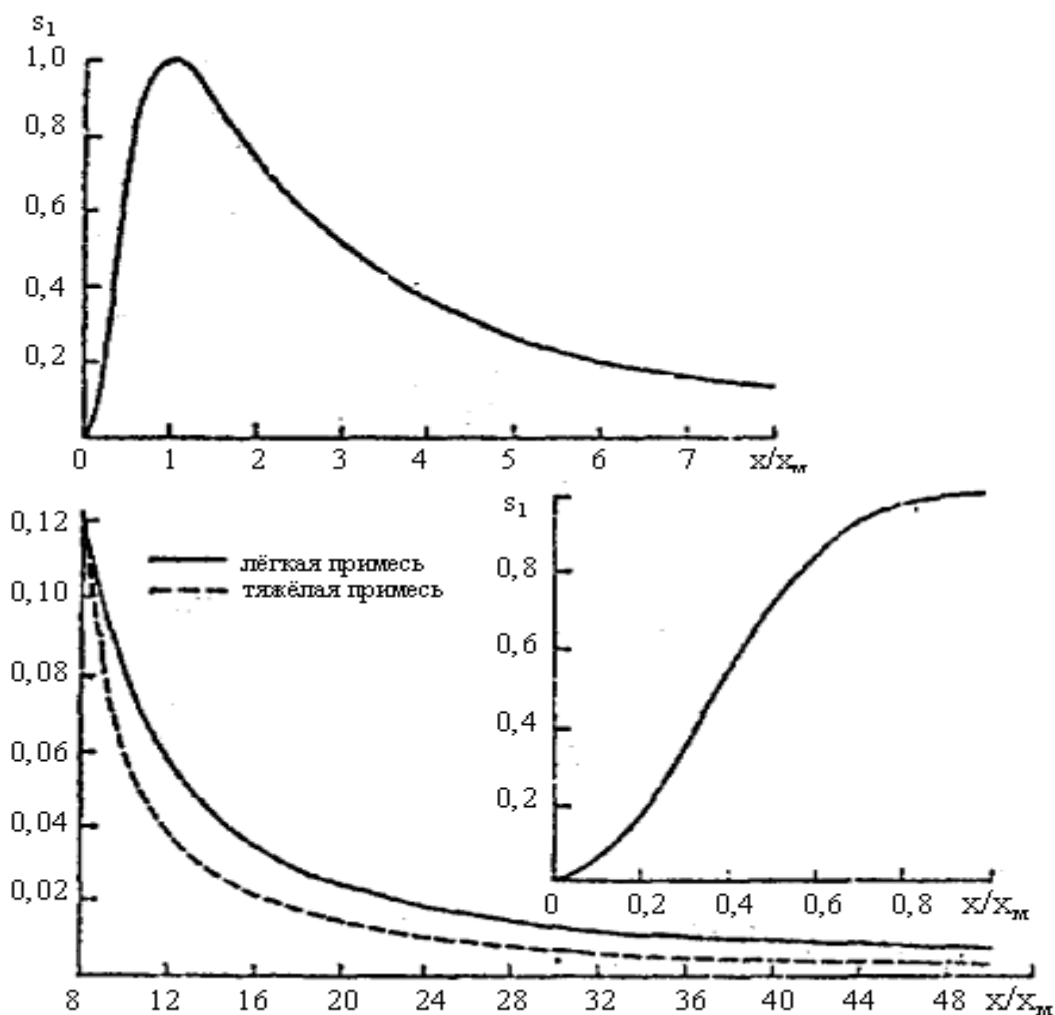


Рисунок 2.4 - Коэффициент  $s_1$  в зависимости от  $X=x/x_m$  и  $F$

При низких источниках выброса  $H \leq 10$  м при  $X < 1$  величина  $s_1$  в (2.18) заменяется на  $s_1^H$ , которая рассчитывается по формуле

$$s_1^H = 0,125 \times (10 - H) + 0,125 \times (H - 2) \times s_1 \quad \text{при } 2 \leq H < 10. \quad (2.20)$$

Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере  $c_y$  на расстоянии  $y$  по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по концентрации  $c$

$$c_y = s_2 \times c, \quad (2.21)$$

где  $s_2$  – безразмерный коэффициент, зависящий от скорости ветра  $u$ , м/с и отношения  $x/y$ , определяется по рисунку 2.5 (приблизённо) или по формуле:

$$s_2 = (1 + 5 \times t_y + 12,8 \times t_y^2 + 17 \times t_y^3 + 45,1 \times t_y^4)^{-2}, \quad (2.22)$$

