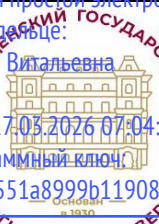
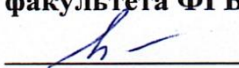


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Щёкина Вера Витальевна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.05.2026 07:04:17  
Уникальный программный ключ:  
a2232a55157e576551a8999b119089af58989420420336ffbf577a434a57789

	<b>МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ</b>
	<b>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Благовещенский государственный педагогический университет»</b>
	<b>ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА Рабочая программа дисциплины</b>

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан естественно-географического  
факультета ФГБОУ ВО «БГПУ»  
 **И.А. Трофимова**  
«29» мая 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины  
«ХИМИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

**Направление подготовки  
44.03.05 ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ  
(с двумя профилями подготовки)**

**Профиль  
«БИОЛОГИЯ»**

**Профиль  
«ХИМИЯ»**

**Уровень высшего образования  
БАКАЛАВРИАТ**

**Принята на заседании кафедры химии  
(протокол № 8 от «22» мая 2024 г.)**

**Благовещенск 2024**

**СОДЕРЖАНИЕ**

<b>1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА .....</b>	<b>3</b>
<b>2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ .....</b>	<b>4</b>
<b>3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ) .....</b>	<b>4</b>
<b>4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>7</b>
<b>5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>9</b>
<b>6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА.....</b>	<b>34</b>
<b>7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ .....</b>	<b>34</b>
<b>8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ .....</b>	<b>42</b>
<b>9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ .....</b>	<b>42</b>
<b>10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА .....</b>	<b>43</b>
<b>11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ .....</b>	<b>46</b>

## 1 ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

**1.1 Цель дисциплины:** формирование систематизированных знаний о химических процессах, протекающих в геобиосистемах.

### **1.2 Место дисциплины в структуре ООП:**

Дисциплина «Химия окружающей среды» относится к дисциплинам предметного модуля по профилю «Химия» части, формируемой участниками образовательных отношений, блока Б1 (Б1.В.02.08).

Освоение дисциплины основывается на знаниях и умениях, сформированных в ходе изучения «Общей химии», «Неорганической химии», «Органической химии», «Физической химии», «Общей экологии» в объеме вузовских программ, а также биологии в объеме средней общеобразовательной школы.

### **1.3 Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций: ПК-2:**

- **ПК-2.** Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования, **индикаторами** достижения которой являются:

- ПК-2.1 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов биологии (ботаники, зоологии, микробиологии, генетики, биологии развития, анатомии человека, физиологии растений и животных, общей экологии, теории эволюции) для решения теоретических и практических задач;

- ПК-2.2 Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.

**1.4 Перечень планируемых результатов обучения.** В результате изучения дисциплины студент должен

#### **- знать:**

- основные закономерности распространения химических элементов в хемосфере;
- геохимические классификации химических элементов;
- основные биогеохимические циклы;
- особенности распространения, трансформации и накопления загрязняющих веществ в окружающей среде;

- масштабы и последствия химического загрязнения природной среды;

#### **- уметь:**

- сравнивать, анализировать и давать оценку химическим компонентам окружающей среды;

- анализировать возможные негативные последствия поступления химических загрязнителей в природные экосистемы;

#### **- владеть:**

- основными понятиями химической экологии и смежных наук;
- навыками работы на современной учебно-научной аппаратуре при проведении химических экспериментов;

- методами безопасного обращения с химическими материалами с учетом их физических и химических свойств.

**1.5 Общая трудоемкость дисциплины «Химия окружающей среды»** составляет 3 зачетных единицы (далее – ЗЕ) (108 часов).

Программа предусматривает изучение материала на лекциях и лабораторных работах. Предусмотрена самостоятельная работа студентов по темам и разделам. Проверка знаний осуществляется фронтально, индивидуально.

### **1.6 Объем дисциплины и виды учебной деятельности**

#### **Объем дисциплины и виды учебной работы (очная форма обучения)**

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр 10
Общая трудоемкость	108	108
Контактная работа	64	64
Лекции	26	26
Лабораторные работы	38	38
Самостоятельная работа	44	44
Вид итогового контроля:		зачет

## 2 УЧЕБНО-ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

### Учебно-тематический план (очная форма обучения)

№	Наименование тем (разделов)	Всего часов	Контактная работа		Самостоятельная работа
			Лекции	Лабораторные работы	
1	Введение. Общество и окружающая среда.	6	2	-	4
2	Среда и условия существования организмов.	12	4	4	4
3	Химия биосферы	16	4	4	8
4	Химия атмосферы	30	4	18	8
5	Химия гидросферы	22	4	12	6
6	Химия литосферы	12	4	-	8
7	Контроль качества окружающей среды	10	4	-	6
<b>ИТОГО</b>		<b>108</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>44</b>

### 2.1 Интерактивное обучение по дисциплине

№	Наименование тем (разделов)	Вид занятия	Форма интерактивного занятия	Кол-во часов
1	Введение. Общество и окружающая среда. ( <i>Общество и окружающая среда.</i> )	ЛК	Круглый стол	2
2	Среда и условия существования организмов. ( <i>Влияние химических веществ на протекание биохимических процессов в организме.</i> )	ЛК	Лекция-консультация	2
3	Химия биосферы ( <i>Круговорот веществ и превращение энергии - основа динамического равновесия и устойчивости биосферы</i> )	ЛК	Лекция с ошибками	2
4	Химия атмосферы ( <i>Глобальные проблемы загрязнения атмосферного воздуха</i> )	ЛР	Семинар-встреча	2
5	Химия гидросферы	ЛР	Работа в малых группах	2
6	Химия литосферы ( <i>Металлы как загрязнители природных вод и почвы</i> )	ЛК	Мозговой штурм	4
7	Контроль качества окружающей среды ( <i>Экспертная оценка воздействия производства на окружающую человека среду</i> )	ЛК	Дебаты	4
<b>ИТОГО</b>				<b>18</b>

## 3 СОДЕРЖАНИЕ ТЕМ (РАЗДЕЛОВ)

### 1. Введение. Общество и окружающая среда.

Предмет химии окружающей среды, связь его с другими науками. Задачи курса,

роль его в подготовке учителя химии и биологии.

## **2. Среда и условия существования организмов**

Понятие среды. Окружающая среда. Вещество и пространство, силы и явления природы, деятельность человека - компоненты окружающей среды.

Химические параметры окружающей среды. Постоянные и переменные компоненты окружающей среды. Адаптация организмов к химическому окружению. Влияние химических веществ на протекание биохимических процессов в организме. Регулирование окружающей среды.

## **3. Химия биосферы**

Биосфера - среда нашей жизни. Состав и структура биосферы. Атмосфера, гидросфера, литосфера, их состав и строение. Химические элементы, атомы, молекулы - основа строения объектов окружающей среды. Причины многообразия окружающего нас мира. Элементы биогенные и второстепенные, их функции. Макроэлементы и микроэлементы, их роль в жизни растений, животных, человека.

Биогенные элементы - связующее звено между живыми и неживыми компонентами экосистемы.

Живое вещество биосферы. Химический элементарный состав живого вещества. Сложные химические соединения живых организмов: белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты. Обмен веществ в живых организмах.

Второстепенные элементы в биосфере. Стронций-90, цезий-137, ртуть, свинец и другие элементы, нарушающие связи в экосистемах. Их опасность для человека и других живых организмов. Типы биологических повреждений, вызываемых радиацией. Лучевая болезнь.

Воздействие химического компонента абиотических факторов на жизнедеятельность организмов (соленость воды, кислотность почвы, потребность растений в минеральных веществах (удобрениях) и т.д.).

Вещества-загрязнители окружающей среды. Пути попадания их в биосферу. Хемосфера, составляющие ее вещества. Токсичность. Степень токсичности. Летальная и пороговая дозы.

Круговорот химических элементов и потоков энергии в биосфере. Фотосинтез. Хемосинтез. Функции живого вещества. Биогеохимические циклы элементов. Круговорот азота, фосфора, углерода в биосфере.

Круговорот веществ и превращение энергии - основа динамического равновесия и устойчивости биосферы. Два типа круговорота элементов. Биологический круговорот-круговая циркуляция веществ между почвой, растениями, животными. Геологический круговорот-круговорот между океаном и сушей. Ведущая роль живых организмов в круговороте веществ. Блочная модель круговорота биогенных элементов в биосфере.

## **4. Химия атмосферы**

Атмосфера, ее состав, строение. Характеристика постоянных компонентов и веществ природного и антропогенного происхождения, качественный и количественный состав которых постоянно меняется (пары воды, пыль, аэрозоли и т.д.).

Воздух как окислительная среда, в которой проходят химические и фотохимические превращения: фотодиссоциация, ионизация, диссоциативная рекомбинация, перенос заряда, реакции обмена.

Загрязнение атмосферного воздуха. Зависимость качественного и количественного состава веществ-загрязнителей от источников загрязнения, метеорологических условий и топографических факторов. Способность атмосферы к самоочищению.

Изменение климата как результат «парникового эффекта». Парниковые газы, механизм их образования и превращения. Озоновый слой, его состав, строение и функции. Механизмы образования и разрушения озонового слоя. Главные загрязнители, вызывающие разрушение озонового слоя.

Второстепенные загрязнители атмосферы. Оксиды серы. Основные источники вы-

броса оксида серы в окружающую среду. Оксиды азота, пути попадания их в атмосферу. «Кислотные дожди».

Фотохимический смог, его компоненты. Механизм образования и последствия фотохимического смога. Способы борьбы с загрязнением атмосферного воздуха веществами, образующими фотохимический смог.

Монооксид углерода. Механизм превращения гемоглобина крови в карбоксигемоглобин. Воздействие монооксида углерода на другие компоненты биосферы.

### **5. Химия гидросферы**

Гидросфера, состав, свойства, характеристика. Вода – универсальный растворитель, состав, распределение и перенос примесей органических и неорганических веществ в гидросфере. Солевой состав гидросферы. Химические и фотохимические превращения органических и неорганических веществ в водной среде. Участие биологических объектов в превращении химических веществ в водной среде.

Миграция химических элементов в поверхностных водах суши. Зависимость распределения веществ в воде от локальных условий: скорости и характера движения воды, осадков, наносов физико-химических свойств загрязнителя. Роль воды в круговороте веществ в природе.

Геохимическая работа живого вещества в Мировом океане. Биологическая активность поверхностного слоя воды. Свойства глубинных вод

Равновесные процессы масс обмена между воздухом и водой в поверхностной пленке водоема. Дыхание водных растений и животных. Последствия недостатка кислорода.

Вода чистая и грязная. Качество воды. Основные загрязнители природных вод. Содержание загрязнителей в поверхностной пленке водоема, донных осадках, живых организмов. Концентрирование загрязняющих веществ в живых организмах.

Металлы как загрязнители природных вод. Свинец, кадмий, ртуть и другие металлы в гидросфере. Круговорот ионов металлов. Основные источники загрязнения гидросферы ионами металлов. Токсичность металлов, их циклы в окружающей среде.

Нефть как загрязнитель гидросферы. Превращение нефти в океанической среде. Биологическое и физическое загрязнение Мирового океана, обусловленные попаданием нефти в океан. Тепловое загрязнение водоемов, его последствия.

Пестициды, их устойчивость в водной среде. Переноси воздействие пестицидов на гидросферу и ее обитателей. Поверхностно-активные вещества, пластмассы и другие загрязнители гидросферы.

Способность водоемов к самоочищению.

Сточные воды, их классификация. Основные источники выброса сточных вод. Основные загрязнители в сточных водах. Способы очистки сточных вод. Первичная, вторичная и третичная обработка сточных вод.

### **6. Химия литосферы**

Земля, ее строение. Средний химический состав земной коры. Работы Ф. Кларка, А.П. Виноградова, А.Б. Ронова, А.А. Ярошевского. Кристаллическое вещество земной коры. Кларки элементов земной коры. Постоянство и изменчивость содержания атомов химических элементов в земной коре. Глубинные и поверхностные породы, процессы их преобразования.

Ресурсы, их запасы и классификация. Ресурсы с высокой и низкой степенью истощения. Модели промышленного производства и использования ресурсов. Промышленная экосистема.

Почва, химический состав почвы. Постоянные и переменные компоненты почвы. Физико-химические и биологические процессы в почве. Почва-акцептор тяжелых металлов, пестицидов, минеральных удобрений, регуляторов роста и развития и других загрязнителей. Накопление, миграция и перенос химических веществ в почве. Воздействие их на живые организмы.

Роль почвы в круговороте веществ, в природе и жизни человека.

### **7. Контроль качества окружающей среды**

Качество окружающей среды. Научные основы нормирования атмосферных загрязнений и загрязнения природных вод. Стандарты качества. Предельно допустимая концентрация (ПДК). Предельно допустимый выброс (ПДВ). Порог восприятия. Летальная доза.

Мониторинг окружающей среды. Виды мониторинга. Методы мониторинга. Биоиндикация. Растения-биоиндикаторы, животные-биоиндикаторы. Химический контроль загрязнения окружающей среды.

## **4 МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ (УКАЗАНИЯ) ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа призвана помочь студентам в организации самостоятельной работы по освоению курса «Химия окружающей среды». Химия окружающей среды представляет собой интегрированную область знаний, базирующуюся на комплексе биологических и химических дисциплин, изученных студентами на предыдущих курсах. При изучении химического состава и строения геосфер Земли необходимо уяснить, что основой жизнедеятельности на планете являются химические процессы, они пронизывают существование всей окружающей среды.