где  $t_y = u \times y^2 / x^2$  при  $u \leq 5$ ,

$$t_y = 5 \times y^2 / x^2 \quad \text{при } u > 5. \quad (2.23)$$

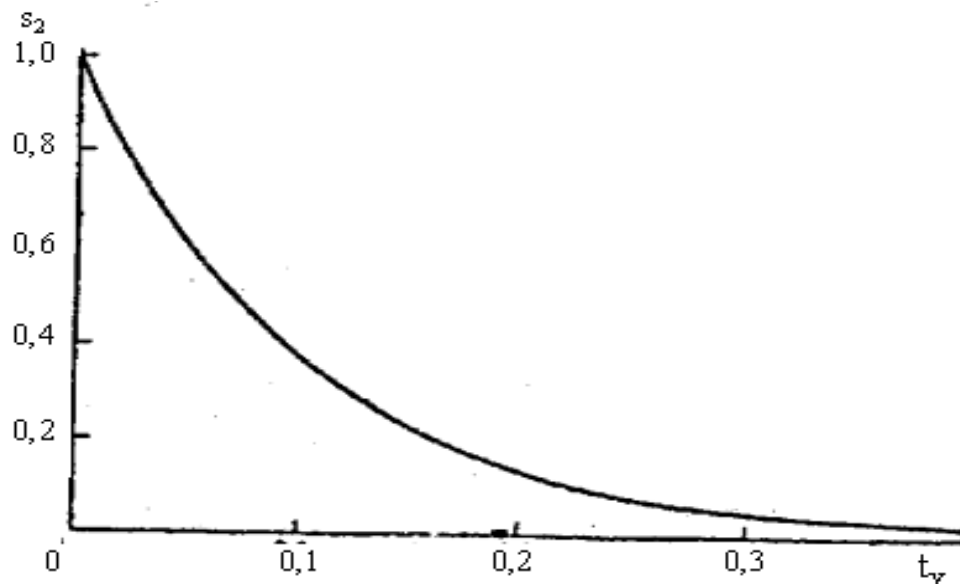


Рисунок 2.5 - Коэффициент  $s_2$  в зависимости от комплекса  $t_y$

### Б) Решение практических задач

**Задача 1.** Определить максимальное значение концентрации  $c_m$  газа  $SO_2$  и расстояние  $x_m$  при неблагоприятных метеоусловиях для следующих исходных данных:  $A=240$ ,  $V=10,8 \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $\Delta T = 100 \text{ }^\circ \text{C}$ ,  $M=12 \text{ г/с}$ ,  $H=35 \text{ м}$ ,  $D=1,4 \text{ м}$ ,  $\eta = 1$ . Наименования параметров приведены выше.

**Решение.** Средняя скорость выхода газов  $w_0$  из устья истечения выбросов определяется из формулы (2.2).

Коэффициент  $F$  для газовых выбросов равен единице  $F = 1$ .

Вспомогательные параметры  $f$ ,  $v_m$ ,  $v$ ,  $f_e$  находятся по (2.3) ... (2.6).

Коэффициент  $m$  рассчитывается по формуле (2.7) при  $f < 100$  и  $f < f_e$ .

Коэффициент  $n$  определится по формуле (2.8) при  $f < 100$ .

Максимальная концентрация  $SO_2$  в приземном слое воздуха найдется по (2.1).

Безразмерный коэффициент  $d$  вычислим по формуле (2.14) при  $v_m > 2$ .

Расстояние  $x_m$  определим по формуле (2.13).

**Задача 2.** При какой опасной скорости ветра будет достигнута концентрация  $c_m=0,223 \text{ мг/м}^3$ ? (Исходные данные из предыдущего решения.)

**Решение.** Опасная скорость ветра  $u_m$  при  $f > 100$  определится по формуле (2.16) при  $v_m > 2$ .

**Задача 3.** Найти распределение приземных концентраций  $c$  по оси факела при неблагоприятных метеоусловиях и опасной скорости ветра? (Исходные данные из предыдущих ответов, если  $c_m = 0,223 \text{ мг/м}^3$ ,  $x_m = 430 \text{ м}$ ).