Курс химии окружающей среды призван обеспечивать подготовку высококвалифицированных учителей, знающих экологическое состояние окружающей природной и антропогенной среды, умеющих оценивать влияние антропогенного воздействия и, в частности, промышленного производства и транспорта на биосферу, а также перспективы развития возникающих в связи с этим экологических проблем.

Выпускники должны знать параметры геосфер Земли (атмосферы, гидросферы, литосферы) в норме, и измененные в результате антропогенной деятельности, уметь их анализировать, а также прогнозировать последствия хозяйственной деятельности человека и находить оптимальные методы для решения возникающих проблем.

Небольшой по объему предмет химии окружающей среды не дает возможности проводить лабораторные исследования геосфер, поэтому необходимо использовать межпредметные связи с другими биологическими и химическими курсами, изучаемыми ранее. Это позволит связать изучаемый материал с практической его направленностью и с жизнью.

Изучение химии окружающей среды дает возможность не только познакомиться с глобальными проблемами современности, но и увидеть конкретные проблемы своего города, своей области, своего региона.

При изучении темы «Среда и условия существования организмов» рассматриваются основные понятия химической экологии, обосновывается системный подход в экологии, рассматривается концепция экосистем и основные их свойства. Студенты знакомятся с общим строением Земли, рассматривают тонкую структуру биосферы и отмечают, что в биосфере осуществляются непрерывные круговороты веществ и энергии.

В основе существования жизни лежит ряд законов экологии, с некоторыми из них студенты должны быть ознакомлены при изучении данного раздела. Здесь рассматриваются системные «законы» Барри Коммонера, которые не претендуют на системологическую строгость, но выражают важные закономерности о всеобщей связи вещей и явлений в природе и человеческом обществе, о законах сохранения, о цене развития, о главном критерии эволюционного отбора.

При изучении химии биосферы рассматривается понятие «живое вещество», его состав, строение и те превращения, которые происходят с ним в норме, и при воздействии различных факторов. Особое внимание следует уделить уровням организации живой материи и тем функциям, которые выполняет живое вещество.

Основная часть загрязнителей окружающей среды выбрасывается в атмосферу. По-

этому очень важно рассмотреть ее строение, состав, свойства и происхождение и отметить, что существенные изменения в составе и нормальном функционировании атмосферы предопределяют антропогенные факторы. Следовательно, необходимо рассмотреть возможные организационно-профилактические и технические мероприятия по снижению и обезвреживанию выбросов в атмосферу, а также научные основы гигиенического нормирования атмосферного загрязнения, санитарный надзор и контроль уровня загрязнения атмосферы.

Гидросфера – водная оболочка Земли. Ее можно рассматривать в двух аспектах: как прерывистую оболочку Земли, состоящую из соленой, пресной и твердой воды, и как непрерывную оболочку системы «вода – пар», включающую собственно гидросферу, а также пронизанную водой или парами воды атмосферу и литосферу.

Рассматриваем химический состав пресной, соленой и биогенной воды и ее основные характеристики. Отмечаем, что в последние десятилетия Мировой океан стал объектом глубоких всесторонних исследований, а освоение его ресурсов ведет к загрязнению водоемов и обуславливает множество экологических проблем.

Изучая литосферу, обращаем внимание на то, что только верхняя часть литосферы (земная кора) достаточно хорошо исследована учеными. Данные о составе и строении внутренних ее слоев гипотетичны, а содержание различных химических элементов крайне различно. Рассматриваем основные закономерности распределения химических элементов. Это позволяет сделать вывод о том, что поскольку процесс эволюционного развития живых организмов происходил в среде с резким преобладанием легких химических элементов над тяжелыми, становится ясной токсичность тяжелых металлов для живых организмов.

В заключение дается понятие мониторинга окружающей проблем и рассматриваются основные пути оптимизации окружающего нас мира.

Предлагаемый комплекс содержит программу дисциплины, составленную в соответствии с учебным планом по специальности и Государственным образовательным стандартом ВО.

В каждой теме даны учебно-методические материалы лекционного курса, включающие план лекции по каждой изучаемой теме и особенности изучаемого материала, приводится список основной и дополнительной литературы.

В учебной программе представлены варианты контрольных работ, которые позволяют проверить уровень усвоения изученного материала. Прежде чем приступить к выполнению заданий для самоконтроля, студентам необходимо изучить рекомендуемую по каждой теме литературу. Общий список учебной и учебно-методической литературы представлен в отдельном разделе. Кроме того, в материалах по подготовке семинарских занятий по каждой теме указана основная и дополнительная литература.

Для успешного освоения любой дисциплины необходимо знать ее специфическую терминологию. В связи с этим, в помощь студентам составлен глоссарий основных терминов.

Учебная программа предназначена, главным образом, для самостоятельной работы студентов, но может быть использована и при подготовке к аудиторным занятиям.

#### **Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине**

<b>№</b>	<b>Наименование раздела (темы)</b>	<b>Формы/виды самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов, в соответствии с учебно-тематическим планом</b>
1	Введение. Общество и окружающая среда.	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников	4

2	Среда и условия существования организмов.	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Конспектирование изученных источников	4
3	Химия биосферы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Конспектирование изученных источников	8
4	Химия атмосферы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Конспектирование изученных источников	8
5	Химия гидросферы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Оформление лабораторной работы Подготовка отчета по лабораторной работе Конспектирование изученных источников	6
6	Химия литосферы	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников	8
7	Контроль качества окружающей среды	Изучение основной литературы Изучение дополнительной литературы Конспектирование изученных источников	6
	ИТОГО		44

## 5 ПРАКТИКУМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Тема «Среда и условия существования организмов»

#### Лабораторная работа № 1-2

#### Метрологические характеристики и обработка результатов аналитических измерений

**Цель** познакомить студентов с основными понятиями метрологии. Результат любого определения всегда содержит некоторую ошибку (погрешность измерения). Другими словами, полученный результат анализа не совпадает с истинным значением определяемой величины, т. е. с тем экспериментально найденным или теоретически вычисленным значением, которое настолько близко к истинному, что его можно принять за истинное.

**Метрология** (от греч. metron - мера и logos - слово, учение) наука об измерениях и методах достижения их единства и требуемой точности. Один из основных разделов метрологии посвящен методам определения погрешности измерений и созданию эталонов. Метрологическими характеристиками методик анализа помимо погрешности являются *правильность, воспроизводимость, интервал определяемых содержаний, чувствительность*, а при определении микроконцентраций также *предел обнаружения* или *предел определения*.

Все без исключения физические величины измеряются с некоторой ошибкой (погрешностью). Для выявления ошибок и их численной оценки (особенно при разработке новых аналитических методик) количественный анализ повторяют несколько раз, т. е. проводят параллельные определения. *Под параллельными определениями* понимают получение нескольких результатов единичных определений для одной пробы практически в одинаковых условиях.

Пусть  $\mu$  - истинное значение определяемой величины;  $x_1, x_2, \dots, x_i, x_n$  - измеренные

(единичные) значения определяемой величины - результаты единичных определений;  $n$  - общее число единичных определений.

Под единичным определением понимают однократное проведение всей последовательности операций, предусмотренных методикой анализа.

Результат единичного определения - это значение содержания определяемого компонента, найденное при единичном определении.

Иногда (часто) вместо истинного значения определяемой величины  $\mu$  используют действительное значение содержания  $a$  (или просто действительное значение  $a$ ), под которым подразумевают экспериментально полученное или расчетное значение определяемого содержания, настолько близкое к истинному, что для данной цели может быть использовано вместо него.

Величина  $\bar{x}$  есть *среднее арифметическое (среднее)* из результатов единичных определений. Считается, что  $\bar{x}$  - наиболее вероятное значение определяемой величины более вероятное, чем каждое отдельное значение  $x_i$

Под *правильностью* результата анализа понимают качество анализа, отражающее близость к нулю разности между средним арифметическим и истинным  $\mu$  (или действительным  $a$ ) значением определяемой величины:

$$\bar{x} - \mu \rightarrow 0 \quad \bar{x} - a \rightarrow 0$$

или

$$\text{при } n \rightarrow \infty \quad \text{при } n \rightarrow \infty$$

Другими словами, правильность результата анализа отражает близость полученного среднего значения  $\bar{x}$  к истинному (или действительному) значению определяемой величины.

*Воспроизводимость* результата анализа характеризует степень близости результатов единичных определений  $x_i$  друг к другу.

Правильность и воспроизводимость результата анализа зависят от различного типа ошибок.

Результаты химического анализа, как и присущие этим результатам погрешности, можно рассматривать в качестве случайных. Свойства случайных величин описываются законами математической статистики.

*Случайная величина* (применительно к количественному анализу) измеряемый аналитический сигнал (масса, объем, оптическая плотность и др.) или результат анализа.

*Варианта* - отдельное значение случайной величины, т. е. отдельное значение измерения аналитического сигнала или определяемого содержания.

*Генеральная совокупность* - идеализированная совокупность результатов бесконечно большого числа измерений (вариант) случайных величин.

Однако на практике невозможно (да и не нужно) проводить бесконечно большое число аналитических определений, поэтому используют не генеральную совокупность, а *выборочную совокупность - выборку*. Выборка, состоящая из результатов анализа (или выборка погрешностей), характеризуется определенной вероятностью  $P$  и объемом  $n$  (или кратностью анализа). *Выборка* - дискретная (3-5 значений в случае химического анализа), конечнозначная и ограниченная величина с неравномерным распределением составляющих ее вариант. Распределение отклонений в выборочной совокупности несколько отличается от нормального распределения: небольшие отклонения появляются реже, большие - чаще. Такое распределение отклонений называют *t-распределением, или распределением Стьюдента* (статистика малых выборок). С увеличением числа параллельных определений *t-распределение* все больше приближается к нормальному распределению, а выборочное стандартное отклонение - к стандартному отклонению генеральной совокупности (при генеральной совокупности  $n > 20$ ).

Вероятность  $P$  появления результата  $X_i$  в указанной области значений называют *доверительной вероятностью* или *статистической надежностью*. Таким образом, доверительная вероятность  $P$  представляет собой долю результатов (или погрешностей) от их общего числа, для которых стандартная погрешность не превышает заданной величины.

Для результатов (или их погрешностей), не попавших в рассматриваемый интервал, вводят понятие *доли риска*, или *уровня значимости*:

$$\beta = 1 - P.$$

Интервал погрешностей, соответствующий принятой доверительной вероятности  $P$ , называют *доверительным интервалом*. Доверительный интервал выборочного среднего арифметического рассчитывают по формуле:

$$\bar{X} \pm \Delta\bar{X} = \bar{X} \pm \frac{t \cdot S}{\sqrt{n}}$$

где  $\bar{X}$  - среднее арифметическое выборки;  $\Delta\bar{X}$  - точность погрешности среднего арифметического выборки;  $S$  - стандартное отклонение выборки;  $t$  - коэффициент распределения Стьюдента;  $n$  - число вариант (определений).

Величина  $\bar{X}$  без указания доверительного интервала лишена всякого смысла. Согласно математической статистике, надежность полученного результата химического анализа тем выше, чем была больше доверительная вероятность  $P$  при его оценке, так как при этом уменьшается вероятность потерь случайных больших погрешностей. Как правило, в аналитической химии применяют доверительную вероятность  $P = 0,95$  (при анализе лекарственных препаратов полагают  $P = 0,99$ ).

### Исключение промахов из выборки. Сравнение двух выборок

Грубые погрешности, возникающие из-за промахов, допущенных в работе, существенно искажают данные анализа и величину среднего арифметического. Так, результаты титриметрических определений, отличающихся на более чем 0,3%, отбрасывают, при вычислении среднего арифметического.

Для обнаружения промахов применяют статистические критерии, например Q-тест:

$$Q_p = \frac{(X_{i+1} - X_i)}{\omega}$$

где  $Q_p$  - расчетная величина критерия;  $X_{i+1}$  - подвергнутое сомнению (подозрительное) значение;  $X_i$  - соседнее с ним значение выборки;  $\omega$  - диапазон выборки; предварительно рекомендуется варианты выборки расположить в порядке возрастания.

Рассчитанное по уравнению значение  $Q_p$  сравнивают с табличной величиной  $Q_T$ . Если  $Q_p > Q_T$ , то проверяемый результат является промахом и его следует отбросить при расчете среднего арифметического. При  $n > 3$  проверку начинают с наибольшего значения выборки. Если подозрительный результат оказался промахом, то исключив его, находят диапазон для новой выборки и проверяют уже наименьшее значение и т. д. Для выборки из трех вариант первой проверяют наименьшую величину. Если оказалось, что проверяемую величину надо исключить, то выполняют дополнительно еще одно определение, затем применяют Q-тест к новой выборке и при отсутствии промаха рассчитывают среднее арифметическое.

Проверку на однородность выборок осуществляют с помощью *F-критерия* по следующей схеме.

1. Сравнивают значения дисперсий рассматриваемых выборок, определяют расчетное значение *F*-критерия по уравнению:

$$F_p = \frac{S_1^2}{S_2^2},$$

где  $F_p$  - расчетная величина критерия;  $S_1^2$  - большая по значению дисперсия;  $S_2^2$  - меньшая дисперсия.

2. По таблице, с учетом числа вариант рассматриваемых выборок  $n_1$  и  $n_2$  (соответственно числа степеней свободы:  $f_1 = n_1 - 1, f_2 = n_2 - 1$ ), для соответствующей вероятности  $P$  определяют теоретическое значение *F*-критерия:  $F_T$ .

3. Сопоставляют расчетную и теоретическую величины *F*-критерия,

делают вывод о равнозначности рассматриваемых выборок. Если рассчитанная величина  $F_p$  меньше табличного значения  $F_T$ , то сравниваемые выборки однородны, т.е. принадлежат одной генеральной совокупности (в противном случае арифметические  $\bar{X}$  рассматриваемых выборок сравнивать между собой нельзя).

4. Определяют средневзвешенную дисперсию выборок ( $\overline{S^2}$ ):

$$\overline{S^2} = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2},$$

где индекс 1 относится к числу вариант ( $n$ ) и дисперсии ( $S$ ) первой выборки, индекс 2 – соответственно ко второй.

5. Оценивают статистическую неразличимость средних арифметических величин  $\bar{X}_1$  и  $\bar{X}_2$  при помощи  $t$ -критерия по уравнению:

$$t_p = \frac{[\bar{X}_1 - \bar{X}_2]}{\sqrt{\overline{S^2}}} \sqrt{\frac{n_1 n_2}{n_1 + n_2}},$$

где  $t_p$ -расчетная величина  $t$ -критерия;  $n_1$  и  $n_2$ - число вариант выборки соответственно с дисперсией  $S_1^2$  и  $S_2^2$ .

6. Расчетное значение  $t$ -критерия сравнивают с теоретическим ( $t_T$ ), определенным по таблице для выбранного уровня доверительной вероятности  $P$  и числа степеней свободы, равного  $f=(n_1+n_2-2)$ . Если  $t_p < t_T$ , то значимого различия между двумя  $\bar{X}$  не существует, т.е. при условиях сравниваемых выборок систематическая погрешность отсутствует.

**Пример.** Содержание определяемого компонента в анализируемом образце, найденное в пяти параллельных единичных определениях ( $n=5$ ), оказалось равным, % 3,01; 3,04; 3,08; 3,16 и 3,31. Известно, что синтетическая ошибка отсутствует. Требуется провести статистическую обработку результатов количественного анализа (оценить их воспроизводимость) при доверительной вероятности, равной  $P=0,95$ .

#### Задания

**1.** При проведении 5 параллельных анализов содержание определяемого компонента в анализируемой образце найдено равным, %: 3,01; 3,03; 3,05 и 3,11. Установите, имеются ли грубые промахи, или же рассматриваемая выборка однородна.

1) 3,01; 3,03; 3,05 и 3,11

2) 4,50; 4,52; 4,55; 4,60; 4,70; 4,75

3) 10,12; 10,20; 10,25; 10,32; 10,52

**2.** При анализе лекарственного препарата (с целью контроля его качества) мезатона – 1%-ного раствора для инъекций – потенциометрическим методом найдены следующие значения рН этого раствора: 4,50; 4,52; 4,60; 4,70; 4,75. Определите доверительный интервал среднего значения рН раствора мезатона при доверительной вероятности  $P=0,95$  и относительную ошибку среднего.

1) 4,50; 4,52; 4,60; 4,70; 4,75

2) 3,12; 3,13; 3,14; 3,15; 3,16; 3,31

3) 5,23; 5,25; 5,27; 5,30; 5,43; 5,57

**3.** При определении (с целью контроля качества) посторонних примесей в образце методом газожидкостной хроматографии найдено суммарное содержание примесей, равное в пяти параллельных анализах, %: 1,30; 1,40; 1,50; 1,60; 1,60. Охарактеризуйте воспроизводимость полученных результатов, рассчитав доверительный интервал среднего и относительную ошибку среднего результата при доверительной вероятности  $P=0,95$ .

1) 1,30; 1,40; 1,50; 1,60; 1,60

2) 0,90; 0,93; 0,96; 0,98; 0,99

3) 2,31; 2,33; 2,36; 2,37; 2,39; 2,45

**Тема «Химия биосферы»**  
**Лабораторная работа № 3-4**

**Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий**

Целью работы № 3 является определение границ санитарно-защитной зоны предприятия (СЗЗ) и графическое изображение контуров зоны в зависимости от розы ветров. Работа является продолжением Практической работы № 1, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

**1 Определение границ санитарно-защитной зоны предприятий**

Размеры СЗЗ в зависимости от розы ветров определяются по формуле

$$L = x \cdot P/P_0$$

где L - расстояние от источника выбросов до границы СЗЗ в рассчитываемом румбе (направлении ветра) розы ветров, м (значения L, как правило, различаются для ветров разных направлений);

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

P - среднегодовая повторяемость направлений ветров рассматриваемого румба, %;

P<sub>0</sub> - повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %, (например, при восьмирумбовой розе ветров P<sub>0</sub> = 12,5 %).

*Примечание:* для Благовещенска имеет место следующая повторяемость направлений ветров:

Ю - 13%; С - 18%;

Ю-В - 8%; С-З - 30%;

В - 4%; З - 10%;

С - В - 9 %; Ю-З - 8 %,

При расчетах следует оценить границу зоны, на которой уровень концентрации равен 1 ПДКс.с. Для каждого из загрязняющих веществ, выбрасываемых точечными источниками данного предприятия.

Из полученных оценок выбрать наибольшую, приняв ее за границу санитарно-защитной зоны предприятия.

**2 Задание по работе**

1. Для источника выбросов Вашего предприятия (см. таблицу 3 работы № 1) необходимо рассчитать расстояние до границы санитарно-защитной зоны, используя при этом восьмирумбовую розу ветров.

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

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

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

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

6. Представить отчет по работе.

**3 Требования к оформлению отчета**

1. В отчете необходимо представить следующие данные:

- наименование предприятия;
- характеристики его источника выбросов;
- результаты промежуточных расчетов;
- конечные результаты;

- выполненный в масштабе чертеж (рисунок) СЗЗ предприятия. 2. Отчет завершить выводами.

**Тема «Химия атмосферы»**  
**Лабораторная работа № 5-7**

**Учет уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов**

В ходе выполнения работы студенты приобретают навыки расчета уровня загрязнения атмосферного воздуха выбросами точечного источника (в основном из труб промышленных предприятий). Необходимые для проведения расчетов данные об источниках загрязнения приведены в таблицах.

**1. Расчет уровня загрязнения атмосферного воздуха вредными выбросами предприятий**

Все источники загрязнения атмосферного воздуха подразделяются на точечные (например, труба предприятия), плоскостные (свалка) и линейные (автомагистраль). При выполнении данной работы студенты знакомятся с методикой расчетов уровня загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов. При этом рассчитывается концентрация загрязняющего вещества в воздухе на различных расстояниях от промышленных труб и делается вывод о влиянии данного предприятия на окружающую среду в данном районе (путем сравнения расчетной концентрации загрязняющего вещества с его предельно допустимой средней суточной концентрацией в атмосфере населенных пунктов – ПДКс.с.).

В ходе проводимых расчетов вначале определяется максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе  $C_{\max}$ , которая может быть достигнута при наиболее благоприятных метеорологических условиях (как правило, при опасной скорости ветра  $U_{\max}$  и на определенном от источника выбросов расстоянии  $x_{\max}$ ). Затем определяется концентрация загрязняющего вещества в атмосферном воздухе на заданном расстоянии  $x$  от источника выбросов.

**2 Определение максимальной концентрации вредного вещества в атмосферном воздухе**

Расчет максимальной концентрации загрязняющего вещества в воздухе выполняется в соответствии с формулой:

$$C_{\max} = A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \Gamma \cdot H^{-2} \cdot (V_1 \cdot \Delta T)^{-1/3}, (1)$$

где  $A$  — коэффициент, зависящий от температуры стратификации атмосферы (таблица 1);

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

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

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

$H$  - высота источника над уровнем земли, м;

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

$\Delta T$  - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси  $T_g$  и температурой окружающего воздуха  $T_o$ , °С (для г. Благовещенска значение  $T_o$  принимается равным 21,4°С);

$V_1$  - расход газовой смеси ( $m^3/c$ ), рассчитываемый по формуле:

$$V_1 = 0,785D^2W_{cp}, (2)$$

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

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

При наличии на предприятии очистных и газоулавливающих сооружений принимают  $F = 1$

для всех газообразных веществ, а также для мелкодисперсных веществ (зола, пыль и др.) и  $F = 2$  для мелкодисперсных аэрозолей. Если очистные и газоулавливающие сооружения отсутствуют, то  $F = 3$ .

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

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

$$g = 0,65 (V_{\text{вх}} \Delta T / H)^{1/3}; (4)$$

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

$$m = 1,47 r^{-1/3}, \text{ если } r > 100. (5)$$

$$n = 0,532 g^2 - 2,13 g + 3,13, \text{ если } 0,5 < g < 2;$$

$$n = 4,4 g, \text{ если } g < 0,5;$$

$$n = 1, \text{ если } g \geq 2 (6)$$

### **3 Определение расстояния от источника выбросов, на котором достигается максимальная концентрация загрязняющего вещества**

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

$$x_{\text{max}} = 0,25(5 - F) \cdot k \cdot H; (7)$$

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

Для  $r < 100$ :  $k = 2,48 (1 + 0,28 r^{1/3})$ , при  $g \leq 0,5$ ;

$k = 4,95 g (1 + 0,28 r^{1/3})$ , при  $0,5 < g \leq 2$ ;

$k = 7 g (1 + 0,28 r^{1/3})$ , при  $g > 2$ ; (8)

Для  $r \geq 100$ :  $k = 5,7$ , при  $g \leq 0,5$ ;

$k = 11,4 g$ , при  $0,5 < g \leq 2$ ;

$k = 16 g^{1/2}$ , при  $g > 2$ ; (9)

### **4. Определение метеорологических условий, при которых может быть достигнута максимальная концентрация загрязняющего вещества в воздухе**

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

Для  $r < 100$ :  $U_{\text{max}} = 0,5$ , При  $g \leq 0$

$U_{\text{max}} = g$ , при  $0,5 < g \leq 2$ ;

$U_{\text{max}} = g (1 + 0,12^{1/2})$  при  $g > 2$  (10)

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

$U_{\text{max}} = g$ , при  $0,5 < g \leq 2$ ;

$U_{\text{max}} = 2,2g$ , при  $g > 2$ ; (11)

### **5 Определение концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на заданном расстоянии от источника выбросов**

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

$$C = S_1 \cdot C_{\text{max}} (12)$$

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

$S_1 = 1,13 (0,13 \alpha^2 + 1)^{-1}$ , при  $1 < \alpha < 8$ ;

$S_1 = \alpha (3,58 \alpha^2 + 35,2 \alpha + 120)^{-1}$ , при  $F < 1,5$  и  $\alpha > 8$ ;

$S_1 = (0,1 \alpha^2 + 2,17 \alpha + 17,8)^{-1}$ , при  $F > 1,5$ , и  $\alpha > 8$  (13)

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

$$S_1 = 0,125 [10 - H + (H - 2) S_1^*],$$

где  $S_1$  определяется по формуле (1.13\*):  
 $S_1^* = 3\alpha^4 - 8\alpha^3 + 6\alpha^2$ , при  $\alpha < 1$ . (13\*)

### 6 Задания по работе:

1. Для Вашего предприятия из таблицы 3 рассчитать уровни загрязнения атмосферного воздуха выбросами предприятия на расстоянии 500 м от источника выбросов.
2. Основываясь на сравнении полученных при расчете значений концентрации загрязняющих веществ с величиной ПДК с.с. (табл. 2), сделать выводы о влиянии каждого из загрязняющих веществ на расчетную точку территории города.
3. Представьте отчет по работе.

### 7 Требования к оформлению отчета

1. В отчете необходимо привести следующие данные:

- название предприятия;
- характеристики источника выбросов (высота и диаметр устья трубы, температура ГВС);
- характеристика выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ (название, ПДКс.с.; объем выброса);
- значение опасной скорости ветра  $U_{\max}$ ;
- результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой;
- конечные результаты (концентрацию каждого из выбрасываемых загрязняющих веществ на расстоянии 500 м от источника выброса, при этом точность расчета концентрации загрязняющего вещества должна соответствовать точности табличного значения его ПДКс.с.).

2. Отчет завершить выводами.

### 8 Краткая характеристика некоторых загрязняющих веществ

**Акролеин** — бесцветная летучая жидкость с резким запахом. Образуется при неполном сгорании масел и содержится в основном в выхлопных газах автотранспорта. Акролеин обладает раздражающим и наркотическим действием.

**Металлы** представляют собой яды с индивидуальным токсическим действием. Например, *медь* вызывает головокружение, слабость, боль в мышцах, нарушения функций кроветворения. *Свинец* — политропный яд, аккумулирующийся в костях, отрицательно действующий на нервную систему и кровь.

**Окислы азота и серы** образуются при сжигании различных видов топлива. При вдыхании этих веществ в организме человека происходит соединение их с водой и переход в кислоты, которые оказывают раздражающее и прижигающее действие.

**Фенолы** - производные ароматических углеводородов. Фенол представляет собой бесцветные кристаллы с сильным запахом. Используется при производстве лекарственных веществ, красителей, синтезе органических соединений. Фенол — наркотический яд, действующий на центральную нервную систему и органы дыхания.