**Решение.** Расчет концентраций на различных расстояниях  $x$  выполняется по формуле (2.18) с учетом (2.19) при  $F < 1,5$ . Результаты расчета свести в таблицу 2.1. По данным таблицы 2.1 построить зависимость  $c(x)$  приземных концентраций вредного вещества ( $\text{SO}_2$ ) по оси факела.

Таблица 2.1 - Распределение концентрации ( $\text{SO}_2$ ) под осью факела

Параметр	Значение							
	100	300	500	800	1000	1400	2000	4300
$x$	100	300	500	800	1000	1400	2000	4300
$X$		0,70			2,32			10
$s_1$		0,914			0,664			0,079
$c$		0,204			0,149			0,018

В таблице 2.1 качестве примера и коррекции производимых расчётов приведены данные концентраций для трех точек  $x = 300; 1000; 4300$ .

**Задача 4.** Найти распределение приземных концентраций  $c$  в точках, удаленных от оси факела на расстояниях  $y$  при условиях, взятых из предыдущего ответа?

**Решение.** Поскольку расчет выполняется для опасной скорости ветра,  $u = u_m = 2,2 \text{ м/с}$ . Определяем значение концентрации  $\text{SO}_2$  в точке с координатами  $[x, y]$  по формулам (2.23), (2.22), (2.21), учитывая, что  $u \leq 5$ . Данные расчёта концентраций свести в таблицу 2.2.

Таблица 2.2 - Поле концентрации  $\text{SO}_2$  при опасной скорости ветра и неблагоприятных метеоусловиях ( $c_y$  в  $\text{мкг/м}^3$ )

$y, \text{ м}$	$x, \text{ м}$										
	100	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600
0	52				215				126		90

50	0			159			160			104	
100	0	1			90			119			83
150	0		1	11		52				83	
200	0			1			45				64
250	0				1	5		38		53	

В таблице 2.2 в качестве примера и коррекции производимых расчётов приведены данные концентраций для некоторых точек [x, y].

Результаты выполнения лабораторной работы представить в виде отчёта с изложением всех расчётов и выводов.

## 2.2 Анализ качества природных вод

Цель работы:

- 1) освоить методику расчёта основных индексов, характеризующих качество природных вод;
- 2) произвести расчёты следующих индексов:
  - общесанитарного индекса качества воды – ИКВ;
  - гидрохимического показателя загрязнения воды ИЗВ токсичными металлами;
  - интегрального индекса экологического состояния – ИИЭС;
- 3) проанализировать экологическое состояние водоёма, используя полученные расчётные данные по индексам.

### А) Расчёт индекса качества воды ИКВ

ГОСТ 17.1.1.01-77 «Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения» для характеристики воды вводит комплексный показатель *индекса качества воды ИКВ* как обобщённую числовую оценку качества воды. ИКВ строится на основании экспертных процедур и рассчитывается по формуле:

$$ИКВ = \sum_{i=1}^{\rho} \gamma_i \omega_i \quad \text{при условии} \quad \sum \gamma_i = 1 \quad , \quad (2.24)$$

где  $\gamma_i$  - вес показателя;  $\omega_i$  - баллы от 1 до 5, присваиваемые каждому показателю, входящему в общесанитарный ИКВ;  $\rho$  – число показателей, входящих в ИКВ.

Для расчёта ИКВ используется следующая процедура:

- производится отбор проб воды исследуемого водоёма;
- проводится анализ проб воды и устанавливается величина показателей;
- производится их балльная оценка с помощью таблицы 2.3;
- рассчитывается величина ИКВ по формуле (2.24).

Таблица 2.3 – Показатели индекса качества воды

Показатели	Вес (γ)	Баллы (ω)				
		5	4	3	2	1
Коли-индекс	0,18	0 - 100	101 - 1000	$10^3 - 10^5$	$10^5 - 10^7$	$> 10^7$
Запах	0,13	0	1 - 2	3	4	5
БПК, мг O <sub>2</sub> /л	0,12	< 1	1,0 – 2,0	2,1 – 4,0	4,1 – 10,0	> 10,0
pH	0,10	6,5 <pH≤ 8,0	6,0 <pH≤ 6,5 8,0 <pH≤ 8,5	5,0 <pH≤ 6,0 8,5 <pH≤ 9,5	4,0 <pH≤ 5,0 9,5 <pH≤10,0	pH < 4,0 pH > 10
Растворённый кислород, мг O <sub>2</sub> /л	0,09	> 8	8 - 6	6 - 4	4 - 2	< 2
Цветность, град	0,09	< 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	> 50
Взвешенные вещества, мг/л	0,08	< 10	10 - 20	21 - 50	51 - 100	> 100
Общая минерализация, мг/л	0,08	< 500	500 - 1000	1001-1500	1501-2000	> 2000
Хлориды, мг/л	0,07	< 200	200 - 350	351 - 500	501 - 700	> 700
Сульфаты, мг/л	0,06	< 250	250 - 500	501 - 700	701 - 1000	> 1000