Таблица 1. Значение коэффициента А для некоторых территорий

Территория	Коэффициент А
Средняя Азия, южнее 40 ° с.ш., Бурятская АССР, Читинская область	250
Россия, южнее 50° с.ш., Сибирь, Дальний Восток, Казахстан	200
Европейская часть РФ и Урал от 50° до 52° с.ш.	180
Европейская часть РФ и Урал севернее 52° с.ш., Украина	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области.	140

Таблица 2. ПДКс.с. некоторых веществ в атмосфере населенных пунктов

Вещество	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>	Вещество	ПДКс.с., мг/м <sup>3</sup>
Акролеин	0,03	Пропилен	3,0

Аммиак	0,04	Пыль	0,15
Анилин	0,03	Пыль цементная	0,01
Ацетон	0,35	Ртуть металлическая	0,0003
Бензол	0,1	Сажа	0,05
Диоксид серы	0,05	Свинец	0,0003
Диоксид углерода	3,0	Сероводород	0,008
Зола	0,5	Спирт метиловый	0,5
Медь	0,002	Спирт этиловый	5,0
Никель	0,001	Фенол	0,003
Окислы азота	0,04	Формальдегид	0,003
Окись этилена	0,03	Хлор	0,03
Окись углерода	1,0	Хлористый водород	0,2

Таблица 3. Характеристика предприятий

№	Условное название предприятия, загрязняющее вещество	Высота трубы, м	Диаметр устья трубы, м	Температура ГВС, °С	Выброс загрязняющего вещества, г/сек.
1	«Астра» акролеин оксиды азота сажа свинец	11	0,6	95	2,2 1,7 1,1 0,8
2	«Барьер» акролеин ацетон фенол ртуть	44	1,1	90	12,0 2,7 7,7 0,4
3	«Вега» диоксид серы оксид углерода сажа фенол	33	1,2	100	1,0 1,2 4,8 3,3
4	«Глобус» аммиак оксиды азота сажа фенол	26	2,1	135	3,4 1,6 9,8 0,9
5	«Гранит» аммиак диоксид углерода зола формальдегид	25	1,0	130	2,9 3,9 3,6 1,8
6	«Заря» ацетон ртуть				1,5 0,2

	фенол формальдегид				0,5 2,7
7	«Динамо» акролеин оксиды азота сажа ртуть	38	1,2	118	10 1,5 1,7 0,3
8	«Калибр» ацетон диоксид серы зола фенол	21	1,6	115	2,2 1,6 4,1 1,0
9	«Кварц» аммиак оксид углерода свинец формальдегид	35	1,3	130	3,9 1,5 1,2 2,6
10	«Луч» акролеин диоксид углерода зола оксид углерода	17	1,8	105	7,9 3,4 3,5 0,9
11	«Метеор» ацетон диоксид серы сажа свинец	40	1,5	112	2,4 2,1 2,0 1,5
12	«Омега» аммиак диоксид углерода ртуть формальдегид	19	0,9	120	2,9 3,9 0,4 2,1
13	«Протон» акролеин зола оксиды азота фенол	31	1,2	125	6,3 5,4 2,0 2,6
14	«Ресурс» диоксид углерода диоксид серы оксид углерода свинец	23	1,9	105	3,5 2,0 1,8 1,3
15	«Рубин» ацетон ртуть сажа формальдегид	33	1,1	140	3,1 0,3 12,7 3,0
16	«Сигма» аммиак диоксид серы оксиды азота	24	1,4	110	3,1 1,8 1,9

	фенол				2,9
17	«Спектр» диоксид углерода зола сажа свинец	37	1,6	114	3,9 5,7 14,0 1,8
18	«Титан» акролеин оксид углерода ртуть формальдегид	48	1,3	85	7,4 3,0 0,6 4,1
19	«Топаз» диоксид углерода оксиды азота свинец фенол	27	1,2	97	3,1 2,2 1,4 2,5
20	«Фотон» аммиак диоксид серы зола оксид углерода	18	0,8	110	2,8 2,1 3,2 1,9

Примечания к таблице:

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

#### Лабораторная работа № 8-9

#### **Расчет предельно допустимых выбросов и минимальной высоты источника выбросов предприятия**

Целью практической работы № 2 является ознакомление с методикой расчетов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ предприятий с учетом фоновых концентрации и минимально допустимой высоты трубы  $H_{\min}$ .

Работа является продолжением практической работы № 1, в описании которой имеются данные, необходимые для выполнения настоящей работы.

#### ***1 Расчет ПДВ и минимальной высоты источника выбросов предприятий***

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

При определении минимальной высоты источника выбросов и установлении предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ необходимо учитывать, что средняя суточная концентрация  $C_i$ , каждого  $i$ -го загрязняющего вещества в приземном слое атмосферы населенных пунктов не должна превышать его предельно допустимой концентрации ПДК<sub>i</sub> (см. значения ПДК<sub>с.с.</sub> в таблице 2 практической работы № 1), то есть

$$C_i \leq \text{ПДК}_i \quad (15)$$

При наличии фонового загрязнения атмосферы (оно характеризуется значением  $C_{\text{ф}}$ ), которое может возникнуть при расположении на данной территории функционирующих предприятий, уже выбрасывающих в атмосферу аналогичные загрязняющие вещества, необходимо вместо  $C$  применять величину  $C + C_{\text{ф}}$ , то есть

$$C + C_{\text{ф}} < \text{ПДК}. \quad (16)$$

**Примечание:** для зон курортов, мест размещения зон отдыха населения и других террито-

рий с повышенными требованиями к охране атмосферного воздуха вместо ПДК необходимо применять значение, равное 0,8 ПДК.

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

Для определения  $C_{\phi}$  следует провести расчеты  $C_{\max}$  для проектируемого предприятия по методике, изложенной в практической работе № 1, и принять помученное значение за  $C$ . Изменяя значение  $M$  в формуле (1) из описания практической работы № 1 (изменяя массу выбрасываемого в атмосферу загрязняющего вещества), добиться выполнения неравенства (2). Полученное шипение выброса (г/сек или т/год) будет для планируемого предприятия предельно допустимым - в этом случае при размещении предприятия на данной территории с учетом уже имеющихся предприятий экологическая обстановка в любой точке территории при любых метеоусловиях будет пригодной для людей.

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

$$H_{\min} = (\Delta T \cdot V_1)^{-1/6} [A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot D \cdot \Gamma / (\text{ПДК с.с.} - C_{\phi})]^{1/2} \quad (17),$$

где  $A, D, F, \Gamma$ ;  $V_1$ - параметры, описанные в практической работе № 1;

$M$  - объем выбросов, то есть масса загрязняющего вещества.

выбрасываемая в атмосферу проектируемым предприятием в единицу времени.

Примечания:

1. Если из источника выбрасывается несколько загрязняющих веществ, то за высоту трубы должно приниматься наибольшее из значений  $H_{\text{дап}}$ , которые определены для каждого вещества в отдельности.
2. Увеличение высоты трубы производится для обеспечения рассеивания загрязняющего вещества с целью соблюдения величины ПДК в приземном слое атмосферы. При этом не допускается использование на энергетических объектах труб выше 250 м, а на других производствах - более 200 м. Если при расчетах получены значения, превышающие указанные, делается вывод о необходимости пересмотра технологического процесса с целью снижения выбросов в атмосферу, либо (при проектировании предприятия) изменения места расположения предприятия.

### ***1 Задание по работе***

1. В Вашем варианте сочетания предприятий принять первое предприятие за уже функционирующее, а второе - за проектируемое. Определить для второго предприятия ПДВ и минимальную высоту трубы с учетом фоновой концентрации загрязняющих веществ, создаваемой первым предприятием.
2. Расчет конкретного варианта выполнить по тем загрязняющим веществам, которые совпадают в выбросах обоих предприятий. Расстояние между 1-ми 2-м предприятиями принять равным 3000 м.
3. Сделать выводы на основе анализа полученных результатов.
4. Представить отчет по работе.

### ***2 Требования к оформлению отчета***

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

- конечные результаты.

2. Отчет завершить выводами.

**Таблица 4. Варианты выполнения расчетов**

№ варианта	Сочетание названий предприятий	№ варианта	Сочетание названий предприятий
1.	«Астра» + «Глобус»	11.	«Метеор» + «Калибр»
2.	«Барьер» + «Заря»	12.	«Омега» + «Рубин»
3.	«Вега» + «Метеор»	13.	«Протон» + «Калибр»
4.	«Глобус» + «Динамо»	14.	«Ресурс» + «Вега»
5.	«Гранит» + «Фотон»	15.	«Рубин» + «Заря»
6.	«Заря» + «Титан»	16.	«Сигма» + «Топаз»
7.	«Динамо» + «Протон»	17.	«Спектр» + «Метеор»
8.	«Калибр» + «Фотон»	18.	«Титан» + «Рубин»
9.	«Кварц» + «Ресурс»	19.	«Топаз» + «Глобус»
10.	«Луч» + «Спектр»	20.	«Фотон» + «Ресурс»

### Лабораторная работа № 10-11

#### **Расчет экономического ущерба от загрязнения атмосферного воздуха точечными источниками выбросов**

Под загрязнением окружающей среды понимают антропогенное загрязнение, обусловленные поступления в нее вещества и энергии, приводящие к ухудшению ее состояния с точки зрения социально-экономических интересов общества.

Под экономическим ущербом, наносимым окружающей среде, понимают выраженные в стоимостной форме фактические и возможные убытки, причиняемые народному хозяйству загрязнением окружающей среды, и дополнительные затраты на компенсацию этих убытков. Экономический ущерб от загрязнения среды является комплексной величиной и складывается из ущербов, наносимых отдельным видам реципиентов в пределах зоны активного загрязнения. В качестве основных реципиентов рассматриваются: 1) население, 2) объекты жилищно-коммунального хозяйства, 3) сельскохозяйственные угодья, 4) лесные ресурсы, 5) рыбные ресурсы, 6) основные фонды.

Для определения ущерба используют как метод прямого счета, который требует множества исходных данных, получаемых путем инженерно-экономического обследования предприятия и зоны его влияния, так и метод укрупненного счета. В настоящей работе применяется второй метод.

Полный годовой экономический ущерб  $У$  (рубли) от загрязнения определяется по формуле

$$У = У_{уд} \cdot b \cdot Q, (18)$$

Где  $У_{уд}$  - удельный ущерб от загрязнения окружающей среды на единицу выбросов, р./т;

$b$  - масса выбросов на единицу продукции, т/т;

$Q$  - годовой выпуск продукции, т (например, металла - Ом).

Для отдельного предприятия экономический ущерб рассчитывается по формуле  $У_{пр} = У_{атм} \cdot k_1 + У_{в} \cdot k_2 + У_{зем} \cdot k_3 + У_{н} \cdot k_4$  (19)

где  $У_{пр}$  - экономический ущерб от всех видов загрязнения, поступающих в природную среду от предприятия (или отдельного источника), р./год;

$У_{атм}$  - удельный экономический ущерб, причиняемый годовым выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, р./год;

$У_{в}$  - удельный экономический ущерб, причиняемый годовым сбросом загрязняющих веществ в водоемы, р./год;

$У_{зем}$  - удельный экономический ущерб от годового нарушения в загрязнении земельных ресурсов, р./год;

$У_{н}$  - удельный экономический ущерб от годового нарушения и загрязнения недр, р./год;

$k_1, k_2, k_3, k_4$  - поправочные коэффициенты на степень достоверности укрупненного метода; определяются в каждой из сфер природоохранной деятельности как соотношение между показателем ущерба, определенного методом укрупненного счета, и показателем ущерба, определенного методом прямого счета.

### 1 Экономическая оценка ущерба от загрязнения атмосферы

Экономическая оценка методом укрупненного счета удельного ущерба  $Y_{\text{атм}}$  (р./год), причиняемого выбросом загрязняющих веществ в атмосферный воздух, для всякого источника определяется по формуле

$N$

$$Y_{\text{атм}} = \gamma \cdot \sigma \sum_{i=1}^N (f_i \cdot M_i^*)$$

где  $\gamma$  - константа, численное значение которой равно 0,24 р./условная т (эта константа может меняться в зависимости от изменения цен);

$\sigma$  - коэффициент относительной опасности, зависящий от типа загрязняемой территории ( $\sigma$  определяется в соответствии с пунктом 4.2 описания настоящей работы);

$f_i$  - безразмерный множитель, учитывающий характер рассеивания загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере ( $f_i$  определяется согласно пункту 4.3 описания);

$M_i^*$  - приведенная масса годового выброса загрязняющего вещества

$i$ -го вида, условная т/год ( $M_i^*$  определяется в соответствии с пунктом 4.4 описания).

$N$  - количество выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ.

### 2 Определение $\sigma$

Величина  $\sigma$  определяется по таблице и зависит от размеров и типа зоны активного загрязнения (ЗАЗ). Если ЗАЗ неоднородна и состоит из территорий различного типа, которым по таблице  $\sigma$  соответствуют разные значения  $\sigma$ , то фактическое (полное)  $\sigma$  вычисляется по формуле

$L$

$$\sigma = (1/W_{\text{ЗАЗ}}) \sum (W_j \cdot \sigma_j)$$

$$j = 1 \quad (21)$$

где  $W_{\text{ЗАЗ}}$  - общая площадь ЗАЗ, га;

$W_j$  - площадь той части ЗАЗ, га;

$L$  - количество типов территорий, попавших в ЗАЗ.

### 3 Определение $f_i$

$f_i$  - поправка, учитывающая характер рассеивания загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере.

Ее величина зависит от скорости оседания частиц, высотных выбросов от поверхности земли, температуры выбрасываемой газоаэрозольной смеси.