Качественное состояние воды в зависимости от величины ИКВ определяют по таблице 2.4

Таблица 2.4 – Качество воды водоёмов в зависимости от значения ИКВ

Качественное состояние воды	Значение ИКВ	Класс качества воды
Очень чистая	5,0	1
Чистая	4,1 ... 4,9	2
Умеренно загрязнённая	2,6 ... 4,0	3
Загрязнённая	1,6 ... 2,5	4
Грязная	≤ 1,5	5

## Б) Расчёт индекса загрязнения воды ИЗВ

Гидрохимический индекс загрязнения воды ИЗВ установлен для водоёмов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования и предназначен для оценки уровня загрязнения воды химическими веществами. ИЗВ - аддитивный показатель и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному количеству загрязнителей. ИЗВ вычисляется по формуле (см. также формулу в подразделе 1.6):

$$ИЗВ = \frac{\sum_{i=1}^6 (C_i / ПДК_i)}{6}, \quad (2.25)$$

где  $C_i$  - концентрация химического вещества в воде, мг/л;  $ПДК_i$  - предельно допустимая концентрация вещества в воде, мг/л.

Расчёт ИЗВ по формуле (2.25) проводится для шести компонентов, имеющих наибольшее превышение ПДК. В зависимости от величины ИЗВ водные объекты подразделяются по качеству на 7 классов (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Качество воды в зависимости от значения ИЗВ

Качественное состояние воды	Значения ИЗВ	Класс качества воды
Очень чистая	< 0,2	1
Чистая	0,2 – 1,0	2
Умеренно загрязнённые	1,0 – 2,0	3
Загрязнённые	2,0 – 4,0	4
Грязные	4,0 – 6,0	5
Очень грязные	6,0 – 10,0	6
Чрезвычайно грязные	> 10,0	7

## В) Расчёт интегрального индекса экологического состояния ИИЭС

Интегральный индекс экологического состояния ИИЭС позволяет учесть значительное количество аспектов экологического состояния водных объектов. ИИЭС рассчитывается по формуле:

$$ИИЭС = \frac{1}{n_b} \sum_{i=1}^{n_b} b_i, \quad (2.26)$$

где  $n_b$  – количество показателей, используемых для расчёта индекса;  $b_i$  - баллы от 1 до 4, присвоенные каждому показателю.

В качестве примера в таблице 2.6 даны баллы для четырёх показателей, т.е.  $n_b = 4$ .

Таблица 2.6 – Балльная оценка показателей для расчёта ИИЭС

№ п/п	Показатель	Балл (b)			
		1	2	3	4
1	ПДК <sub>в</sub> , мг/л	< 0,01	0,01 ... 0,1	0,11 ... 1	> 1
2	Класс опасности в воде	1	2	3	4
3	ИКВ, баллы	< 1,6	1,6 ... 2,5	2,6 ... 4	> 4
4	ИЗВ, баллы	> 4,0	2,1 ... 4,0	1,0 ... 2,0	< 1

Классификация водных объектов на зоны экологического состояния по значениям ИИЭС производится по таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Классификация водных объектов в зависимости от значений ИИЭС

Класс качества водного объекта	Уровни нарушения	Экологическое состояние	Значения ИИЭС
I	Б	Экологическое бедствие	≤ 1,69
II	К	Экологический кризис	1,70 ... 2,39
III	Р	Напряжённая экологическая ситуация	2,40 ... 2,99
IV	Н	Относительное экологическое благополучие	≥ 3,0

Полученные данные по ИИЭС являются основой для принятия решений в сфере природоохранной деятельности.

### Задание на выполнение работы

Имеется некоторый водоём, используемый по многоцелевому назначению. В качестве загрязнителей установлены стоки ряда предприятий, смывы с полей, содержащие различные сельскохозяйственные загрязнители. Требуется определить экологическое состояние и пригодность водоёма для хозяйственно-питьевых и культурно-бытовых нужд населения.

В таблице 2.8 приведены значения показателей для расчёта величины ИКВ.