а) Для газообразных загрязняющих веществ, и легких мелкодисперсных веществ со скоростью оседания менее 1 см/с (акролеин, аммиак, диоксид серы, окислы азота, окислы углерода, фенол, формальдегид и др.)

$$f_i = 4(1 + u)^{-1} \cdot 100 (100 + z \cdot H)^{-1} \quad (22)$$

где  $H$  - геометрическая высота источника выбросов, м;

$z$  - скорость ветра, м/с (если значение и неизвестно, то принимают  $z=3$  м/с);

$z$  - поправка на тепловой подъем факела выбросов в атмосфере, которая рассчитывается по формуле:

$$z = 1 + \Delta T / 75, \quad (23)$$

где  $\Delta T$  - разность между температурой в устье источника и средней температурой атмосферного воздуха в самое жаркое время года (для города Благовещенска = 21,4°C; информацию о характеристиках источника выбросов следует взять из описания практической работы № 1).

б) Для частиц, оседающих со скоростью от 1 до 20 см/с (ацетон, металлы, их окислы и др.)

$$f_i = 4(1 + u)^{-1} \cdot [1000 / (60 + z \cdot H)]^{1/2} \quad (24)$$

в) Для частиц, оседающих со скоростью выше 20 см/с (зола, пыль, сажа и др.)  $f_i = 10$  (25)

#### 4 Определение $M_i^*$

Приведенная масса годового выброса загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосферу  $M_i^*$  определяется по формуле

$$M_i^* = a_i \cdot m_i \quad (26)$$

где  $a_i$  - безразмерный показатель относительной агрессивности загрязняющего  $i$ -го вида рассчитывается по формуле

$$a_i = \text{ПДК}(\text{CO}_2) / \text{ПДК}_i \quad (27)$$

$m_i$  - масса годового выброса загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосферу, т/год;

ПДК ( $\text{CO}_2$ ) - предельно допустимая среднесуточная концентрация  $\text{CO}_2$  в атмосфере, принимаемая за эталон и равная 3 мг/м<sup>3</sup>;

ПДК <sub>$i$</sub>  - предельно допустимая среднесуточная концентрация загрязняющего вещества  $i$ -го вида в атмосфере (см. таблицу ПДК с. вредных веществ в описании практической работы № 1).

#### 5 Задание по работе

1. Для Вашего предприятия рассчитать экономический ущерб, причиняемый выбросами в атмосферу загрязняющих веществ.
2. При выполнении расчета считать, что указанное предприятие расположено на территории г. Благовещенска.
3. Представить отчет по работе.

#### 6 Требования к оформлению отчета

В отчете необходимо привести следующие данные:

- номер варианта с указанием названия предприятия;
- результаты промежуточных расчетов с точностью 3 знака после запятой;
- конечные результаты в виде двух таблиц: первая характеризует г. Благовещенск с помощью проведенных расчетов, вторая - указанное предприятие.

Таблица 5 Характеристики г. Благовещенска

Характеристика	Числовое значение
Количество жителей	278 000 человек
Общая площадь	360 км <sup>2</sup>
Типы территорий:	в % от общей площади 40,2
населенные места	9,5
территории промышленных предприятий	16,0
пашни (на приусадебных участках) леса 1-й группы	11,0
леса 2-й группы	15,0
водоемы	8,3

Таблица 6. Значения  $\sigma_i$  от типа территории

Типы территорий	$\sigma_i$
Курорты, санатории, заповедники	10
Природные зоны отдыха, садовые и дачные участки	8
Населенные места с плотностью населения чел./га	(0,1 га/чел.) · n
Территории промышленных предприятий	4
Пашни	0,25
Сады	0,5
Пастбища, сенокосы	0,05
Леса: 1-ой группы	0,2
2-ой группы	0,1
3-ей группы	0,025

### Лабораторная работа № 12-13

#### Определение категории экологической опасности предприятия по выбросам в атмосферу

Категорию опасности предприятия (КОП) рассчитывают по формуле:

$$КОП = \sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{ПДК_{cci}} \right)^{\alpha_i}, \quad (1)$$

где  $M_i$  – масса выброса  $i$ -го вещества, т/год;

$ПДК_{cci}$  – среднесуточная ПДК  $i$ -го вещества, мг/м<sup>3</sup>;

$n$  – количество загрязняющих веществ;

$\alpha_i$  – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности  $i$ -го вещества с вредностью сернистого газа, определяется по таблице 1.

Таблица 1 – Значение  $\alpha_i$  для веществ различных классов опасности по СН-245-71

Константа	Класс опасности			
	1	2	3	4
$\alpha_i$	1,7	1,3	1,0	0,9

Значение КОП рассчитывают при условии, когда:

$$\frac{M_i}{ПДК_{cci}} > 1$$

При  $\frac{M_i}{ПДК_{cci}} \leq 1$  значение КОП не рассчитывают и приравнивают к нулю.

Для расчета КОП, при отсутствии среднесуточных значений ПДК, используют значения максимально разовых ПДК или в 10 раз уменьшенные ПДК рабочей зоны.

Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК, значение КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

По величине КОП предприятия делят на четыре категории опасности. Граничные условия для деления предприятий приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Граничные условия для деления предприятий на категории опасности по значению КОП

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$КОП \geq 10^6$
II	$10^6 > КОП > 10^4$
III	$10^4 > КОП > 10^3$
IV	$10^3 > КОП$

На предприятия I категории приходится 60 – 70 % необходимого снижения выбросов с целью достижения ПДВ от общего снижения по городу, II категории – 30 % от общего снижения по городу, I и II категории нуждаются в постоянном контроле за всей природоохранной деятельностью.

К III категории опасности относятся предприятия со значениями  $10^4$  –  $10^3$ . На их долю приходится всего 10 – 15 % общих городских выбросов. На эти предприятия приходится 5 – 10 % необходимого снижения выбросов с целью достижения ПДВ от общего снижения по городу.

Для предприятий IV категории практически можно установить нормативы ПДВ на

уровне фактических выбросов.

Для определения категории экологической опасности заданного предприятия необходимы годовые выбросы всех вредных веществ свести в таблицу 4. Далее, используя

данные таблицы 1 и 3, рассчитать  $\sum_{i=1}^n \left( \frac{M_i}{\text{ПДК}_{\text{cci}}} \right)^{\alpha_i}$  и сделать вывод, по граничным условиям исходя из таблицы 2.

Таблица 3 – Выписка из СН-245-71

Вещество	Сажа	S O <sub>2</sub>	N O	N O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S O <sub>4</sub>	HF	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	С аэр оз	Mn O <sub>2</sub>	Тв . ча - цы	Аб-разив	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	С O	Пары бензина	Углеводороды
ПД K <sub>cci</sub>	0,05	0,05	0,06	0,04	0,01	0,05	0,02	0,15	0,01	0,15	0,15	0,04	1	1,5	1,0
Класс опасности	3	3	3	3	2	1	1	3	2	3	3	3	4	4	4

Таблица 4 – Расчет КОП (Данные ЗАО «Тяжелые механические прессы»)

Вещество	$M_i$ , т/год	ПДК <sub>cci</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности	$\alpha_i$	$\left( \frac{M_i}{\text{ПДК}_{\text{cci}}} \right)^n$
Марганец и его соединения	0,013600				
NO <sub>2</sub>	168,241623				
NO	273,28				
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,0000019				
Сажа	0,0083090				
SO <sub>2</sub>	3736,368222				
Пыль неорг	14,2851000				
Железа оксид (III)	0,0990000				
Бензин	0,1287940				
Углеводороды C <sub>12</sub> -C <sub>19</sub>	0,5276000				

### Тема «Химия гидросферы»

#### Лабораторная работа № 14

#### Интегральная и комплексная оценка качества воды

При наличии результатов химических анализов по достаточному количеству показателей можно определить классы качества воды, которые являются интегральной характеристикой загрязненности поверхностных вод. Классы качества определяются по **индексу загрязненности воды (ИЗВ)**, который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений 6 основных показателей качества воды по формуле:

$$ИЗВ = \frac{\sum \frac{C_i}{ПДК_i}}{6}, (1)$$

где  $C_i$  – среднее значение определяемого показателя за период наблюдений (при гидрохимическом мониторинге это среднее значение за год);

ПДК<sub>i</sub> – предельно-допустимая концентрация для данного загрязняющего вещества;

6 – число показателей, берущихся для расчета.

Значение ИЗВ рассчитывают для каждого пункта отбора проб (створа). Далее по табл. 1 в зависимости от значения ИЗВ определяют класс качества воды.

Таблица 1 – Характеристика интегральной оценки качества воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2 - 1	II	Чистые
Более 1 - 2	III	Умеренно загрязненные
Более 2 - 4		

В число основных, так называемых «лимитируемых» показателей, входят значения 4 ингредиентов, являющихся для данного водоема (воды) наиболее неблагоприятными, или которые имеют наибольшие приведенные концентрации (отношение С/ПДК). Такими показателями, по опыту гидрохимического мониторинга водоемов, нередко бывают следующие: содержание нитратов, нитритов, аммонийного азота, тяжелых металлов – меди, марганца, кадмия и др., фенолов, пестицидов, нефтепродуктов, СПАВ и т.д. Для каждого из четырех выбранных показателей определяют индекс загрязненности воды по формуле:

$$ИЗВ = C_i/ПДК_i (2)$$

При расчете ИЗВ, в обязательном порядке, входят также значения еще 2 показателей – концентрация растворенного кислорода и значение БПК<sub>5</sub>, для которых индекс загрязненности воды рассчитывают по другой формуле:

$$ИЗВ = ПДК_i/C_i(3)$$

**Пример 1.** Известен химический состав воды реки Амурза период с 2007 – 2009 годы (табл. 2). Рассчитать ИЗВ и определить класс качества водного объекта за исследуемый период времени, заполнив таблицу 3. Сделать вывод об экологическом состоянии реки за данный период времени.

Таблица -2 Среднегодовые значения химического состава р. Амур

Наименование ингредиентов	2007 год	2008 год	2009 год	ПДК, мг/л
Водородный показатель, рН	7,23	7,39	6,77	6,5 – 8,5
Растворенный кислород	5,01	5,8	5,65	6,0
Взвешенные вещества	9,46	9,68	15,9	9,5
БПК <sub>5</sub>	3,02	2,86	2,91	2,0
Ион аммония	0,149	0,255	0,424	0,5
Нитриты	0,071	0,102	0,157	0,08
Фосфаты	0,587	0,575	0,418	0,6
Нефтепродукты	0,07	0,09	0,12	0,05
СПАВ	0,035	0,03	0,053	0,1
Железо (общ)	0,166	0,168	0,169	0,1
Хром (общ)	0,005	0,005	0,005	0,005
Медь	0,0017	0,002	0,0024	0,001
Цинк	0,016	0,015	0,017	0,01
Никель	0,004	0,004	0,004	0,01
Хлориды	137,5	122,8	73,1	300,0
Сульфаты	60,7	58,7	22,8	100,0

Жиры	0,10	0,20	0,8	0,08
Хром (VI)	0,005	0,005	0,005	0,02
Нитраты	32,4	38,2	28,3	40,0

Таблица 3 – Расчет ИЗВ за период с 2007 – 2009 гг.

Годы	ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
2007			
2008			
2009			

### Лабораторная работа №15

#### **Определение pH водных растворов pH-метром ЭКОТЕСТ-2000**

**Цель работы:** Целью работы является изучение устройства, приобретение навыков работы, градуировка и определение метрологических характеристик микропроцессорного pH-метра ЭКОТЕСТ-2000, измерение величины pH различных растворов.

#### **Приборы и оборудование для проведения работы**

1. Микропроцессорный pH-метр ЭКОТЕСТ-2000.
2. Набор электродов.
3. Набор стандартных буферных растворов.
4. Стеклоянная ёмкость объёмом 1000 мл.
5. Воронка.
6. Калий хлористый KCl.
7. Дистиллированная вода.
8. Термометр стеклянный, диапазон измерения 0 – 100 °С, цена деления 0,1 °С.

#### **Меры безопасности**

При выполнении лабораторной работы необходимо выполнять все требования техники безопасности.

**Задание 1.** Подготовить прибор к работе.

#### **Выполнение опыта.**

До начала работы с прибором ЭКОТЕСТ - 2000 ознакомьтесь с его устройством и работой.

Включите прибор в сеть с помощью блока питания.

Нажмите кнопку «ВКЛ».

Выберите режим «pH-метр - иономер» с помощью кнопок «←» и «→».

Подключите к прибору необходимые измерительный электрод, электрод сравнения и терморезистор.

Электрод сравнения должен быть залит насыщенным раствором соли KCl. Для этого приготовьте раствор хлористого калия, взяв 100 мл воды и растворив в ней приблизительно 70 г соли. Вытащите пробку из сравнительного электрода и с помощью шприца заполните его до отверстия.

#### **Задание 2.**

Построить статическую характеристику pH-метра.

#### **Выполнение опыта.**

Для градуировки прибора были использованы контрольные растворы - буферные растворы, приготовленные из стандартных титров. В память прибора записаны результаты градуировки, которые можно просмотреть следующим образом.

Нажмите кнопку «ИОН» и кнопками «←», «→» выберите режим «pH».

Нажмите кнопку «ВВОД».

Нажмите кнопку «КЛБ». На дисплее высветится надпись со значением первой точки градуировки.

Просмотрите так же остальные точки градуировки.

Постройте по имеющимся данным обратную статическую характеристику рН-метра  $pH = f(E)$ .

### **Задание 3.**

Измерить величину рН водных растворов (без термокомпенсации).

#### **Выполнение опыта.**

Опустите в водный раствор измерительный и сравнительный электроды, предварительно сняв с них колпачки, а также терморезистор.

Измерьте рН водных растворов (п. 4.3.4.3). Для этого нажмите кнопку «ИЗМ», затем кнопку «рХ», после чего на экране появится значение рН.

Повторите эксперимент с другими растворами.

### **Задание 4.**

Сравнить рН различных водных растворов.

#### **Выполнение опыта.**

Измерьте величину рН различных водных растворов и сравните их между собой.

Сделайте выводы о качестве растворов. Какой раствор является более кислотным, а какой - более щелочным.

### **Задание 5.**

Измерить величину рН воды из разных источников.

#### **Выполнение опыта.**

Измерьте величину рН разной воды (родниковой, водопроводной, после фильтра, кипячёной и т.д.), оцените соответствие питьевой воды ГОСТу и сравните воду из разных источников между собой.

Сделайте вывод о качестве питьевой воды.

Измерение водородного показателя (рН) питьевой воды (ПДНФ 14.1:2:3.4-12197) является обязательным требованием при контроле питьевой воды в соответствии СанПиН 2.1.4.1074-01. При этом допускается изменение рН в диапазоне от 6 до 9 рН.

### **Задание 6.**

Измерить температуру исследуемого раствора.

#### **Выполнение опыта.**

Для измерения температуры анализируемой среды кнопками "←" и "→" установите режим "Термометр". На дисплее появится надпись:

Выбор режима

Термометр

Нажмите кнопку "ИЗМ". На дисплее появится результат измерения температуры, например:

Термометр

20.46°C

Измерьте установившееся значение температуры. Для выхода из режима измерений нажмите кнопку "ОТМ".

Оформите протокол проведения лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе должен включать в себя краткое описание работы рН-метра, его схему, статическую характеристику, результаты измерения рН водных растворов, результаты сравнения рН воды из разных источников и соответствие её ГОСТу.

## **Лабораторная работа №16**

### **Определение содержания ионов $K^+$ , $Na^+$ , $Cl^-$ и $Ca^{2+}+Mg^{2+}$ в воде иономером ЭКОТЕСТ-2000**

**Целью работы** является изучение устройства, приобретение навыков работы, градуировка, определение метрологических характеристик микропроцессорного иономера ЭКОТЕСТ-2000 и измерение концентрации различных ионов в водных растворах.

#### **Приборы и оборудование для проведения работы:**

1. Микропроцессорный иономер ЭКОТЕСТ-2000.
2. Набор ионоселективных электродов.
3. Набор стандартных растворов.
4. Мерная колба объёмом 1000 мл.
5. Воронка.
6. Натрий хлористый NaCl.
7. Калий хлористый KCl.
8. Дистиллированная вода.
9. Термометр стеклянный, диапазон измерения 0 – 100 °С, цена деления 0,1 °С.

### Меры безопасности

При выполнении лабораторной работы необходимо выполнять все требования техники безопасности.

#### Задание 1.

Подготовить прибор к работе.

#### Выполнение опыта.

Подключите прибор к сети с помощью блока питания и нажмите кнопку «ВКЛ».

Выберите режим «рН-метр-иономер» с помощью кнопок «←» и «→».

Нажмите кнопку «ИОН» и кнопками «←», «→» выберите необходимый ион ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  или  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ).

Нажмите кнопку «ОТМ».

Нажав кнопку «КЛБ», просмотрите калибровку.

Запишите данные градуировки.

Подключите к прибору измерительный ионоселективный электрод соответствующий измеряемому иону ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ ), электрод сравнения и терморезистор.

Электрод сравнения должен быть залит насыщенным раствором соли KCl. Для этого приготовьте раствор хлористого калия, взяв 100 мл воды и разбавив в ней приблизительно 70 г соли. Вытащите пробку из сравнительного электрода и с помощью шприца заполните его до отверстия.

#### Задание 2.

Измерить концентрацию ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в водных растворах (без термокомпенсации).

#### Выполнение опыта.

Подготовьте 3 раствора NaCl (KCl), имеющих различные концентрации (от 15 до 50 г/л для каждого). В раствор опустите электроды и терморезистор, предварительно сняв с них колпачки.

Измерьте содержание ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  или  $\text{Cl}^-$  в растворе в мг/л следующим образом (п. 5.2.5.1.4): нажмите кнопку «ИЗМ», а затем «мг/л» - на экране появится значение концентрации в мг/л.

Повторите измерение для всех растворов по два раза.

Постройте обратную статическую характеристику  $pX = f(E)$ .

Зная концентрацию соли в растворе и атомную массу веществ, рассчитайте, чему равна концентрация ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в растворах по уравнению (5.6).

Сравните расчётные значения концентрации и значения, полученные с помощью прибора. Определите абсолютную  $\Delta$  и относительную ошибку  $\delta$  измерения.

#### Задание 3.

Сравнить концентрацию ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в воде из разных источников.

#### Выполнение опыта.

Сравните концентрацию ионов  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}^-$  в различных водных растворах или воде (из естественного водоёма, водопроводной, после фильтра и т.п.).

Измерение водородного показателя (рН) питьевой воды (6 – 9 рН, ПДНФ 14.1:2:3.4-12197), её общей жёсткости (не более 7,0 мг-экв./л, ГОСТ 4151-72), хлоридов ( $\text{Cl}^-$ ) (не более 500 мг/л, ГОСТ 4389-72), хлора остаточного: связанного (не более 0,8 – 1,2 мг/л) или



Выберите оптимальную длину кюветы (п. 6.2.2.2).

Таблица 6.2 Выбор длины кюветы  $\lambda$

Длина кюветы $l$ , мм	10	20	30
Оптическая плотность $D$			

**Задание 3.**

Измерить оптическую плотность растворов

**Выполнение опыта.**

Измерьте оптическую плотность всех приготовленных растворов (п. п. 6.2.1.1 – 6.2.1.4).

Результаты измерений занесите в табл. 6.3.

Таблица 6.3 Зависимость оптической плотности от концентрации

Концентрация раствора $C$ , %	0	25	50	75	100
Оптическая плотность $D$					

Постройте градуировочный график  $D = f(C)$ .

**Задание 4.**

Измерить концентрацию приготовленных растворов.

**Выполнение опыта**

Найдите коэффициент факторизации  $F$  и введите его в память микропроцессора (п. 2.4).

Проведите измерение концентрации приготовленных растворов, результаты занесите в табл. 6.4.

Таблица 6.4 Определение погрешности измерения концентрации

Исходное значение концентрации $C$ , %	Измеренное значение концентрации $C$ , %	Погрешность $\Delta$ , %

По данным табл. 6.4 вычислите абсолютную погрешность измерения концентрации раствора.

**Задание 5.**

Определить доверительный интервал и доверительную вероятность результатов измерений.

**Выполнение опыта.**

Получите массив измерений (выборку) одной концентрации по заданию преподавателя).

**Оформление отчёта**

Отчёт по лабораторной работе должен включать в себя краткое описание работы фотометра, его оптическую схему, результаты определения длины волны и длины кюветы, результаты определения оптической плотности растворов, градуировочный график, результаты измерения концентрации водных растворов.

**Лабораторная работа № 18**

**Определение концентрации веществ  
рефрактометром ИРФ 454 Б2 М**

Целью лабораторной работы является изучение устройства, приобретение навыков работы, определение метрологических характеристик рефрактометра ИРФ-454 Б2М, а также измерение коэффициента преломления и концентрации растворов разных веществ.

**7.5. Приборы и оборудование для проведения работы**

1. Рефрактометр ИРФ-454 Б2М.
2. Набор стеклянной посуды.
3. Эфир или этиловый спирт.

4. Мерные цилиндры.
5. Дистиллированная вода.
6. Сахар.
7. Термометр стеклянный, диапазон измерения 0 – 100 °С, цена деления 0,1 °С.

### **6. Меры предосторожности**

При эксплуатации рефрактометра необходимо соблюдать следующие меры предосторожности.

При измерении показателя преломления твёрдых тел или жидкостей поверхности призм и образцов (твёрдые тела) необходимо тщательно очистить от пыли и грязи, промыть эфиром или спиртом и протереть чистой мягкой салфеткой. Оставшиеся на поверхности мелкие пылинки смахнуть мягкой кисточкой.

После измерений не следует оставлять образец на призме, так как от продолжительного действия иммерсионной жидкости поверхность призмы портится. Перед тем, как снять образец, на поверхность измерительной призмы нанесите каплю эфира, чтобы нарушить контакт между образцом и призмой.

#### **Задание 1.**

Определить концентрацию спиртового раствора.

#### **Выполнение опыта.**

Руководствуясь пунктом 7.3.3.2, установите прибор и настройте окуляр (п. 7.3.3.1). Приготовьте пять эталонных спиртовых растворов с концентрацией 0, 25, 50, 75, 100 % (см. гл. 6). Нанесите 2 - 3 капли на призму (п. 7.3.3.3.2) и измерьте показатель преломления (п. 7.3.3.4). После каждого измерения очищайте призму (п. 7.3.3.8).

Затем приготовьте раствор спирта в воде неизвестной концентрации и измерьте показатель преломления полученного раствора. По окончании измерений очистите призму прибора (п. 7.3.3.8).

Постройте график зависимости концентрации раствора от коэффициента преломления раствора. Затем по графику определите концентрацию раствора неизвестной концентрации. Определите абсолютную  $\Delta$  и относительную  $\delta$  погрешности измерения.

#### **Задание 2.**

Определить концентрацию сахарозы в водном растворе.

#### **Выполнение опыта 2.**

Руководствуясь пунктом 7.3.3.2, установите прибор и настройте окуляр (п. 3.1). Приготовьте пять эталонных растворов сахарозы в воде с концентрацией 0, 25, 50, 75, 100 %. Нанесите 2 - 3 капли на призму (п. 7.3.3.3.2) и измерьте показатель преломления (п. 7.3.3.4). После каждого измерения очищайте призму (п. 7.3.3.8). Затем приготовьте раствор неизвестной концентрации. Проведите измерения содержания сахарозы в растворе. По окончании измерений очистите призму прибора (п. 7.3.3.8).

Постройте график зависимости концентрации раствора от концентрации сахарозы в растворе. Затем по графику определите концентрацию раствора неизвестной концентрации. Определите абсолютную  $\Delta$  и относительную  $\delta$  погрешности измерения.

Оформите протокол проведения лабораторной работы.

Отчёт по лабораторной работе должен включать в себя краткое описание работы рефрактометра, его оптическую схему, градуировочный график, результаты измерения концентрации различных растворов.

### **Лабораторная работа № 19**

#### **Определение суммарного загрязнения воды частотным кондуктометром ЛК-01**

**Целью работы** является изучение устройства, приобретение навыков работы и определение метрологических характеристик автоматического частотного кондуктометра ЛК – 01, а также определение УЭП различных вод.

#### **Приборы и оборудование для проведения работы**

1. Автоматический частотный кондуктометр.

2. Магазин сопротивлений Р-4830.
3. Набор растворов КСl сразличной УЭП.
4. Термометрстеклянный,диапазонизмерения0– 100 °С, цена деления 0,1 °С.

#### Порядок выполнения работы

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 8. 4.

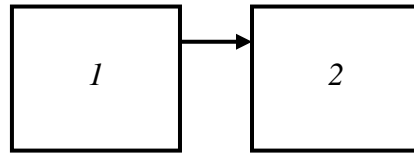


Рис. 8.4. Блок-схема экспериментальной установки:  
1 – магазин сопротивлений Р-4830; 2 – кондуктометр

#### Меры безопасности

При выполнении лабораторной работы необходимо соблюдать правила техники безопасности при работе на электроустановках.

#### Задание 1.

Определить зависимость показаний кондуктометра от сопротивления датчика.

#### Выполнение опыта.

Вместо датчика подключите ко входу кондуктометра магазин сопротивления Р-4830 и включите кондуктометр. Изменяя сопротивления на магазине сопротивления Р-4830 через 10 Ом в диапазоне 0 ÷ 100 Ом, через 20 Ом в диапазоне 100 ÷ 200 Ом, через 50 Ом в диапазоне 200 ÷ 500 Ом, через 100 Ом в диапазоне 500 ÷ 1500 Ом, через 500 Ом в диапазоне 1500 ÷ 5000 Ом и через 1000 Ом в диапазоне 5000 ÷ 10000 Ом, снимите показания кондуктометра.

Результаты измерений занесите в табл. 8.1

Таблица 8.1 Результаты измерений

Сопротивление $R$ , Ом	
Показания УЭП $\alpha$ , См/м	

#### Задание 2.

Построить зависимость показаний кондуктометра от величины сопротивления ячейки  $\alpha = f(R)$ .

#### Выполнение опыта.

Постройте зависимость показаний кондуктометра от величины сопротивления его датчика, т.е. зависимость  $\alpha = f(R)$ .

Статическая характеристика кондуктометра должна отвечать следующим условиям (см. гл. 2):

- должна быть обеспечена однозначная зависимость  $\alpha$  от  $R$  ;
- показания кондуктометра должны находиться в диапазоне от 0 до  $100 \cdot 10^{-2}$  См/м;
- зависимость  $\alpha$  от  $R$  должна иметь гиперболический характер (см. выражение 8.1) .