Таблица 2.8 – Данные для расчёта индекса качества воды

№ варианта	Показатели									
	Коли-индекс	Запах, баллы	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /л	рН	Растворённый кислород, мг/л	Цветность, град	Взвешенные вещества, мг/л	Общая минерализация, мг/л	Хлориды, мг/л	Сульфаты, мг/л
1	10 <sup>8</sup>	1,5	6	7	7	25	5	2100	600	400
2	10 <sup>7</sup>	5	8	8	9	25	15	1700	650	500
3	500	4	10	9	8	25	25	2900	700	600
4	900	2	12	10	3	25	35	3000	750	700
5	10	3	14	11	5	25	45	2300	800	800
6	10	4	4	12	7	25	55	2500	550	900



7	10 <sup>6</sup>	5	3	6	9	35	65	2400	500	1000
8	10 <sup>6</sup>	1,5	2	5	1	35	75	2300	450	1100
9	100	0	1,5	4	3	35	85	2200	400	1200
10	10	1	0,5	3	5	35	95	2100	350	1300
11	1	2	6	2	7	35	105	600	300	100
12	10 <sup>5</sup>	3	8	7	9	35	110	900	250	200
13	10 <sup>8</sup>	4	10	8	1	45	115	800	200	300
14	90	5	12	9	3	45	3	700	150	400
15	1	1,5	14	10	5	45	7	900	100	500
16	3	0	4	11	7	45	95	1000	50	300
17	5	1	3	12	9	45	85	1100	50	700
18	10 <sup>6</sup>	2	2	6	1	45	75	1300	100	800
19	10 <sup>8</sup>	3	1,5	5	3	55	65	1500	150	900
20	10 <sup>4</sup>	4	0,5	4	5	55	55	600	200	100

В таблицах 2.9 и 2.10 приведены данные химического анализа воды по содержанию в ней токсичных металлов и данные для расчёта значений ИЗВ.

Таблица 2.9 – Данные химического анализа воды

№ варианта	Концентрация С, мг/л								
	Al <sup>3+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
1	0,15	0,03	2,0	0,1	0,001	0,05	0,35	0,05	0,2
2	0,03	0,02	1,0	0,2	0,001	0,07	0,16	0,70	0,1
3	0,02	0,01	0,5	0,1	0,001	0,20	0,25	0,05	1,0
4	0,02	0,07	0,5	0,2	0,001	0,30	0,46	0,02	2,0
5	0,30	0,01	2,0	0,5	0,001	0,05	0,34	0,02	0,05
6	0,02	0,10	0,2	0,1	0,001	0,05	0,33	0,02	0,5
7	0,01	0,02	0,1	0,2	0,001	0,07	0,08	0,05	7,0
8	0,002	0,01	0,5	0,1	0,003	0,03	0,37	0,03	2,0
9	0,01	0,03	2,0	2,0	0,001	0,50	0,03	0,05	0,5
10	0,02	0,02	0,1	0,1	0,001	0,05	0,05	0,02	0,5
11	0,03	0,05	1,5	0,6	0,001	0,30	0,31	0,05	1,5
12	0,01	0,10	1,8	0,2	0,002	0,05	0,25	0,03	1,0
13	0,02	0,05	0,5	0,15	0,001	0,10	0,10	0,07	0,5
14	0,01	0,02	0,1	0,3	0,001	0,03	0,48	0,02	1,0

15	0,30	0,03	0,3	1,6	0,001	0,25	0,36	0,03	0,5
16	0,25	0,01	0,5	0,2	0,002	0,04	0,28	0,05	0,1
17	0,01	0,06	2,0	0,1	0,001	0,36	0,04	0,02	4,5
18	0,02	0,09	0,1	2,0	0,001	0,08	0,17	0,03	0,2
19	0,03	0,10	0,2	0,3	0,003	0,15	0,43	0,05	0,3
20	0,04	0,02	2,0	0,2	0,001	0,35	0,30	0,02	2,0

Таблица 2.10 – ПДК и класс опасности катионов металлов в воде

Показатель	Металлы								
	Al <sup>3+</sup>	As <sup>3+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	0,5	0,05	1	0,3	0,0005	0,1	0,1	0,3	5
Класс опасности	2	2	3	3	1	3	3	2	3

### Порядок выполнения работы

1. Рассчитать общесанитарный индекс качества воды ИКВ:

а) определить баллы  $\omega_i$  для каждого показателя, входящего в ИКВ, по данным таблиц 2.3 и 2.8;

б) рассчитать ИКВ по формуле (2.24);

в) расчёты представить в виде таблицы 2.12;

г) установить качественное состояние воды и её пригодность для указанных видов водопользования с использованием данных таблиц 2.4 и 2.11.

Таблица 2.11 – Классификация качества воды и виды водопользования

Класс качества воды	Качественное состояние воды	Водопользование	
		Хозяйственно-питьевое	Культурно-бытовое
1	Очень чистые	Пригодна с обеззараживанием	Вполне пригодна
2	Чистые	Пригодна с хлорированием	Вполне пригодна
3	Умеренно загрязнённые	Пригодна со стандартной очисткой	Пригодна
4	Загрязнённые	Пригодна со специальной очисткой при технико-экономической целесообразности	Использование сомнительно
5	Грязные	Непригодна	Непригодна
6	Очень грязные	Непригодна	Непригодна
7	Чрезвычайно грязные	Непригодна	Непригодна

Таблица 2.12 – Индекс качества воды ИКВ

Показатели	Вес ( $\gamma$ )	Величина показателя	Балл ( $\omega$ )	$\gamma\omega$
Коли-индекс	0,18			

Запах, баллы	0,13			
БПК <sub>5</sub> , мгО <sub>2</sub> /л	0,12			
рН	0,10			
Растворённый кислород, мгО <sub>2</sub> /л	0,09			
Цветность, град	0,09			
Взвешенные вещества, мг/л	0,08			
Общая минерализация, мг/л	0,08			
Хлориды, мг/л	0,07			
Сульфаты, мг/л	0,06			
-				ИКВ

## 2. Рассчитать индекс загрязнения воды токсичными металлами ИЗВ:

а) определить кратность превышения ( $C/ПДК_v$ ) для указанных веществ на основе данных таблиц 2.9 и 2.10;

б) выбрать шесть компонентов с наибольшей кратностью превышения;

в) рассчитать ИЗВ для выбранных компонентов по формуле (2.25);

г) расчёты представить в виде таблицы 2.13;

д) установить качественное состояние воды и её пригодность для указанных видов водопользования с использованием данных таблиц 2.5 и 2.11.

Таблица 2.13 – Индекс загрязнения воды

Металлы	Концентрация $C$ , мг/л	ПДК <sub>v</sub> , мг/л	$C/ПДК_v$	Участвуют в расчёте ИЗВ
Al <sup>3+</sup>		0,5		
As <sup>3+</sup>		0,05		
Cu <sup>2+</sup>		1		
Fe <sup>3+</sup>		0,3		
Hg <sup>2+</sup>		0,0005		
Mn <sup>2+</sup>		0,1		
Ni <sup>2+</sup>		0,1		
Pb <sup>2+</sup>		0,3		
Zn <sup>2+</sup>		1		
-				

## 3. Рассчитать интегральный индекс экологического состояния ИИЭС:

а) произвести балльную оценку величин ПДК<sub>8</sub> и класса опасности токсичных веществ по таблицам 2.6 и 2.10. Рассчитать среднеарифметические значения

баллов. Результаты представить в виде таблицы 2.14. Средние значения баллов занести в таблицу 2.15;

б) произвести балльную оценку рассчитанных ИКВ и ИЗВ по таблице 2.6, результаты внести в таблицу 2.15;

в) рассчитать ИИЭС по формуле (2.26);

г) сделать вывод об экологическом состоянии водоёма (таблица 2.7).

Таблица 2.14 – Балльная оценка ПДК<sub>8</sub> и класса опасности токсичных веществ

Металлы	ПДК <sub>8</sub> , мг/л	Баллы (b)	Класс опасности	Баллы (b)
Al <sup>3+</sup>	0,5		2	
As <sup>3+</sup>	0,05		2	
Cu <sup>2+</sup>	1		3	
Fe <sup>3+</sup>	0,3		3	
Hg <sup>2+</sup>	0,0005		1	
Mn <sup>2+</sup>	0,1		3	
Ni <sup>2+</sup>	0,1		3	
Pb <sup>2+</sup>	0,3		2	
Zn <sup>2+</sup>	1		3	
-		Ср.	-	Ср.

Таблица 2.15 – Интегральный индекс экологического состояния

Показатели	Величина показателя	Баллы (b)
ПДК <sub>в</sub> , мг/л	-	
Класс опасности	-	
ИКВ, баллы		
ИЗВ, баллы		
-		ИИЭС

4. По результатам выполнения работы предложить меры по защите водоёма, описать методы очистки воды.

Результаты выполнения лабораторной работы представить в виде отчёта с изложением всех расчётов и выводов.

### 2.3 Анализ шумового загрязнения прилегающих территорий

Цель работы:

1) усвоение теоретических знаний по анализу шумового загрязнения среды обитания;

2) приобретение практических навыков аппаратурной реализации анализа шума в реальной городской среде;

3) выполнение практических измерений шумового воздействия на прилегающих территориях.

### **Задание на выполнение работы**

Произвести измерения уровня шума на прилегающих участках городской территории. Проанализировать полученные данные на предмет соответствия гигиеническим нормам. Предложить меры по снижению шумового воздействия на население.

### **Порядок выполнения работы**

1) учебная группа разбивается на несколько экспериментальных подгрупп по количеству исследуемых участков территории;

2) каждая подгруппа согласует с преподавателем границы своего исследуемого участка;

3) устанавливается единая методика проведения исследований:

- единое время выполнения измерений на участке;

- количество зачётных точек измерения по периметру участка;

- одинаковый интервал времени проведения измерений на каждой зачётной точке, равный 5 мин;

- за итоговое измерение на каждой зачётной точке принимается среднее из 5 измерений всеми шумомерами группы, при этом каждое измерение шумомерами производится через 1 мин;

4) аппаратное обеспечение измерений: используется штатный шумомер на характеристике А. В случае отсутствия штатных приборов применяется электронный шумомер, имеющийся в программных приложениях современных смартфонов;

5) результаты выполнения работы представить в виде отчёта, в котором отразить:

- персональный состав экспериментальной подгруппы;

- функции, выполняемые каждым участником подгруппы;

- эскиз исследуемого участка с указанием зачётных точек;

- таблицу измерений на всех зачётных точках;

- анализ полученных данных на предмет соответствия гигиеническим нормам;

- меры по снижению шумового воздействия на население;
- подписи всех участников подгруппы;

б) защита результатов работы осуществляется публично с предоставлением отчёта на бумажном носителе и видеопрезентации.

### 3 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

#### 3.1 Цель и задачи выполнения самостоятельной работы

Целью самостоятельной работы, выполняемой по дисциплине «Источники загрязнения среды обитания», является расширение своих знаний в изучаемой дисциплине, а также овладение навыками сбора, обработки и анализа научно-технической информации и оформления её в виде реферата по выбранной теме.

Для достижения указанной цели в ходе выполнения самостоятельной работы студент должен приобрести навыки практического решения следующих задач:

- анализ состояния проблемы, постановка цели и задач исследования источников загрязнения на основе подбора и изучения литературных источников;
- анализ, систематизация и обобщение научно-технической информации по методам анализа загрязнения среды обитания;
- библиографический поиск с использованием современных информационных технологий;
- оформление результатов работы в виде реферата;
- выступление с докладом по работе на практическом занятии по дисциплине.

### 3.2 Перечень тем для самостоятельной работы

1. Управление воздействием на окружающую среду на территории Томской области.
2. Состояние атмосферного воздуха Томской области: загрязнение атмосферы, источники и последствия.
3. Поверхностные и подземные воды Томской области: загрязнение, источники и последствия.
4. Состояние земельного фонда Томской области: загрязнение почвенного покрова, источники и последствия.
5. Радиоактивное загрязнение окружающей среды, радиационная обстановка на территории Томской области.
6. Транспорт как источник загрязнения окружающей среды.
7. Шум и вибрация в быту и в условиях города.
8. Наука и производство в решении экологических проблем Томской области.
9. Основные природные и климатические условия Западной Сибири. Экологические кризисы и катастрофы.
10. Природный капитал, экологические проблемы Томской области.

### 3.3 Порядок выполнения самостоятельной работы

Рекомендуется следующий порядок выполнения самостоятельной работы:

1. Изучить темы, отведённые для самостоятельной работы (см. пр. 3.2).
2. Выбрать (получить у руководителя) тему для её углубленного исследования с последующим оформлением реферата.
3. Оформить реферат на бумажном носителе и предоставить его для проверки руководителю.

4. Подготовить доклад по теме работы. Продолжительность доклада 5 мин. Для иллюстрации подготовить краткую видеопрезентацию, раскрывающую основное содержание работы.

### 3.4 Объём самостоятельной работы и структура реферата

Реферат должен содержать до 20 страниц и включать следующие разделы:

- титульный лист, образец титульного листа дан в приложении;
- содержание;
- введение: актуальность темы, практическая значимость, цель, краткое содержание реферата по разделам;
- текст основной части реферата; анализ проблемы по литературным источникам (в том числе Интернет-ресурсам);
- заключение: основные результаты и выводы по исследованной теме;
- список использованной литературы и Интернет-ресурсов.

### 3.5 Оформление самостоятельной работы

Реферат оформляется с соблюдением всех требований к оформлению текстовых документов. Рисунки располагаются в тексте реферата непосредственно после ссылки на них.

Основные правила оформления:

- поля: слева – 25 мм, справа – 10 мм, сверху и снизу – 20 мм;
- шрифт Times New Roman, кегль 14, центрирование по ширине;
- красная строка – 1,25 см;
- полужирный шрифт допускается только в заглавиях разделов;
- при необходимости выделения в тексте отдельных положений, формулировок применять *курсивный шрифт*.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 БЖД и мониторинг окружающей среды: Доклад / А. А. Чебодаева, Е. В. Кабаева, М. И. Толмачёв, Б. П. Базарсадаева // Научная сессия ТУСУР-2011. - Томск: В-Спектр. - Ч. 5. - С. 227-229. - Файл: 2011\_chebodaeva\_150711.pdf - 300.199 Кб.

1 Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них: Учебник для вузов / Л. А. Михайлов, В. П. Соломин; ред. Л. А. Михайлов. - СПб.: Питер, 2008. - 235 с.

- 3 Коростовенко В.В., Степанов А.Г. Мониторинг и контроль качества окружающей среды. Красноярск, 1998 –134с.
- 4 Безопасность жизнедеятельности / Под общей редакцией Е.А. Крамер-Агеева. - М.: НИЯУ МИФИ, 2011. - 172 с.
- 5 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов/ Под ред. С.В. Белова. – 8-еизд., стер. – М.: Высшая школа, 2008. – 616 с.
- 6 Гладун И. В. Управление охраной окружающей среды и рациональным природопользованием. - Хабаровск, 2011. – 676 с.
- 7 Прикладная экология. Охрана окружающей среды: Учебник для вузов / А. С. Степановских. - М.: ЮНИТИ, 2005. - 750 с.
- 8 Промышленная экология: Учебное пособие для вузов / В. Г. Калыгин. - М.: Академия, 2004. - 430 с.
- 9 Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей: Учебное пособие для вузов / В. Н. Майстренко, Н. А. Клюев. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. - 322 с.
- 10 Прикладная экология: Учебное пособие / Н. Н. Несмелова; Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. - Томск: ТУСУР, 2007. - 132 с.
- 11 Безопасность жизнедеятельности. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: Учебное пособие для вузов / В. А. Акимов [и др.]. - М.: Высшая школа, 2006. - 591 с.
- 12 Безопасность жизнедеятельности: Учебник для вузов / Л. А. Михайлов [и др.]. - СПб.: Питер, 2007. - 301 с.
- 13 Экология: методические указания к практическим занятиям для студентов всех форм обучения по специальности 08050765 «Менеджмент организации» / сост. М. В. Бебякова. - Ульяновск: УлГТУ, 2008. - 63 с.
- 14 Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 682 с.

15 Исследование шума: Методические указания к лабораторной работе для студентов всех специальностей / Сост. Т.В. Тупицына. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2007. - 34 с.

16 Коробкин В.И. Экология: Учебник для студентов бакалаврской степени многоуровневого высшего профессионального образования / В.И. Коробкин, Л.В. Передельский. – Изд. 18-е, доп. и перераб. – Ростов н/Д: Феникс, 2012. – 601 с.: ил.

17 Полякова С.А. Экологический менеджмент: Учебно-методическое пособие для специальности 020801 (013100) "Экология"; Федеральное агентство по образованию, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга. - Томск: ТУСУР, 2007. - 147 с.

*Приложение.  
Титульный лист оформления реферата*

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»  
(ТУСУР)

Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга  
(РЭТЭМ)

## РЕФЕРАТ

на тему:

по дисциплине «Источники загрязнения среды обитания»

Выполнил: студент группы \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Проверил: преподаватель \_\_\_\_\_  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2014 г.

Томск - 2014 г.