Руководствуясь этими условиями, выберите участок, соответствующий статической характеристике. Исследуйте, если это необходимо, эту статическую характеристику более подробно.

Постройте статическую характеристику кондуктометра  $\alpha = f(R)$ .

#### Задание 3.

Вычислить постоянную ячейки  $A$ .

#### Выполнение опыта.

Вычислите значение постоянной ячейки  $A$  для трёх точек, соответствующих 20, 50 и 80 % диапазона измерений по формуле (8.1).

Постоянную датчика рассчитайте по трём измерениям путём определения её среднего значения

$$A = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{3}. \quad (8.5)$$

**Задание 4.**

Построить статическую характеристику кондуктомет-ра  $a = f(a_{ex})$ .

**Выполнение опыта.**

Пользуясь вычисленным значением постоянной ячейки  $A$ , переведите соответствующие значения сопротивления датчика  $R$  в УЭП  $a_{ex}$  и постройте статическую характеристику  $a = f(a_{ex})$ .

**Задание 5.**

Определить метрологические характеристики кондук-тометра ЛК-01.

**Выполнение опыта.**

Воспользовавшись результатами экспериментов, определите:

- диапазон входных величин;
- диапазон выходных величин;
- чувствительность кондуктометра;
- максимальную абсолютную погрешность;
- максимальную относительную погрешность;
- максимальную приведённую погрешность;
- класс точности прибора.

**Задание 6.**

Получить массив данных выходного сигнала  $a$  в одной точке диапазона измерений  $R$ .

**Выполнение опыта.**

Проведите 25 измерений выходного сигнала  $a$  кондуктометра в одной точке диапазона измерений  $R$  (по заданию преподавателя), приближаясь к ней со стороны больших и меньших значений сопротивлений  $R$ .

Рассчитайте оценки математического ожидания, дисперсии и СКО, запишите полученные данные в табл. 8.2.

**Таблица 8.2** Расчёт оценок математического ожидания  $\bar{Y}$ , дисперсии  $D$  и СКО  $\sigma$

$N$	$a$ , См/м	$\bar{Y}$ , См /м	$D$ , См <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	$\sigma$ , См /м

**Задание 7.**

Определить УЭП питьевой и промышленной воды из разных источников.

**Выполнение опыта.**

Подключите к кондуктометру датчик и измерьте УЭП воды из разных источников.

В соответствии с формулами (8.2) и (8.3) сделайте вывод о самой чистой и загрязнённой воде.

Отчёт о лабораторной работе должен содержать:

- краткое описание принципа действия прибора и его устройство;
- схему лабораторной установки (схему измерения);
- результаты измерений и их обработки
- графики на миллиметровой бумаге статической ха-рактеристики  $Y = f(X)$  с её линейной или квадратичной аппроксимацией, зависимости  $\bar{Y} = f(N)$  и  $\sigma = f(N)$ , а также распределение относительной погрешности по диапазону измерения  $\delta = f(X)$ ;
- результаты измерения УЭП воды из разных источников.

## 6 ДИДАКТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ (САМОКОНТРОЛЯ) УСВОЕННОГО МАТЕРИАЛА

### 1.1 Оценочные средства, показатели и критерии оценивания компетенций

Индекс компе-	Оценочное средство	Показатели оценивания	Критерии оценивания сформированности компетенций
---------------	--------------------	-----------------------	--

тенции			
ПК-2	Отчет по лабораторной работе	Низкий – неудовлетворительно	ставится, если допущены существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые не исправляются даже по указанию преподавателя.
		Пороговый – удовлетворительно	ставится, если допущены одна-две существенные ошибки (в ходе эксперимента, в объяснении, в оформлении работы, по технике безопасности, в работе с веществами и приборами), которые исправляются с помощью преподавателя.
		Базовый – хорошо	а) работа выполнена правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) допустимы: неполнота проведения или оформления эксперимента, одна-две несущественные ошибки в проведении или оформлении эксперимента, в правилах работы с веществами и приборами
		Высокий – отлично	а) работа выполнена полно, правильно, без существенных ошибок, сделаны выводы; б) эксперимент осуществлен по плану с учетом техники безопасности и правил работы с веществами и приборами; в) имеются организационные навыки (поддерживается чистота рабочего места и порядок на столе, экономно используются реактивы).
Тест		Низкий – до 60 баллов (неудовлетворительно)	за верно выполненное задание тестируемый получает максимальное количество баллов, предусмотренное для этого задания, за неверно выполненное – ноль баллов. После прохождения теста суммируются результаты выполнения всех заданий.
		Пороговый – 61-75 баллов (удовлетворительно)	
		Базовый – 76-84 баллов (хорошо)	Подсчитывается процент правильно выполненных заданий теста, после чего этот процент переводится в оценку, руководствуясь указанными критериями оценивания.
		Высокий – 85-100 баллов (отлично)	
Реферат		Низкий – неудовлетворительно	тема реферата не раскрыта, обнаруживается существенное непонимание проблемы.
		Пороговый – удовлетворительно	имеются существенные отступления от требований к реферированию. В частности: тема освещена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании реферата или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты отсутствует вывод.
		Базовый – хорошо	основные требования к реферату и его

			защите выполнены, но при этом допущены недочёты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в суждениях; не выдержан объём реферата; имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите даны неполные ответы.
		Высокий – отлично	выполнены все требования к написанию и защите реферата: обозначена проблема и обоснована её актуальность, сделан краткий анализ различных точек зрения на рассматриваемую проблему и логично изложена собственная позиция, сформулированы выводы, тема раскрыта полностью, выдержан объём, соблюдены требования к внешнему оформлению, даны правильные ответы на дополнительные вопросы.
Контрольная работа		Низкий – неудовлетворительно	допустил число ошибок и недочетов превосходящее норму, при которой может быть выставлена оценка «3»
		Пороговый – удовлетворительно	если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: не более двух грубых ошибок; или не более одной грубой и одной негрубой ошибки и одного недочета; или не более двух-трех негрубых ошибок; или одной негрубой ошибки и трех недочетов; или при отсутствии ошибок, но при наличии четырех-пяти недочетов.
		Базовый – хорошо	студент выполнил работу полностью, но допустил в ней: не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов
		Высокий – отлично	работа выполнена без ошибок, указаны все расчетные формулы, единицы измерения, без ошибок выполнены математические расчеты
Коллоквиум		Низкий – неудовлетворительно	- незнание программного материала; - при ответе возникают ошибки; - затруднения при выполнении практических работ.
		Пороговый – удовлетворительно	- усвоение основного материала; - при ответе допускаются неточности; - при ответе недостаточно правильные формулировки; - нарушение последовательности в изложении программного материала; - затруднения в выполнении практических заданий.
		Базовый – хорошо	- знание программного материала;

			<ul style="list-style-type: none"> <li>- грамотное изложение, без существенных неточностей в ответе на вопрос;</li> <li>- правильное применение теоретических знаний;</li> <li>- владение необходимыми навыками при выполнении и практических задач.</li> </ul>
		Высокий – отлично	<ul style="list-style-type: none"> <li>- глубокое и прочное усвоение программного материала;</li> <li>- полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы при видоизменении задания;</li> <li>- свободно справляющиеся с поставленными задачами, знания материала;</li> <li>- правильно обоснованные принятые решения;</li> <li>- владение разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.</li> </ul>

## 6.2 Промежуточная аттестация студентов по дисциплине

Промежуточная аттестация является проверкой всех знаний, навыков и умений студентов, приобретённых в процессе изучения дисциплины. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является зачёт/экзамен.

Для оценивания результатов освоения дисциплины применяются следующие критерии оценивания.

### Критерии оценивания устного ответа на зачете

**Оценка «зачтено»** выставляется студенту, если:

- 1) вопросы раскрыты, изложены логично, без существенных ошибок;
- 2) показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами;
- 3) продемонстрировано усвоение ранее изученных вопросов, сформированность компетенций, устойчивость используемых умений и навыков.

Допускаются незначительные ошибки.

**Оценка «не зачтено»** выставляется, если:

- 1) не раскрыто основное содержание учебного материала;
- 2) обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала;
- 3) допущены ошибки в определении понятий, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов;
- 4) не сформированы компетенции, умения и навыки.

### Вопросы к зачету

1. Предмет химии окружающей среды. Понятие среды. Химические элементы, атомы, молекулы – основа строения объектов окружающей среды. Формы нахождения химических элементов, их краткая характеристика.

2. Основные закономерности распространения химических элементов. Геохимические классификации химических элементов. Хемосфера.

3. Биосфера, ее состав и структура. Живое вещество биосферы, его функции. Уровни организации живого вещества. Биогенные и второстепенные химические элементы биосферы.

4. Типы взаимодействия живых организмов. Хемомедиаторы.

5. Биогеохимические циклы химических элементов. Роль живого вещества в круговороте веществ и энергии.

6. Атмосфера. Строение, состав и происхождение атмосферы. Химические реакции в атмосфере.
7. Загрязнение атмосферного воздуха. Научные основы гигиенического нормирования загрязнения атмосферы.
8. Аэрозоли, их классификация и характеристика. Фотохимический смог. Воздействие аэрозолей на живые организмы.
9. Кислотные дожди. Два подхода в рассмотрении проблемы кислотных дождей.
10. Озон в природе. Проблема разрушения озонового слоя.
11. Проблема «парникового эффекта». Киотский протокол.
12. Защита атмосферы от химического загрязнения.
13. Химия литосферы. Строение и состав Земли. Горные породы. Состав и строение земной коры.
14. Физико-химические процессы в литосфере – выветривание, растворение, гидролиз. Антропогенные изменения литосферы.
15. Вода литосферы, ее виды и особенности. Происхождение вод Земли.
16. Радиоактивность как опасный фактор антропогенного характера. Природный фон.
17. Почвы, их строение и классификация. Проблема загрязнения и разрушения почв. Рекультивация почв.
18. Состав почв, физико-химические процессы, протекающие в почвах.
19. Состав и основные свойства воды. Вода пресная и соленая. Вода живых организмов. Круговорот воды. Значение воды для жизни на Земле.
20. Гидросфера. Механизм возникновения и эволюции Мирового океана.
21. Загрязнение Мирового океана. Вода чистая и «грязная». Эвтрофикация водоемов. Научные основы гигиенического нормирования загрязнения гидросферы.
22. Сточные воды и способы их очистки.
23. Металлы в Мировом океане. Их воздействие на живые организмы.
24. Нефть, пестициды, ПАВ в Мировом океане, их воздействие на живые организмы.
25. Качество среды. Стандарты качества. Токсичность. Классификация химических элементов по степени токсичности. Виды токсического действия вредных веществ.
26. Вещества-загрязнители, их краткая характеристика. Классификация веществ по характеру воздействия на живые организмы. Суммарное действие вредных веществ на живые организмы.
27. Особенности распространения, трансформации и накопления загрязняющих веществ в окружающей среде.
28. Мониторинг окружающей среды. Цель, задачи, средства экологического мониторинга.
29. Структура системы мониторинга. Приоритетные направления экологического мониторинга. Система мониторинга и состояние окружающей среды Амурской области.
30. Пробоотбор. Отбор проб воды, атмосферного воздуха, почвы, растительных образцов. Подготовка проб к анализу.
31. Проблема сохранения окружающей среды в России. Взгляд в XXI век.
32. Пути решения наиболее общих экологических проблем. Концепция устойчивого развития. Концепция ноосферы. Экологические приоритеты современного мира (Воронков).

### **1.2.6.3 Оценочные средства для проверки уровня сформированности компетенций:**

#### **ПК-2**

Тесты содержат следующие типы заданий

Тип задания	№ задания	Вес задания (балл)	Результат оценивания (баллы, полученные за выполнение задания / характеристика правильности ответа)
задания закрытого типа с выбором одного правильного (1 из 4)	1, 2, 3	1 балл	1 б - полное правильное соответствие; 0 б - остальные случаи
задания закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов (3 из 6)	4, 5, 6, 7	2 балла	2 б – полное правильное соответствие (последовательность вариантов ответа может быть любой); 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания закрытого типа на установление соответствия (4 на 4)	8, 9	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задание закрытого типа на установление последовательности	10, 11	2 балла	2 б – полное правильное соответствие; 1 б – если допущена одна ошибка / ответ правильный, но не полный; 0 б – остальные случаи
задания открытого типа с кратким ответом	12, 13	3 балла	3 б – полное правильное соответствие; 0 б – остальные случаи.
задания открытого типа с развернутым ответом	14, 15	5 баллов	5 б – полное правильное соответствие; если допущена одна ошибка/неточность / ответ правильный, но не полный - 3 балла; если допущено более одной ошибки / ответ неправильный / ответ отсутствует – 0 баллов

Формируемая компетенция	Индикаторы сформированности компетенции
<b>ПК-2.</b> Способен осуществлять педагогическую деятельность по профильным предметам (дисциплинам, модулям) в рамках программ основного общего и среднего общего образования, <b>индикаторами</b> достижения которой являются	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>ПК-2.1</b> Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов биологии (ботаники, зоологии, микробиологии, генетики, биологии развития, анатомии человека, физиологии растений и животных, общей экологии, теории эволюции) для решения теоретических и практических задач;</li> <li>• <b>ПК-2.2</b> Применяет основы теории фундаментальных и прикладных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии ВМС, химических основ биологических процессов, химической технологии) для решения теоретических и практических задач.</li> </ul>

**Задание 1.** Основной источник кислотных дождей — это:

- 1) CO<sub>2</sub>
- 2) SO<sub>2</sub>
- 3) CH<sub>4</sub>
- 4) NO<sub>x</sub>

Ответ: 2

**Задание 2.** Круговорот какого химического элемента является основой устойчивости

**живых экосистем?**

- 1) Кальций
- 2) Углерод
- 3) Железо
- 4) Азот

Ответ: 2

**Задание 3. Какая из указанных характеристик относится к фотохимическому смогу?**

- 1) Низкая температура воздуха
- 2) Высокая концентрация  $O_3$
- 3) Повышенное содержание  $SO_2$
- 4) Сильный ветер

Ответ: 2

**Задание 4. Какие вещества относятся к основным загрязнителям атмосферы?**

- 1) Диоксид серы ( $SO_2$ )
- 2) Озон ( $O_3$ ) в тропосфере
- 3) Азот ( $N_2$ )
- 4) Оксиды азота ( $NO_x$ )
- 5) Вода ( $H_2O$ )
- 6) Медь (Cu)

Ответ: 1, 2, 4

**Задание 5. Какие процессы способствуют самоочищению атмосферы?**

- 1) Фотодиссоциация
- 2) Конденсация влаги
- 3) Образование кислотных дождей
- 4) Диффузия и перенос аэрозолей
- 5) Выпадение осадков
- 6) Накопление тяжелых металлов

Ответ: 1, 2, 4

**Задание 6. Какие химические элементы являются биогенными?**

- 1) Азот (N)
- 2) Кадмий (Cd)
- 3) Фосфор (P)
- 4) Ртуть (Hg)
- 5) Углерод (C)
- 6) Свинец (Pb)

Ответ: 1, 3, 5

**Задание 7. Основные загрязнители гидросферы:**

- 1) Нефтепродукты
- 2) Пестициды
- 3) Углерод (C)
- 4) Микропластик
- 5) Диоксид азота ( $NO_2$ )
- 6) Фенолы

Ответ: 1, 2, 4

**Задание 8. Свяжите загрязнители с типом их воздействия:**

Сернистый газ : Кислотные дожди

Пестициды : Биологическое загрязнение  
 Свинец : Токсическое воздействие  
 Озон в тропосфере : Парниковый газ

**Задание 9. Типы химического загрязнения и примеры:**

Атмосферное загрязнение : Озон, смог  
 Загрязнение водных объектов : Эвтрофикация  
 Загрязнение почвы : Тяжелые металлы  
 Биологическое загрязнение : Пестициды

**Задание 10. Последовательность этапов кислотного дождя:**

1 : Выброс  $\text{SO}_2$  и  $\text{NO}_x$  в атмосферу  
 2 : Превращение в кислоты ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HNO}_3$ )  
 3 : Выпадение в виде осадков  
 4 : Влияние на почву и растения

**Задание 11. Последовательность круговорота азота:**

1 : Азотфиксация  
 2 : Аммонификация  
 3 : Нитрификация  
 4 : Денитрификация

**Задание 12. Какой основной биогенный элемент, участвующий в круговороте, является лимитирующим фактором эвтрофикации водоемов?**

Ответ: Фосфор (или Азот)

**Задание 13. Какой процесс трансформации загрязняющих веществ в атмосфере, инициированный солнечным светом, приводит к образованию смога?**

Ответ: Фотохимические реакции (или Фотохимический смог)

**Задание 14. Объясните химический механизм образования кислотных дождей и их влияние на окружающую среду.**

Ответ: Диоксиды серы и азота, выбрасываемые в атмосферу, реагируют с водой, образуя серную и азотную кислоты. Эти кислоты понижают pH осадков, что приводит к закислению почв, разрушению растительных тканей, вымыванию питательных элементов и нарушению экосистем.

**Задание 15. Опишите процессы загрязнения гидросферы тяжелыми металлами и последствия для живых организмов.**

Ответ: Тяжелые металлы поступают в водоемы с промышленными стоками и оседают в донных отложениях, накапливаются в организмах, вызывают токсические эффекты, повреждают нервную систему и нарушают биохимические процессы, что приводит к снижению биоразнообразия и ухудшению качества воды.

## **7 ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ**

**Информационные технологии** – обучение в электронной образовательной среде с целью расширения доступа к образовательным ресурсам, увеличения контактного взаимодействия с преподавателем, построения индивидуальных траекторий подготовки, объективного контроля и мониторинга знаний студентов.

В образовательном процессе по дисциплине используются следующие информационные технологии, являющиеся компонентами Электронной информационно-

образовательной среды БГПУ:

- Система электронного обучения ФГБОУ ВО «БГПУ»;
- Электронные библиотечные системы;
- Мультимедийное сопровождение лекций и практических занятий.

## **8 ОСОБЕННОСТИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья применяются адаптивные образовательные технологии в соответствии с условиями, изложенными в разделе «Особенности реализации образовательной программы для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья» основной образовательной программы (использование специальных учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь и т. п.) с учётом индивидуальных особенностей обучающихся.

## **9 СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

### **9.1 Литература**

#### **Основная литература**

1. Голдовская, Л. Ф. Химия окружающей среды учебник для студ. вузов / Л.Ф. Голдовская. - М. : Мир, 2005. - 294 с. (14 экз.)
2. Добровольский, В.В. Основы биогеохимии. – М.: Академия, 2003. – 396 с. (6 экз.)
3. Тарасова, Н.П. Химия окружающей среды. Атмосфера : учеб. пособие для студ. вузов / Н. П. Тарасова, В. А. Кузнецов. - М. : Академкнига, 2007. - 228 с. (8 экз.)
4. Топалова, О.В. Химия окружающей среды : учеб. пособие для студ. вузов / О. В. Топалова, Л. А. Пимнева. - СПб. ; М. ; Краснодар : Лань, 2013. - 160 с. (5 экз.)
5. Хаханина, Т. И. Химия окружающей среды : учебник для бакалавров / Т. И. Хаханина, Н. Г. Никитина, Л. С. Суханова ; под ред. Т. И. Хаханиной ; М-во образования и науки РФ, Нац. исслед. ун-т МИЭТ. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Юрайт, 2013. - 215, [9] с. (7 экз.)
6. Хентов, В. Я. Химия окружающей среды для технических вузов : учеб. пособие для студ. высш. технических заведений / В.Я. Хентов. - Ростов н/Д : Феникс, 2005. - 141 с. (10 экз.)
7. Астафьева, Л. С. Экологическая химия : учеб. для студ. ср. проф. образования / Л.С. Астафьева. - М. : Академия, 2006. - 222 с. (21 экз.)

#### **9.2 Базы данных и информационно-справочные системы**

1. Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>.
2. Портал научной электронной библиотеки – <http://elibrary.ru/defaultx.asp>.
3. Вся экология в одном месте. Всероссийский Экологический Портал <http://ecportal.ru>
4. Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. <http://www.mnr.gov.ru>
5. Федеральное агентство водных ресурсов Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. <http://voda.mnr.gov.ru>
6. Федеральное агентство лесного хозяйства Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. <http://les.mnr.gov.ru>
7. Федеральное агентство по недропользованию Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. <http://www.rosnedra.com>
8. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. <http://control.mnr.gov.ru>
9. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзо-

ру (Ростехнадзор). <http://www.gosnadzor.ru/>

10. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). [www.meteorf.ru](http://www.meteorf.ru)

11. Федеральное агентство по рыболовству. <http://www.fish.gov.ru>

12. Федеральная служба по ветеринарному и фитосанитарному надзору.  
[www.fsvps.ru/fsvps](http://www.fsvps.ru/fsvps)

### 9.3 Электронно-библиотечные ресурсы

1. Polpred.com Обзор СМИ/Справочник [http:// polpred.com/news](http://polpred.com/news).

2. ЭБС «Юрайт» <https://urait.ru/>.

## 10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА

Для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации используются аудитории, оснащённые учебной мебелью, аудиторной доской, компьютерами с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением, коммутатором для выхода в электронно-библиотечную систему и электронную информационно-образовательную среду БГПУ, мультимедийными проекторами, экспозиционными экранами, учебно-наглядными пособиями (карты, таблицы, мультимедийные презентации). Для проведения практических занятий также используется:

**Ауд. 109 «А». Лаборатория общей химии**, оснащенная следующим оборудованием:

- Комплект учебной мебели
- Аудиторная доска
- Компьютер с установленным лицензионным специализированным программным обеспечением
- Мультимедийный проектор
- Телевизор (1 шт.)
- Фотоэлектрокалориметр (1 шт.)
- Водонагреватель «Thermet» (1 шт.)
- Нагреватель для пробирок (1 шт.)
- Шкаф SL-65T (1 шт.)
- Химические реактивы по тематике лабораторных работ
- Дестиллятор (1 шт.)
- Весы ЕК-410 (технические) (1 шт.)
- Электроплита (3 шт.)
- Доска для сушки посуды (1 шт.)
- Набор посуды принадлежностей для демонстрационных опытов по химии
- Набор деталей для монтажа установок, иллюстрирующих химические производства
- Столик подъемный (1 шт.)
- Штатив для демонстрационных пробирок ПХ-21 (10 шт.)
- Штатив металлический ШЛБ (10 шт.)
- Экран фоновый черно белый (двусторонний) (1 шт.)
- Аппарат Киппа (1 шт.)
- Аппарат для проведения химических реакций (АПХР) (1 шт.)
- Горелка универсальная (1 шт.)
- Набор для опытов по химии с электрическим током (Электролизёр) (1 шт.)
- Комплект термометров
- Комплект-лаборатория «Пчёлка-У» (5 шт.)
- Прибор для демонстрации закона сохранения массы веществ (1 шт.)

- Прибор для иллюстрации зависимости скорости химической реакции от условий (1 шт.)
- Прибор для окисления спирта над медным катализатором (1 шт.)
- Прибор для получения растворимых твердых веществ ПРВ (1 шт.)
- Установка для перегонки (1 шт.)
- Установка для фильтрования под вакуумом (1 шт.)
- Набор для экологического мониторинга окружающей среды (1 шт.)
- Набор по электрохимии лабораторный (1 шт.)
- Набор по тонкослойной хроматографии (1 шт.)
- Прибор для получения газов (1 шт.)
- Набор кристаллических решеток (1 шт.)
- Набор для моделирования строения неорганических веществ органических веществ (1 шт.)
- Набор для моделирования типов химических реакций (модели-аппликации) (1 шт.)
- Набор для моделирования электронного строения атомов (1 шт.)
- Набор для моделирования строения атомов и молекул (1 шт.)
- Натуральные объекты коллекции
- Учебно-наглядные пособия - слайды, таблицы, мультимедийные презентации по дисциплине «Химия окружающей среды»

**Ауд. 118 «А». Лаборатория естественно-научной направленности педагогического технопарка «Кванториум-28» им. С.В. Ланкина**

- Доска 1-элементная меловая магнитная (1 шт.)
- Парта лабораторная с надстройкой и выдвигаемым блоком (2 шт.)
- Письменный стол (4 шт.)
- Стол пристенный химический (3 шт.)
- Стол для преподавателя (угловой) правосторонний (1 шт.)
- Стеллаж книжный, 12 ячеек (1 шт.)
- Полка навесная, белая (1 шт.)
- Пуф 80\*80 (2 шт.)
- Пуф 52\*52 (2 шт.)
- Диван трёхместный (1 шт.)
- Кресло для руководителя Директ плюс (1 шт.)
- Тумба с мойкой накладной для кухонного гарнитура (белая) (2 шт.)
- Кулер Silver Arrow 130 (1 шт.)
- Ноутбук (10 шт.)
- МФУ принтер Brother DCP-L5500 (1 шт.)
- Аппарат Киппа (2 шт.)
- Стерилизатор для лабораторной посуды воздушный (1 шт.)
- Лабораторное оборудование по химии (6 шт.)
- Магнитная мешалка (1 шт.)
- Цифровая лаборатория по химии «Releon» (6 шт.)
- Цифровая лаборатория по физике «Releon» (6 шт.)
- Цифровая лаборатория по биологии «Releon» (6 шт.)
- Цифровая лаборатория по экологии «Releon» (1 шт.)
- Учебно-исследовательская лаборатория биосигналов и нейротехнологий (6 шт.)
- Учебная лаборатория точных измерений (6 шт.)
- Микроскоп учебный «Эврика» (6 шт.)

Самостоятельная работа студентов организуется в аудиториях оснащенных компьютерной техникой с выходом в электронную информационно-образовательную среду ву-

за, в специализированных лабораториях по дисциплине, а также в залах доступа в локальную сеть БГПУ.

Лицензионное программное обеспечение: Microsoft®WINEDUperDVC AllLng Upgrade/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Microsoft®OfficeProPlusEducation AllLng License/SoftwareAssurancePack Academic OLV 1License LevelE Platform 1Year; Dr.Web Security Suite; Java Runtime Environment; Calculate Linux.

**Разработчик:** Лаврентьева С.И., кандидат биологических наук, доцент кафедры химии.

**11 ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ И ДОПОЛНЕНИЙ**

**Утверждение изменений и дополнений в РПД для реализации в 2025/2026 уч. г.**

Рабочая программа дисциплины пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025/2026 учебном году на заседании кафедры (протокол № 6 от 26 марта 2025 г.). В РПД внесены следующие изменения и дополнения:

№ изменения: 1	
№ страницы с изменением:	
Включить:	Исключить: