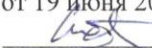



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Актуализировано:  
на заседании кафедры  
гидрометеорологии и геоэкологии  
протокол № 9 от 19 июня 2017 г.  
Зав. кафедрой  / А.М. Гареев

Согласовано:  
Председатель УМК  
географического факультета  
 / Ю.В. Фаронова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Водные объекты»

Вариативная часть


**программа бакалавриата**

Направление подготовки  
05.03.04 Гидрометеорология

Направленность (профиль) подготовки  
Гидрология

Квалификация  
бакалавр

Разработчик (составитель):  
старший преподаватель

 / И.Ю. Лешан

Для приема: 2016 г.

Уфа – 2017 г.

Составитель: И.Ю. Лешан, старший преподаватель кафедры гидрометеорологии и геоэкологии

Рабочая программа дисциплины актуализирована на заседании кафедры протокол № 9 от 19 июня 2017 г.

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры: обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины, лицензионное программное обеспечение, современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы и изменено название кафедры, протокол № 8 от 16 июня 2018 г.

Заведующий кафедрой  /А.М. Гареев/

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры \_\_\_\_\_,  
протокол № \_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /

## Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	4
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы	5
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)	6
4. Фонд оценочных средств по дисциплине	10
4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	10
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	12
4.3. Рейтинг-план дисциплины	13
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	44
5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	44
5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины	44
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	45

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (с ориентацией на карты компетенций)**

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	Природные и антропогенные источники загрязнения вод суши и Мирового океана; основные группы загрязняющих веществ, последствий их воздействия на человека и окружающую среду.	ПК-3	
	Процессы формирования качества воды в водных объектах, принципы организации наблюдений и контроля состояния водных объектов.	ПК-6	
Умения	Применять на практике методы оценки состояния загрязнения водных объектов, использовать основные справочные материалы и издания, гигиенические и рыбохозяйственные требования к качеству поверхностных вод для оценки изменения водных ресурсов.	ПК-3	
	Самостоятельно находить информацию, работать с разными источниками (справочниками, интернет-ресурсы, базы данных гидрологической и водохозяйственной информации).	ПК-6	
Владения (навыки / опыт деятельности)	Современными методами оценки состояния вод суши по химическим, гидробиологическим показателям и антропогенной составляющей с целью оценки их экологического состояния и регламентации хозяйственной деятельности человека.	ПК-3	
	Навыками работы по обоснованию и проведению водоохранных мероприятий.	ПК-6	

ПК-3: владением теоретическими основами и практическими методами организации гидрометеорологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, а также методами оценки влияния гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли хозяйства;

ПК-6: владением теоретическими знаниями в области охраны атмосферы и гидросферы (вод суши и Мирового океана), основами управления в сфере использования климатических, водных и рыбных ресурсов и навыками планирования и организации полевых и камеральных работ.

## **2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Водные объекты» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Цель изучения дисциплины заключается в получении обучающимися знаний о наиболее опасных нарушениях, происходящих под влиянием антропогенных факторов, в гидросфере и путях их охраны, методах преодоления экологических последствий, связанных с загрязнением окружающей среды с целью сохранения природных условий, благоприятных для сохранения естественных экосистем.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Химия», «Гидрология рек», «Гидрология озер и водохранилищ», «Общая гидрология».

Дисциплина базируется на теоретических и практических представлениях о физических и химических процессах, протекающих в атмосфере и гидросфере, знаниях о глобальных циклах углерода, взаимодействии океана и атмосферы.

Освоение основ «Гидрометеорологических основ охраны окружающей среды. Водные объекты» необходимо при изучении таких дисциплин, как «Инженерная гидрология», «Речной сток и гидрологические расчеты», «Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты», «Общая и речная гидравлика», «Водные проблемы».

**3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Водные объекты»  
на 5 семестр

очная форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	4/144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	55,2
лекций	18
практических/ семинарских	34
лабораторных	2
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу аспирантов с преподавателем) (ФКР)	1,2
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	54
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (контроль)	34,8

Форма контроля:

экзамен 5 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	<b>Модуль 1.</b> Мировые водные ресурсы, их распределение и количественные характеристики. Водные ресурсы Европы, РФ и РБ, их пространственная и временная изменчивость	2	2	-	4	1,2,3	Описание основных характеристик водообеспеченности территорий	Контрольная работа Практическая работа
2.	Мировой влагооборот: гидрологическое, водохозяйственное и экологическое значение. Последствия влияния изменения климата на запасы воды, деградация земельных ресурсов и опустынивание.	4	2	-	4	1,2,3	Характеристика основных направлений изменения водохозяйственной и экологической обстановок на примере отдельных материков	Контрольная работа Практическая работа
3.	Формирование химического состава природных вод. Особенности влияния хозяйственной деятельности человека на качество воды в водных объектах. Локализованное сосредоточенное и рассредоточенное (диффузное) поступление сточных вод	4	4	-	6	1,2	Анализ особенностей влияния основных отраслей экономики на количественные и качественные характеристики природных вод.	Контрольная работа Практическая работа
4.	<b>Модуль 2.</b> Нормирование качества окружающей среды: основные понятия	4	4	2	6	1, 2,3	Изучение нормативно-правовых документов. Расчет комплексных	Контрольная работа Практическая работа

	(ПДК, рыбохозяйственное, санитарно-гигиеническое формирование, ПДС). Нормирование качества воды. Эффект комплексного воздействия загрязняющих веществ						показателей загрязнения водных объектов.	
5.	Основные характеристики Мирового океана. Особенности влияния хозяйственной деятельности человека на загрязнение морских вод и экосистемы. Проблемы охраны Мирового океана	4	4	-	10	1,2	Районирование Мирового океана по показателям термо- и влагообеспеченности и степени загрязнения вод	Контрольная работа Практическая работа
6.	Проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов (на примере Свердловского, Челябинского, Уфимского промышленных узлов и отдельных промышленных центров Урала).	-	4	-	10	1,2,3	Анализ водохозяйственной ситуации с учетом влияния гидрометеорологических факторов и условий	Контрольная работа Практическая работа
7.	Расчет комплексных показателей загрязнения водных объектов с использованием гидрохимических материалов.	-	14	-	14	2,3	Выполнение расчетов по различным методикам	Контрольная работа Практическая работа
<b>Всего часов:</b>		18	34	2	54			

## Раздел 1. Водные ресурсы мира, РФ, РБ

### Тема 1. Характеристика мировых водных ресурсов.

Мировые водные ресурсы, их распределение и количественные характеристики. Водные ресурсы Европы, РФ и РБ, их пространственная и временная изменчивость

### Тема 2. Понятие о мировом влагообороте.

Мировой влагооборот: гидрологическое, водохозяйственное и экологическое значение. Последствия влияния изменения климата на запасы воды, деградация земельных ресурсов и опустынивание.

### Тема 3. Особенности формирования химического состава вод.

Формирование химического состава природных вод. Особенности влияния хозяйственной деятельности человека на качество воды в водных объектах. Локализованное сосредоточенное и рассредоточенное (диффузное) поступление сточных вод.



## **Раздел 2. Нормирование качества водных объектов**

### **Тема 1. Нормирование качества.**

Нормирование качества окружающей среды: основные понятия (ПДК, рыбохозяйственное, санитарно-гигиеническое формирование, ПДС).  
Нормирование качества воды. Эффект комплексного воздействия загрязняющих веществ.

### **Тема 2. Влияние хозяйственной деятельности на загрязнение вод.**

Основные характеристики Мирового океана. Особенности влияния хозяйственной деятельности человека на загрязнение морских вод и экосистемы. Проблемы охраны Мирового океана.

### **Тема 3. Проблемы охраны и использования водных ресурсов.**

Проблемы охраны и рационального использования водных ресурсов (на примере Свердловского, Челябинского, Уфимского промышленных узлов и отдельных промышленных центров Урала).

### **Тема 4. Расчетные показатели качества.**

Расчет комплексных показателей загрязнения водных объектов с использованием гидрохимических материалов.

#### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

##### 4.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции: ПК-3: владением теоретическими основами и практическими методами организации гидрометеорологического мониторинга, нормирования и снижения загрязнения окружающей среды, техногенных систем и экологического риска, а также методами оценки влияния гидрометеорологических факторов на состояние окружающей среды, жизнедеятельность человека и отрасли хозяйства.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: природные и антропогенные источники загрязнения вод суши и Мирового океана; основные группы загрязняющих веществ, последствий их воздействия на человека и окружающую среду.	Объем знаний оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Второй этап (уровень)	Уметь: применять на практике методы оценки состояния загрязнения водных объектов, использовать основные справочные материалы и издания, гигиенические и рыбохозяйственные требования к качеству поверхностных вод для оценки изменения водных ресурсов.	Объем умений оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Третий этап (уровень)	Владеть: современными методами оценки состояния вод суши по химическим, гидробиологическим показателям и антропогенной составляющей с целью оценки их экологического состояния и регламентации хозяйственной деятельности человека.	Объем владения навыками на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем владения навыками от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 80 до 110 баллов от требуемых

Код и формулировка компетенции: ПК-6: владением теоретическими знаниями в области охраны атмосферы и гидросферы (вод суши и Мирового океана), основами управления в сфере использования климатических, водных и рыбных ресурсов и навыками планирования и организации полевых и камеральных работ.

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать: процессы формирования качества воды в водных объектах, принципы организации наблюдений и контроля состояния водных объектов.	Объем знаний оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем знаний оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Второй этап (уровень)	Уметь: самостоятельно находить информацию, работать с разными источниками (справочниками, интернет-ресурсы, базы данных гидрологической и водохозяйственной информации).	Объем умений оценивается на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем умений оценивается от 80 до 110 баллов от требуемых
Третий этап (уровень)	Владеть: навыками работы по обоснованию и проведению водоохранных мероприятий.	Объем владения навыками на 44 и ниже баллов от требуемых	Объем владения навыками от 45 до 59 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 60 до 79 баллов от требуемых	Объем владения навыками от 80 до 110 баллов от требуемых

Критериями оценивания являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10.

Шкалы оценивания экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Компетенция	Оценочные средства
1-й этап Знания	1. Знает природные и антропогенные источники загрязнения вод суши и Мирового океана; основные группы загрязняющих веществ, последствий их воздействия на человека и окружающую среду.	ПК-3	Практическая работа Контрольная работа
	2. Знает процессы формирования качества воды в водных объектах, принципы организации наблюдений и контроля состояния водных объектов.	ПК-6	Практическая работа Контрольная работа
2-й этап Умения	1. Умеет применять на практике методы оценки состояния загрязнения водных объектов, использовать основные справочные материалы и издания, гигиенические и рыбохозяйственные требования к качеству поверхностных вод для оценки изменения водных ресурсов.	ПК-3	Практическая работа Контрольная работа
	2. Умеет самостоятельно находить информацию, работать с разными источниками (справочниками, интернет-ресурсы, базы данных гидрологической и водохозяйственной информации).	ПК-6	Практическая работа Контрольная работа
3-й этап Владеть навыками	1. Владеет современными методами оценки состояния вод суши по химическим, гидробиологическим показателям и антропогенной составляющей с целью оценки их экологического состояния и регламентации хозяйственной деятельности человека.	ПК-3	Практическая работа Контрольная работа
	2. Владеет навыками работы по обоснованию и проведению водоохранных мероприятий.	ПК-6	Практическая работа Контрольная работа

### 4.3. Рейтинг-план дисциплины

#### Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Водные объекты

направление 05.03.04 «Гидрометеорология»,  
курс 3, семестр 5

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1. Водные ресурсы мира, РФ, РБ</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Выполнение и защита практических работ	10 за 1 работу	2 работы	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа	3 за 1 вопрос	5 вопросов	0	15
<b>Всего по модулю</b>			0	35
<b>Модуль 2. Нормирование качества водных объектов</b>				
<b>Текущий контроль</b>				
Выполнение и защита практических работ	10 за 1 работу	2 работы	0	20
<b>Рубежный контроль</b>				
Контрольная работа	3 за 1 вопрос	5 вопросов	0	15
<b>Всего по модулю</b>			0	35
<b>Поощрительный рейтинг за семестр</b>				
Участие в конференции	5	1	0	5
Публикация статей	5			5
<b>Всего по поощрительному рейтингу</b>			0	10
<b>Посещаемость (баллы вычитаются из общей суммы набранных баллов)</b>				
Посещение лекционных занятий	По положению	9 занятий	0	-6
Посещение практических занятий Посещение лабораторных занятий	По положению	17 занятий 1 занятие	0	-10
<b>Всего по посещаемости</b>			0	-16
<b>Итоговый контроль</b>				
Экзамен				30
<b>ИТОГО</b>			0	110

## Экзамен

Экзамен по дисциплине «Гидрометеорологические основы охраны окружающей среды. Водные объекты» проходит в виде теста. Тестирование проводится в системе централизованного тестирования БашГУ(moodle.bashedu.ru).

### Экзаменационные вопросы:

1. Запасы поверхностных и подземных вод в пределах какой-либо территории:
  - 1) круговорот воды
  - 2) водные ресурсы
  - 3) сток рек
  - 4) природные ресурсы
  - 5) нет правильного ответа
2. Наибольшую величину водного стока имеют реки:
  - 1) Европы
  - 2) Австралии с Океанией
  - 3) Южной Америки
  - 4) Азии
  - 5) нет правильного ответа
3. Ингредиенты и показатели химического состава вод, определяемые аналитически:
  - 1) натуральные показатели
  - 2) относительные расчетные показатели
  - 3) ПДК
  - 4) статистические показатели
  - 5) нет правильного ответа
4. Растворенный в воде кислород, жесткость воды, рН и др. входят в группу:
  - 1) групповых показателей
  - 2) интегральных показателей
  - 3) дифференцированных показателей
  - 4) относительных показателей
  - 5) нет правильного ответа
5. Отражают оценку загрязненности поверхностных вод через условные, обычно цифровые, показатели, получаемые расчетным путем и относительно отображающие в том или ином аспекте состояние водных объектов:
  - 1) интегральные показатели
  - 2) косвенные показатели
  - 3) обобщенные показатели
  - 4) статистические показатели
  - 5) нет правильного ответа
6. Относительная числовая величина, количественно характеризующая разнородную совокупность компонентов и соединений химического состава поверхностных вод:
  - 1) индекс качества воды
  - 2) классификация качества вод
  - 3) коэффициент загрязненности воды
  - 4) ПДС
  - 5) нет правильного ответа
7. По характеру отображаемой информации относительные показатели не делятся на:
  - 1) покомпонентные
  - 2) интегральные
  - 3) групповые
  - 4) комплексные
  - 5) нет правильного ответа

8. Классификация водоемов с разделением категорий по химическим, бактериологическим, гидробиологическим признакам и физическим свойствам предложена:

- 1) В.Р. Лозанским
- 2) В.Н. Жукинским
- 3) Шайном
- 4) АА. Былинкиной
- 5) нет правильного ответа

9. К комплексным показателям оценки качества воды относится:

- 1) ХПК
- 2) окисляемость
- 3) УКИЗВ
- 4) БПК<sub>5</sub>
- 5) нет правильного ответа

10. Первая классификация качества воды была предложена в:

- 1) 1912 г. в Англии
- 2) 1962 г. в СССР
- 3) 1974 г. в США
- 4) 1983 г. в Дании
- 5) нет правильного ответа

11. Обобщенный показатель качества воды в США, рассчитывающийся по 10 параметрам, для 8 из которых весовые коэффициенты устанавливаются экспертно:

- 1) классификация Бойда
- 2) показатель Брауна
- 3) показатель Хайнса
- 4) индекс Хортон
- 5) нет правильного ответа

12. В индекс качества воды, разработанный Национальной организацией по санитарии (США), включены следующие показатели:

- 1) растворенный кислород, коли-индекс, рН
- 2) БПК<sub>5</sub>, нитраты, фосфаты
- 3) температура, мутность, взвешенные вещества
- 4) все ответы верны
- 5) нет правильного ответа

13. Среди рыб к тест-организмам не относится:

- 1) карась
- 2) радужная форель
- 3) окунь
- 4) щука
- 5) нет правильного ответа

14. Большая часть классификационных схем стран ЕЭС включает следующие основные параметры:

- 1) рН, БПК, содержание взвешенных веществ
- 2) содержание аммиака и ионов аммония, запах, наличие токсикантов
- 3) содержание растворенного кислорода, БПК, содержание аммонийного азота
- 4) температура, содержание растворенного кислорода, содержание пестицидов
- 5) не правильного ответа

15. В Германии обобщенное качество воды характеризует:

- 1) индекс качества воды
- 2) химический индекс
- 3) кислородный баланс воды
- 4) предельно допустимая концентрация
- 5) нет правильного ответа

16. Поступление в воду различных ядовитых веществ, называется

- 1) химическим загрязнением
- 2) биологическим загрязнением
- 3) физическим загрязнением
- 4) загрязнением сточными водами
- 5) физическим и биологическим загрязнением

17. Укажите начальный этап безводной и безотходной технологии производства:

- 1) очистка сточных вод
- 2) закачка сточных вод в глубокие водоносные горизонты
- 3) механическая очистка
- 4) создание оборотного водоснабжения
- 5) химическая очистка

18. Какое оборудование применяется при биологической очистке воды:

- 1) аэратор и дозатор
- 2) экстрактор и электрофильтры
- 3) циклонные аппараты
- 4) вентиляторы
- 5) аэротенки и биофильтры

19. Предельно-допустимая концентрация веществ в водной среде измеряется:

- 1) мг/л
- 2) г/кг
- 3) мг/г
- 4) мг/м<sup>3</sup>
- 5) кг/кг

20. Использование водных объектов или их участков в качестве источника хозяйственного или питьевого водоснабжения, а также для водоснабжения предприятий пищевой промышленности:

- 1) коммунально-бытовое водопользование
- 2) хозяйственно-питьевое водопользование
- 3) рыбохозяйственное водопользование
- 4) сельскохозяйственное водопользование
- 5) нет правильного ответа

21. Водные объекты, используемые для сохранения и воспроизводства ценных видов рыб, обладающих высокой чувствительностью к содержанию кислорода:

- 1) рыбохозяйственные водные объекты высшей категории
- 2) рыбохозяйственные водные объекты первой категории
- 3) рыбохозяйственные водные объекты второй категории
- 4) рыбохозяйственные водные объекты третьей категории
- 5) нет правильного ответа

22. По степени агрессивности сточные воды разделяют на:

- 1) слабоагрессивные и сильноагрессивные
- 2) высококонцентрированные и слабоконцентрированные
- 3) загрязненные и незагрязненные
- 4) производственные и непроизводственные
- 5) нет правильного ответа

23. Периоды однократного превышения расчетной интенсивности дождя для промышленных предприятий следует принимать в пределах:

- 1) 1-3 лет
- 2) 3-5 лет
- 3) 5-7 лет
- 4) 7-10 лет
- 5) нет правильного ответа



24. Количество загрязнений в дождевых водах с территории промышленных предприятий рассчитывается на:

- 1) 1 га площади
- 2) 10 га площади
- 3) 100 га площади
- 4) 1 м<sup>2</sup> площади
- 5) нет правильного ответа

25. На промышленных предприятиях отводятся следующие виды основных сточных вод:

- 1) коммунальные, атмосферные
- 2) производственные, сточные
- 3) производственные, бытовые, атмосферные
- 4) атмосферные осадки, сточные воды
- 5) нет правильного ответа

#### Критерии оценивания экзамена (в баллах):

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 22-25 вопросов теста;
- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 16-21 вопросов теста;
- **10-16 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 9-15 вопросов теста;
- **1-10 баллов** выставляется студенту, если студент дал точные ответы на 1-8 вопросов теста.

### Практические работы

#### Практическая работа № 1.

#### Санитарно-гигиеническая оценка загрязнения водного объекта. Расчет допустимых концентраций загрязняющих веществ в сточных водах предприятий при сбросе их в открытый водоем.

Цель задания: изучить санитарно-гигиеническую оценку загрязнения водного объекта. Рассчитать допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятий при сбросе их в открытый водоем.

Порядок выполнения задания:

Для органолептической и токсикологической групп веществ рассчитывают степень отклонения  $A_i$  фактических концентраций веществ  $C_{факт.i}$  от их ПДК<sub>i</sub>:

$$A_i = \frac{C_{факт.i}}{ПДК_i} \quad (1)$$

Находят степень превышения ПДК  $S$  по каждой из рассматриваемых групп загрязняющих веществ:

$$S = \sum_{i=1}^n A_i \quad (2)$$

где  $S$  – сумма  $A_i$  для веществ, нормируемых по органолептическому  $S_{орг}$  и токсикологическому  $S_{токс}$  ЛПВ;  $n$  – число нормируемых показателей качества воды.

Кроме того, для определения ИЗВ используют общесанитарный и бактериологический ЛПВ:

- концентрацию растворенного в воде кислорода,  $C_{O_2}$ , мг/л;
- БПК<sub>5</sub>, мгО<sub>2</sub>/мг вещества (потребность в кислороде при биохимических процессах окисления органических веществ за 5 суток инкубационной пробы);
- ЛПКП – бактериологический ЛПВ, кл/л (число лактозоположительных кишечных палочек в 1 л воды), а также запах и привкус воды в баллах.

Сопоставляя соответствующие показатели –  $S_{орг}$ ,  $S_{токс}$ , БПК<sub>5</sub>,  $C_{O_2}$ , ЛПКП, запах и привкус с оценочными (табл. 1), определяют степень загрязнения водного объекта и класс качества воды.

Таблица 1

## Оценочные показатели водных объектов по степени загрязнения (по СанПиН–2.1.5.980-00)

Показатели						ИЗВ	Класс качества	Степень загрязнения
органолептический ЛПВ		токсикологический ЛПВ	общесанитарный ЛПВ		бактериологический ЛПВ			
запах, привкус, баллы	$S_{орг}$	$S_{токс}$	$BPK_5$ , мг $O_2$ /мг	$C_{O_2}$ , мг $O_2$ /л	ЛПКП, кл/л			
2	1	1	2	4	0	0	I	допустимая
3	4	3	4	3	0	1	II	умеренная
4	8	10	6	2	10	2	III	высокая
>4	>8	>100	>6	<1,0	>10 <sup>4</sup>	3	IV	чрезвычайно высокая

ИЗВ определяют по наиболее жесткому значению оценочного показателя. Так, если по всем показателям природная вода относится к I классу качества, но содержание кислорода в ней ( $3 \text{ мг/л} < C_{O_2} < 4 \text{ мг/л}$ ), то ИЗВ такой воды следует принять за 1 и отнести её ко II классу качества (умеренная степень загрязнения). По классу качества природной воды, используя данные табл. 2, определяют вид водопользования данного водного объекта.

Таблица 2

## Виды водопользования в зависимости от степени загрязнения водного объекта

Класс качества воды	Степень загрязнения	Возможное использование водного объекта
I	допустимая	Пригоден для всех видов водопользования практически без каких-либо ограничений
II	умеренная	В культурно-бытовых целях использовать опасно. Использование для хозяйственно-питьевых целей без очистных водопроводных сооружений может привести к начальным симптомам интоксикации у части населения, особенно при наличии веществ I и II классов опасности
III	высокая	Безусловная опасность культурно-бытового водопользования. Недопустимо использование как источника хозяйственно-питьевого водоснабжения из-за сложности удаления токсичных веществ в процессах водоподготовки
IV	чрезвычайно высокая	Абсолютная непригодность для всех видов водопользования. Даже кратковременное использование воды водного объекта опасно для здоровья человека

Согласно варианту и данным табл. 3 и 4 рассчитать индекс загрязнения природной воды, определить класс качества, степень загрязнения воды и возможное использование водного объекта.

Таблица 3

## Варианты задания и основные оценочные показатели водоёма

№ варианта	Показатели водоёма				
	Запах и привкус, баллы	Номера загрязнителей по табл. 4	$BPK_5$ , мг $O_2$ /мг	$C_{O_2}$ , мг $O_2$ /мг	$ЛПКП$ , кл/л
1	3	1, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 15	2,0	3,5	0
2	2,5	2, 4, 5, 7, 8, 13, 14, 15	4,5	2,0	10
3	>4	3, 6, 7, 8, 9, 13, 15, 16	6,0	0,5	10
4	4	2, 4, 6, 8, 10, 12, 13, 15	4,0	2,5	0
5	1	1, 3, 5, 7, 10, 11, 14, 16	1,5	4,0	0
6	2	3, 5, 8, 9, 10, 12, 14, 15	3,5	3,0	10
7	2	1, 4, 7, 8, 9, 14, 15, 16	0,5	5,0	0
8	3	2, 5, 6, 7, 10, 13, 15, 16	8,0	1,5	10 <sup>5</sup>
9	4	5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13	3,7	2,5	10
10	1	1, 2, 3, 4, 5, 12, 14, 16	2,2	5,0	10
11	4	4, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 15	6,0	1,5	0
12	3	3, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 16	3,0	3,0	10 <sup>4</sup>
13	2	1, 2, 4, 7, 8, 13, 14, 15	4,0	3,0	10 <sup>4</sup>
14	2	2, 4, 6, 7, 10, 12, 15, 16	1,0	4,0	100
15	1	1, 4, 5, 7, 9, 13, 15, 16	2,1	3,5	0

Таблица 4

## Загрязнители природных вод для расчета ИЗВ

№ загрязнителя	Наименование загрязнителя	Группа веществ по ЛПВ	Фактическая концентрация, мг/л	$ПДК$ , мг/л
1	Метанол	Токсикологическая	0,15	3,0
2	Hg <sup>2+</sup>	Сан.-токсикологическая	0,0001	0,005
3	Pb <sup>2+</sup>	то же	0,05	0,1
4	Жиры	— " —	3,1	3,9
5	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	— " —	0,03	0,08
6	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	— " —	57,0	40,0
7	СПАВ (сульфонол)	— " —	0,36	0,5

8	Mg <sup>2+</sup>	— „ —	65,0	40,0
9	Cr <sup>3+</sup>	— „ —	0,005	0,5
10	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	— „ —	0,065	0,1
11	Амины	Органолептическая	0,05	0,1
12	СПАВ (ОП-7)	то же	0,55	0,1
13	Нефтепродукты	— „ —	0,36	0,3
14	Фенолы	— „ —	0,0005	0,001
15	Взвешенные вещества	— „ —	15,0	10,0
16	Fe <sup>3+</sup>	— „ —	1,0	0,5

II. Для расчета допустимых концентраций  $C_{доп.i}$  загрязняющих веществ в стоках необходимо:

- 1) изучить технологический процесс предприятия;
- 2) установить категорию водоёма (реки) и его гидрологические параметры: ширину, глубину, коэффициент извилистости, максимальный и минимальный расход воды, коэффициент турбулентного обмена;
- 3) определить вид загрязняющих веществ и распределить их на группы по лимитирующим показателям вредности (см. табл. 5, 6);
- 4) определить фоновые концентрации  $C_{ф.i}$  каждого загрязняющего компонента в речной воде (500 м выше сброса стоков).

Таблица 5

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в водоеме санитарно-бытового водопользования

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
Ампициллин	Санитарно-токсикологический	0,02
Бензол	то же	0,5
Метанол	— „ —	3,0
Мышьяк	— „ —	0,03
Окись пропилена	— „ —	0,01
Пиридин	— „ —	0,2
Тиомочевина	— „ —	0,03
Трихлорбутен	— „ —	0,02
Формальдегид	— „ —	0,01
Cd <sup>2+</sup>	— „ —	0,01
Co <sup>2+</sup>	— „ —	1,0
Уротропин	— „ —	0,5

Нитробензол	— " —	0,2
Hg <sup>2+</sup>	— " —	0,005
P (элемент)	— " —	0,0001
Pb <sup>2+</sup>	— " —	0,1
Бутилацетат	Общесанитарный	0,1
Изобутиловый спирт	то же	1,0
Гидрохинон	— " —	0,2
Cl (активный)	— " —	отсутствует
Дифенилуксусная к-та	Органолептический	0,5
Амины (C <sub>7</sub> -C <sub>9</sub> )	то же	0,1
ОП-7	— " —	0,1
Каптакс	— " —	0,000
Нефтепродукты	— " —	0,3
ОП-10	— " —	0,1
Цианистый бензил	— " —	0,03
Аллилмеркаптан	— " —	0,0002
Взвешенные вещества	— " —	Содержание не должно увеличиваться более чем на 0,25 мг/л к фоновой концентрации

Для каждого загрязняющего вещества рассчитать ориентировочную допустимую концентрацию в стоках  $C_{op,i}$ , мг/л, по формуле

$$C_{op,i} = \frac{\gamma Q}{q} (ПДК_i - C_{ф,i}) + ПДК_i, \quad (3)$$

$\gamma$  – коэффициент смешения сточной и речной воды;  $Q$  – расход воды в реке, м<sup>3</sup>/с;  $q$  – расход сточных вод предприятия, м<sup>3</sup>/с;  $ПДК_i$  – предельно допустимая концентрация рассматриваемого компонента в речной воде данной категории (по справочным данным), мг/л;  $C_{ф,i}$  – фоновая концентрация компонента, мг/л.

Если в одну группу лимитирующих показателей вредности входят два или несколько загрязняющих компонентов, то эффект их отрицательного действия усиливается.

Таблица 6

Предельно допустимые концентрации некоторых веществ в водоеме рыбохозяйственного водопользования

Наименование ингредиента	Лимитирующий показатель вредности	ПДК, мг/л
Ацетон	Токсикологический	0,05
Ni <sup>2+</sup>	то же	0,01
Соляное масло	— " —	0,01

Жиры	— " —	3,9
Мышьяк (As)	— " —	0,01
Cu <sup>2+</sup>	— " —	0,001
Mg <sup>2+</sup>	— " —	40,0
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	— " —	0,08
СПАВ-сульфонол НП-3	— " —	0,1
Малеиновый ангидрид	— " —	0,01
Pb <sup>2+</sup>	— " —	0,1
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Санитарно-токсикологический	40,0
Cr <sup>6+</sup>	то же	0,001
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	— " —	0,5
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	— " —	100,0
Толуол	Органолептический	0,5
Fe <sup>3+</sup>	то же	0,05
Ксилол	— " —	0,05
Стирол	— " —	0,1
Нефтепродукты	Рыбохозяйственный	0,05
Фенолы	то же	0,001
Латекс	— " —	1,6

12

Взвешенные вещества	— " —	Содержание по сравнению с фоновым не должно увеличиваться более чем на 0,75 мг/л
---------------------	-------	--

Таблица 7

### Характеристика сточных вод предприятий железнодорожного транспорта

Наименование предприятия	Расход стоков, м <sup>3</sup> /сут	Источники образования загрязненных стоков	Загрязняющие вещества	C°t,	pH
--------------------------	------------------------------------	---	-----------------------	------	----

Вагонное депо Вагоно-ремонтный завод	50–500 100– 1000	Мытье смотровых канав Моечные машины для наружной обмывки подвижного состава, рам тележек, деталей Моечные ванны для обмывки колесных пар, деталей автосцепки, автотормозов, промывки отопительных систем вагонов Гальванические ванны Промывка аккумуляторных батарей	Взвешенные минеральные и органические вещества (песок, нагар, металлы, нефтепродукты, жиры) Минеральные растворимые вещества (щелочи, кислоты, соли тяжелых металлов) Органические растворимые вещества (нефтепродукты, амины, поверхностно-активные вещества) Соли тяжелых металлов, кислоты Кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов	10– 12	7– 9
Локомотивное депо	100– 1000	Моечные ванны для обмывки колесных пар, деталей двигателя	Взвешенные минеральные и органические вещества, щелочи, ПАВ	10– 12	7– 9
Локомотиворемонтный завод	300– 2000	Моечные машины для наружной и внутренней обмывки подвижного состава Мытье смотровых канав после окрасочных работ и уборки цеха Промывка аккумуляторов	Взвешенные минеральные и органические вещества, ПАВ, кислоты, щелочи, органические растворители Органические вещества, взвешенные вещества Кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов		
Промывочно-пропарочная станция	500– 1000	Моечные машины для наружной и внутренней промывки цистерн.	Взвешенные вещества (нагар, песок, соединения железа); органические вещества (предельные, непредельные углеводороды, фенолы, тетраэтилсвинец и т.д. Всего 120 наименований); щелочи	40– 60	9– 13
Шпалопропиточный завод	100–200	Смыв после уборки цеха и процесса пропитки	Взвешенные минеральные и органические вещества, фенолы	40– 50	6,5 – 7,5
Щебеночный завод	100–250	Моечные устройства промывки щебня и оборудования	Минеральные вещества (взвешенные и растворимые)	7–10	7≈

Для учета совместного влияния загрязняющих веществ каждой группы на флору и фауну водоёма рассчитывается ожидаемая концентрация каждого загрязняющего вещества  $C_{ожид,i}$ , мг/л, которая будет действовать в створе реки на 500 м ниже сброса стоков после смешения сточных вод с речной водой:

$$C_{ожид,i} = \frac{q C_{ор,i} + \gamma Q C_{ф,i}}{q + \gamma Q} \quad (4)$$

При расчете  $C_{ожид,i}$  нужно учесть, что эта величина не должна превышать  $ПДК_i$ .

Сумма отношений ожидаемых концентраций загрязняющих веществ в створе реки к соответствующим нормативным показателям ( $ПДК$ ) для данной группы ЛПВ не должна превышать единицы:

$$\frac{C_{ожид.1}}{ПДК_1} + \frac{C_{ожид.2}}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_{ожид.n}}{ПДК_n} \leq 1 \quad (5)$$

Если сумма больше единицы, то производится корректировка  $C_{ожид}$  каждого компонента в сторону уменьшения. Допустимая концентрация каждого загрязняющего вещества в стоках после очистных сооружений рассчитывается по формуле

$$C_{доп.i} = \frac{C_{ожид.i(уточн)} (q + \gamma Q) - \gamma Q C_{ф.i}}{q} \quad (6)$$

По этой величине оценивается эффект очистки сточных вод предприятия на очистных установках:

$$\Xi_i = \frac{C_{факт.i} - C_{доп.i}}{C_{факт.i}} 100 \% \quad (7)$$

где  $C_{факт.i}$  — концентрация загрязняющего вещества в сточной воде данного предприятия до очистных сооружений, мг/л.

Исходя из эффекта очистки и вида загрязняющих веществ разрабатывается схема очистки стоков и подбирается очистное оборудование (см. табл. 8).

Таблица 8

Классификация основных методов очистки сточных вод

Механические			Физико-химические			Биологические	
Способ очистки	Очистное оборудование	Группа улавл. веществ	Способ очистки	Очистное оборудование	Группа улавл. веществ	Очистное оборудование	Группа улавл. веществ
Отстой	Отстойники горизонтального, вертикального типов, реакторы-отстойники, нефтеловушки	1	Коагуляция	Осветлители	2	Биологические пруды (искусственные водоемы)	2, 3, 4
			Флотация	Флотаторы (радиальные, прямоточные, сепараторы и пр.)	2, 3		
			Сорбция	Адсорберы различного типа	2,3,4		
Фильтрация	Фильтры насыпного типа, песколовки, решетки	1,2	Ионообмен	Ионообменные аппараты периодического и непрерывного действия	4	Биофильтры	2, 3, 4
			Нейтрализация	Нейтрализаторы различного типа	3,4		
Сепарация	Гидроциклоны (открытые, напорные), барабанные фильтры, центрифуги	1	Окисление	Окислительные установки с использованием активного хлора, озона, кислорода	2, 3, 4	Аэротенки	2, 3, 4
			Экстракция	Несколько ступеней экстракционных	3 (орг. вещ-ва)		



				установок			
--	--	--	--	-----------	--	--	--

Рассчитать допустимую концентрацию загрязняющих веществ в стоках предприятия при сбросе их в открытый водоем по данным варианта, указанным в табл. 9.

Таблица 9

Варианты заданий

Вариант	Категория реки и средний расход воды $Q$ , м <sup>3</sup> /с	$\gamma$ Коэффициент смешения	Виды и концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятия до очистных сооружений $C_{факт, i}$ , мг/л	Расход сточных вод $q$ , м <sup>3</sup> /с	Фоновые концентрации загрязняющих веществ $C_{ф, i}$ , мг/л
1	Рыбохозяйственное водопользование 2,5	0,51	Ni <sup>2+</sup> – 4,5 Соляровое масло – 2,3 Толуол – 3,4 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – 360,2 Cr <sup>6+</sup> – 1,5	0,2	Ni <sup>2+</sup> – 0,0035 Соляровое масло – 0,005 Толуол – 0,2 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – 35 Cr <sup>6+</sup> – отсутствует
2	Санитарно-бытовое водопользование 3,0	0,46	Взвешенные вещества – 250 ПАВ (ОП-7) – 10,5 Каптакс – 20,3 Нефтепродукты – 160,3 Формальдегид – 1,4 Тиомочевина – 6,8	0,25	Взвешенные вещества – 10 ПАВ (ОП-7) – отсутствует Каптакс – отсутствует Нефтепродукты – 0,005 Формальдегид – отсутствует Тиомочевина – 0,015
3	Рыбохозяйственное водопользование 3,5	0,59	Жиры – 10,8 Нефтепродукты – 6,1 Fe <sup>3+</sup> – 5,5 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – 32 Ni <sup>2+</sup> – 0,11	0,02	Жиры – 2,5 Нефтепродукты – 0,03 Fe <sup>3+</sup> – 0,01 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – 1,5 Ni <sup>2+</sup> – 0,003
4	Рыбохозяйственное водопользование 0,19	0,41	Взвешенные вещества – 350 Нефтепродукты – 160,4 Фенолы – 3,8 Pb <sup>2+</sup> – 0,6 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> – 8,4 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> – 160,4	0,025	Взвешенные вещества – 30 Нефтепродукты – 0,006 Фенолы – 0,0005 Pb <sup>2+</sup> – 0,00 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> – 0,045 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> – 3,8
5	Санитарно-бытовое водопользование 4,3	0,43	Дифенилуксусная кислота – 10,8 Аллилмеркаптан – 3,8 Цианистый бензил – 4,2 ПАВ (ОП-10) – 34,8 Окись пропилена – 0,29	0,24	Дифенилуксусная к-та – 0,05 Аллилмеркаптан – 0,000 Цианистый бензил – 0,0015 ПАВ (ОП-10) – 0,000 Окись пропилена – 0,00
6	Санитарно-бытовое водопользование 0,78	0,62	Формальдегид – 1,5 Трихлорбутилен – 4,2 Амины – 10,4 Hg <sup>2+</sup> – 0,1 Ампициллин – 8,3	0,025	Формальдегид – 0,00 Трихлорбутилен – 0,00 Амины – 0,01 Hg <sup>2+</sup> – 0,000 Ампициллин – 0,001
7	Рыбохозяйственное водопользование 5,3	0,6	Взвешенные вещества – 150 Мышьяк – 15,2 Mg <sup>2+</sup> – 170,3 Ni <sup>2+</sup> – 10,4 Ксилол – 20,6 Cu <sup>2+</sup> – 0,3	0,004	Взвешенные вещества – 45 Мышьяк – 0,00 Mg <sup>2+</sup> – 32,0 Ni <sup>2+</sup> – 0,005 Ксилол – 0,00 Cu <sup>2+</sup> – 0,0005

8	Рыбохозяйственное водопользование 4,7	0,48	Ацетон – 10,7 Малеиновый ангидрид – 15,6 Fe <sup>3+</sup> – 40,0 Латекс (синтетич.) – 10,3 Нефтепродукты – 58,0	0,0038	Ацетон – 0,00 Малеиновый ангидрид – 0,00 Fe <sup>3+</sup> – 0,02 Латекс (синтетич.) – 0,00 Нефтепродукты – 0,03
9	Рыбохозяйственное водопользование 2,3	0,32	Взвешенные вещества – 250,0 Нефтепродукты – 60,4 Фенол – 10,3 Жиры – 15,6 Pb <sup>2+</sup> – 7,4 Ni <sup>2+</sup> – 15,9	0,008	Взвешенные вещества – 45,0 Нефтепродукты – 0,00 Фенол – 0,00 Жиры – 0,06 Pb <sup>2+</sup> – 0,05 Ni <sup>2+</sup> – 0,00
10	Санитарно-бытовое водопользование 6,4	0,4	Взвешенные вещества – 120,0 Бензол – 15,7 Пиридин – 27,5 Нитробензол – 15,2 Cd <sup>2+</sup> – 3,8 Мышьяк (As <sup>3+</sup> ) – 1,5	0,2	Взвешенные вещества – 59,0 Бензол – 0,04 Пиридин – 0,00 Нитробензол – 0,002 Cd <sup>2+</sup> – 0,008 Мышьяк (As <sup>3+</sup> ) – 0,00
11	Санитарно-бытовое водопользование 3,8	0,8	Метанол – 17,8 Нитробензол – 6,4 Hg <sup>2+</sup> – 0,15 Бутилацетат – 5,8 Амины (C <sub>7</sub> – C <sub>9</sub> ) – 5,6	0,06	Метанол – 0,75 Нитробензол – 0,01 Hg <sup>2+</sup> – 0,000 Бутилацетат – 0,04 Амины (C <sub>7</sub> – C <sub>9</sub> ) – 0,04
12	Рыбохозяйственное водопользование 3,8	0,32	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> – 4,3 СПАВ – 25,0 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> – 32,4 Cu <sup>2+</sup> – 3,4 Нефтепродукты – 15,6	0,028	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> – 0,00 СПАВ – 0,005 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> – 52,0 Cu <sup>2+</sup> – 0,000 Нефтепродукты – 0,04
13	Рыбохозяйственное водопользование 7,3	0,41	Взвешенные вещества – 450,0 Нефтепродукты – 140,4 Фенолы – 13,8 Жиры – 16,3 Fe <sup>3+</sup> – 28,5 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – 15,8	0,08	Взвешенные вещества – 20,0 Нефтепродукты – 0,001 Фенолы – 0,000 Жиры – 2,02 Fe <sup>3+</sup> – 0,01 NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> – 5,4
14	Санитарно-бытовое водопользование 10,4	0,72	Нефтепродукты – 48,7 Pb <sup>2+</sup> – 0,5 P (фосфор) – 3,8 Cl <sub>АКТ</sub> – 62 Cd <sup>2+</sup> – 2,5	0,48	Нефтепродукты – 0,03 Pb <sup>2+</sup> – 0,001 P (фосфор) – 0,000 Cl <sub>АКТ</sub> – 0,1 Cd <sup>2+</sup> – 0,001

Определить эффективность очистки по каждому загрязняющему веществу, подобрать схему очистки.

Результат выполнения задания: изучена санитарно-гигиеническая оценка загрязнения водного объекта, рассчитаны допустимые концентрации загрязняющих веществ в сточных водах предприятий при сбросе их в открытый водоем.

#### Практическая работа № 2.

#### Оценка экологического ущерба от загрязнения поверхностных вод. Расчет индекса качества воды.

Цель задания: рассчитать экологический ущерб от загрязнения поверхностных вод, индекс качества воды

Порядок выполнения задания:

I. Приближенно экологический ущерб  $Y_B$ , р./год, от загрязнения поверхностных вод определяется по формуле

$$Y_B = K^B \sum_{i=1}^n Y_{уд,i}^B M_i, \quad (1)$$

где  $Y_B$  – удельный ущерб водному объекту от сброса одной тонны вредного вещества, р./усл. т (табл. 1);  $K^B$  – коэффициент экологической ситуации водных объектов по бассейнам основных рек РФ (табл. 2);  $M_i$  – приведенная масса годового сброса вредного вещества в поверхностный водоем, усл.т /год,

$$M_i = K_i m_i, \quad (2)$$

где  $K_i$  – коэффициент приведения  $i$ -го вредного вещества, учитывающий его относительную опасность,

$$K_i = \frac{1}{ПДК_i}, \quad (3)$$

где  $ПДК_i$  – предельно-допустимая концентрация  $i$ -го вещества в водоеме данной категории;  $m_i$  – фактическая масса  $i$ -го вида вредного вещества, сбрасываемого в водоем, т/год,

$$m_i = \frac{C_i \cdot g \cdot 3600 \cdot 24 \cdot n}{10^6}, \quad (4)$$

где  $C_i$  – концентрация  $i$ -го вещества в сточных водах предприятий, мг/л, после очистных сооружений;  $g$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $n \approx 320$  сут. – время работы очистных сооружений, сут/год (с учетом профилактических ремонтов)

В случае, если  $C_i$  (концентрация вредного вещества в сточных водах предприятия после очистных сооружений) равна  $C_{дон,i}$  (допустимая расчетная концентрация) при определении (экологического ущерба по данному веществу – формула (56)  $Y_{уд,i}^B$  берется в пределах ПДС, если  $C_i > C_{дон,i}$ , то – по сверхнормативным сбросам.

Таблица 1

Удельный ущерб водному объекту от сброса одной условной тонны вредного вещества

Наименование вещества	$Y_{уд,i}^B$ , р./усл. т	
	в пределах ПДС	сверхнормативного сброса

Ацетон	3548,0	17740,0
Алкилсульфонаты (СПАВ)	354,8	1774,0
Взвешенные вещества	236,0	1180,0
Железо (Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup> )	1774,0	8870,0
Кадмий (Cd <sup>2+</sup> )	35480,0	177400,0
Ксилол	3548,0	17740,0
Кобальт (Co <sup>2+</sup> )	17736,0	88700,0
Латекс	17740,0	88700,0
Масло соляровое	17740,0	88700,0
Медь (Cu <sup>2+</sup> )	177400,0	887000,0
Метанол	1774,0	8870,0
Мышьяк (As)	3548,0	17740,0
Нефтепродукты	2800,0	17740,0
Никель (Ni <sup>2+</sup> )	17740,0	88700,0
Нитробензол	354,8	1774,0
ОП-10	354,8	1774,0
Ртуть (Hg <sup>2+</sup> )	17740000,0	88700000,0
Свинец (Pb <sup>2+</sup> )	1774,0	8870,0
Толуол	354,8	1774,0
Фенолы	177400,0	887000,0
Формальдегид (муравьиный альдегид)	1774,0	8870,0
Цианистый бензил	3548,0	17740,0

Таблица 2

## Экологическая ситуация состояния водных объектов по бассейнам основных рек РФ

Река	$K^B$
1. Нева	1,11–1,91
2. Волга	1,16–1,42
3. Москва и Московская обл.	1,16–1,41
4. Урал	1,08–1,81
5. Реки Краснодарского края	1,49–2,90
6. Реки Ставропольского края	1,49–1,56
7. Печора	1,0–1,67
8. Северная Двина	1,02–1,69
9. Обь	1,05–1,30
10. Енисей	1,02–1,70
11. Лена	1,05–1,43
12. Амур	1,0–1,53

**Задание**

Согласно варианту (табл. 3) оценить экологический ущерб поверхностным водам  $U_B$  от деятельности предприятия при условии, что сброс сточных вод после очистных сооружений осуществляется в открытый водоем.

Таблица 3

## Варианты заданий

№ варианта	Категория водоема	Расход сточных	Вид загрязняющих веществ и их концентрация в стоках после очистных сооружений	Территория расположения предприятия
------------	-------------------	----------------	---	-------------------------------------

		вод, g, м <sup>3</sup> /с		
1	Рыбохозяйственный	0,2	Ni <sup>2+</sup> – (C <sub>Ni</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> ) Соляровое масло – (C <sub>МС</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,02 мг/л) Толуол – (C <sub>ТОЛУОЛ</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,6 мг/л)	Бассейн реки Урала
2	Санитарно-бытовой	0,25	Взвешенные вещества (C <sub>взв</sub> = C <sub>доп</sub> + 5 мг/л) ПАВ (ОП-7) (C <sub>ОП-7</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,1 мг/л) Нефтепродукты (C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> )	Краснодарский край
3	Рыбохозяйственный	0,2	Нефтепродукты (C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,1 мг/л) Ni <sup>2+</sup> – (C <sub>Ni</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> ) Fe <sup>2+,3+</sup> (C <sub>Fe</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> + 0,2 мг/л)	Бассейн реки Оби
4	Рыбохозяйственный	0,025	Взвешенные вещества (C <sub>взв</sub> = C <sub>доп</sub> + 10 мг/л) Нефтепродукты (C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,6 мг/л) Фенолы (C <sub>ф</sub> = C <sub>доп</sub> )	Бассейн реки Амура
5	Санитарно-бытовой	0,24	ПАВ (ОП-10) (C <sub>ОП-10</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,2 мг/л) Цианистый бензил (C <sub>ЦБ</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,05 мг/л)	Московская область
6	Санитарно-бытовой	0,025	Ртуть Hg <sup>2+</sup> (C <sub>Hg</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> ) Формальдегид (C <sub>ФОРМ</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,02 мг/л)	Бассейн реки Невы
7	Рыбохозяйственный	0,004	Взвешенные вещества (C <sub>взв</sub> = C <sub>доп</sub> + 50 мг/л) Медь Cu <sup>2+</sup> (C <sub>Cu</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> + 0,0008 мг/л) Ксилол (C <sub>ксил</sub> = C <sub>доп</sub> )	Ставропольский край
8	Рыбохозяйственный	0,0038	Ацетон (C <sub>ац</sub> = C <sub>доп</sub> ) Латекс (C <sub>лат</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,5 мг/л) Нефтепродукты (C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 1,5 мг/л)	Бассейн реки Оби
9	Рыбохозяйственный	0,008	Взвешенные вещества (C <sub>взв</sub> = C <sub>доп</sub> + 3 мг/л) Фенолы (C <sub>ф</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,0005 мг/л) Свинец Pb <sup>2+</sup> (C <sub>Pb</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> )	Бассейн реки Енисея
10	Санитарно-бытовой	0,06	Кадмий Cd <sup>2+</sup> (C <sub>Cd</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> ) Взвешенные вещества (C <sub>взв</sub> = C <sub>доп</sub> + 60 мг/л) Мышьяк (As) (C <sub>As</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,03 мг/л)	Бассейн реки Лены
11	Санитарно-бытовой	0,06	Ртуть Hg <sup>2+</sup> (C <sub>Hg</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> ) Метанол (C <sub>МЕТ</sub> = C <sub>доп</sub> + 2,5 мг/л) Нитробензол (C <sub>НБ</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,02 мг/л)	Бассейн реки Печоры
12	Рыбохозяйственный	0,028	СПАВ (алкиносульфаты) (C <sub>СПАВ</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,3 мг/л) Нефтепродукты (C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,1 мг/л) Медь Cu <sup>2+</sup> (C <sub>Cu</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> )	Бассейн реки Северной Двины
13	Рыбохозяйственный	0,08	Взвешенные вещества (C <sub>взв</sub> = C <sub>доп</sub> + 40 мг/л) Нефтепродукты C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,05 мг/л) Фенолы (C <sub>ф</sub> = C <sub>доп</sub> )	Бассейн реки Амура
14	Санитарно-бытовой	0,48	Нефтепродукты C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,15 мг/л) Свинец Pb <sup>2+</sup> (C <sub>Pb</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> + 0,1 мг/л) Кадмий Cd <sup>2+</sup> (C <sub>Cd</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> )	Бассейн реки Волги
15	Санитарно-бытовой	0,05	Кобальт Co <sup>2+</sup> (C <sub>Co</sub> <sup>2+</sup> = C <sub>доп</sub> + 0,5 мг/л) Формальдегид (C <sub>ФОРМ</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,015 мг/л) Нефтепродукты C <sub>нефт</sub> = C <sub>доп</sub> + 0,25 мг/л)	Бассейн реки Енисея

II. По данным химического анализа воды рассчитать ИКВ за каждый месяц, вычислить среднегодовое значение, выявить тенденцию изменения ИКВ за год. Объяснить причины колебания показателя.

Таблица 1

Гидрохимическая информация о загрязненности воды Городского пруда в створе водозабора за 2008 г.

Ингредиенты	Дата отбора проб воды											
	10.1	10.2	10.3	10.4	10.5	10.6	10.7	10.8	10.9	10.10	10.11	10.12
Минерализация (мг/л)	281	291	278	293	182	162	173	206	192	195	232	262
Цветность (град.ПКШ)	20	18	23	50	40	34	32	30	27	23	21	22
Запах (балл)	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)	2,85	1,14	0,98	0,98	1,9	3,3	3,9	2,94	1,3	0,9	0,66	4,24
Взвешенные вещества (мг/л)	0,8	0,6	0,84	0,8	8	7,4	2,2	7,2	4	8,8	3,6	3,6
Растворенный кислород (мг/л)	3,8	3,3	4,3	3	4,9	9,5	7,8	9,4	11,4	8,1	5,88	10,78
Хлориды (мг/л)	11,5	12	10,4	18,6	3,4	6,5	6	7,8	8	11,2	12,7	11,2
Сульфаты (мг/л)	14,2	12,4	2,6	10,2	19,1	9,2	7,1	10,8	11	10,4	11	10,8
pH	7,3	7,4	7,4	8	8,3	8,3	8,4	8,8	8,7	8,4	7,8	7,4
Коли-индекс (кол-во КОЕ/л)	495	395	350	270	642	1300	1500	1330	1880	1820	645	670

Примечание: КОЕ – клеткообразные единицы (или клетки).

Общая формула для расчета ИКВ:

$$I = \left[ \sum_{i=1}^n \gamma_i \omega_i \right] \prod_{i=1}^n \varphi$$

где  $\gamma_i$  – относительный вес  $i$ -го показателя;  $\omega_i$  – оценка в баллах качества воды по  $i$ -му показателю;  $\varphi$  – «штрафная» функция, понижающая индекс при превышении нормы каким-либо показателем.

1. Для расчета ИКВ требуется определить:  $\gamma_i$  – относительный вес  $i$ -го показателя;  $\omega_i$  – оценку в баллах качества воды по  $i$ -му показателю;  $\varphi$  – «штрафную» функцию, понижающую индекс при превышении нормы каким-либо показателем.

2. Относительный вес показателя определяется экспертным путем. В табл. 2 приведены результаты такой оценки, которая проводилась лабораторией математического моделирования ВНИИВО для каждого  $i$ -го показателя (из 10 наиболее важных для санитарно-бытового водопользования).

Таблица 2

Значения функции  $\varphi$

Показатели	$\varphi$	Оценка $\omega_i$ , балл		
		3	2	1
Коли-индекс	0,18	0,86	0,7	0,5
Запах	0,13	0,9	0,78	0,64
БПК <sub>5</sub>	0,12	0,9	0,8	0,66
pH	0,1	0,91	0,84	0,73
Растворенный кислород	0,09	0,92	0,85	0,75
Цветность	0,09	0,92	0,85	0,75
Взвешенные вещества	0,08	0,93	0,86	0,77
Общая минерализация	0,08	0,93	0,86	0,77
Хлориды	0,07	0,95	0,88	0,8
Сульфаты	0,06	0,95	0,89	0,83

3. Оценка качества воды дается по 10 показателям и лежит в пределах от 1 до 5 баллов ( $1 \leq \omega \leq 5$ ). При этом баллу 5 условно соответствует очень чистая вода, баллу 4 – чистая вода, 3 – умеренно загрязненная, 2 – загрязненная, 1 – грязная (табл. 3).

Таблица 3

Оценка качества воды

Показатель	Балл				
	5	4	3	2	1
Коли-индекс	0-100	100-1000	$10^3-10^5$	$10^5-10^7$	$>10^7$
Запах	0	1-2	3	4	5
БПК <sub>5</sub> , мг/л	0-1	1-2	2-4	4-10	$>10$
pH	6,5-8	6,5-8,5	5-9,5	4-10	10
Растворенный кислород, мг/л	$>8$	8-6	6-4	4-2	$<2$
Цветность, град	$<20$	20-30	30-40	40-50	$>50$
Взвешенные вещества, мг/л	$<10$	10-20	20-50	50-100	$>100$
Общая минерализация, мг/л	$<500$	500-1000	1000-1500	1500-2000	$>2000$
Хлориды, мг/л	$<200$	200-350	350-500	500-700	$>700$
Сульфаты, мг/л	$<250$	250-500	500-700	700-1000	$>1000$

Каждый интервал значений в столбцах следует понимать как полуинтервал вида  $[a, b]$ . Для нормируемых параметров верхней границей интервала, соответствующего баллу 4, являются существующие нормы.

4. Для того, чтобы ИКВ точнее учитывал превышение норм по показателям (что соответствует значениям  $\omega_i$  в 3 и менее баллов), дополнительно вводится «штрафная» функция  $\Phi = \prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i, \gamma_i)$  для ингредиентов, обнаруженных в водотоке в количествах, превышающих нормативы качества воды. Значение  $\varphi$  должно уменьшаться с уменьшением  $\omega_i$ .

По каждому месяцу необходимо заполнить таблицу 4 с внесением расчетов.

Таблица 4

Расчет индекс качества воды за ... месяц

Ингредиенты	Фактические значения	$\gamma_i$	$\omega_i$	$\varphi$	$\prod_{i=1}^n \varphi(\omega_i, \gamma_i)$	ИКВ
Минерализация (мг/л)						
Цветность (град.ПКШ)						
Запах (балл)						
БПК <sub>5</sub> (мгО <sub>2</sub> /л)						
Взвешенные вещества (мг/л)						
Растворенный кислород (мг/л)						
Хлориды (мг/л)						
Сульфаты (мг/л)						
pH						
Коли-индекс (кол-во КОЕ/л)						

Из таблиц 2 и 3 выписываем значения в 3, 4 и 5.

Результат выполнения задания: рассчитаны экологический ущерб от загрязнения поверхностных вод, индекс качества воды

### Практическая работа № 3.

#### Загрязнения компонентов гидросферы. Расчет комбинаторного индекса загрязненности воды.

Цель задания: оценить загрязнение гидросферы. Рассчитать комбинаторный индекс загрязненности воды.

Порядок выполнения задания:

Заполнить таблицу 1. Решить задачи.

Таблица 1

Основные загрязняющие воды вещества и их источники

№ п/п	Загрязняющее вещество, элемент или агент загрязнения	Основные источники загрязнения	Важнейшие следствия Загрязнения
1.	Азот, фосфор и другие биогенные элементы и их соединения, органические вещества		

2.	Взвешенные частицы (повышение мутности)		
3.	Пестициды и другие ядовитые вещества		
4.	Мусор и другие твердые отходы		
5.	Нефть и нефтепродукты		
6.	Тяжелые металлы и их соединения		
7.	Тепловое загрязнение		

ЗАДАНИЕ 2. Задача 2.1. Рассчитать индивидуальный и коллективный риски угрозы здоровью для следующих условий. Содержание диоксинов в питьевой воде равно 10 ПДК этих веществ в воде, ПДК составляет  $2 \cdot 10^{-8}$  мг/л. Время потребления такой воды группой в 1000 человек – 5 лет. Средняя частота потребления – 300 дней в год. Фактор риска при поступлении диоксинов с водой равен  $1,6 \cdot 10^5$  (мг/кг·сут)<sup>-1</sup>.

$$C = 10 \text{ ПДК} = 2 \cdot 10^{-7} \text{ мг/л,}$$

$$v = 2 \text{ л/сут,}$$

$$f = 300 \text{ сут/год,}$$

$$F_T = 1,6 \cdot 10^5 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1},$$

$$T_p = 5 \text{ лет,}$$

$$N = 10^3 \text{ чел,}$$

$$P = 70 \text{ кг,}$$

$$T = 70 \text{ лет.}$$

Задача 2.2. Рассчитать риск в виде количества дополнительных случаев онкологических заболеваний среди жителей поселка с населением в 10 тыс. человек в результате потребления воды с содержанием канцерогена – трихлорэтилена, равным 25 мкг/л. Такая вода потребляется в течение 30 лет, причем в течение каждого года она потребляется в среднем в течение 300 дней. Фактор риска в данном случае равен  $0,4$  (мг/кг·сут)<sup>-1</sup>.

$$C = 25 \text{ мкг/л} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ мг/л,}$$

$$v = 2 \text{ л/сут,}$$

$$f = 300 \text{ сут/год,}$$

$$T_p = 30 \text{ лет,}$$

$$F_r = 0,4 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1},$$

$$N = 10^4 \text{ чел,}$$

$$P = 70 \text{ кг,}$$

$$T = 70 \text{ лет.}$$

Задача 2.3. Рассчитать индивидуальный риск, обусловленный комбинированным действием двух канцерогенов, содержащихся в питьевой воде. В воде находится винилхлорид с концентрацией, равной 0,3 мг/л (его фактор риска при поступлении с водой составляет  $1,9$  (мг/кг·сут)<sup>-1</sup>), и мышьяк с концентрацией, равной его ПДК в питьевой воде (0,05 мг/л). Фактор риска при поступлении мышьяка с водой равен  $1,75$  (мг/кг·сут)<sup>-1</sup>. Такая вода потребляется в течение 3 лет, причем в течение каждого года она потребляется в среднем в течение 300 дней.

Винилхлорид:

$$C_1 = 0,3 \text{ мг/л,}$$

$$F_{r(1)} = 1,9 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1},$$

Мышьяк:

$$C_2 = 0,05 \text{ мг/л,}$$

$$f_{r(2)} = 1,75 \text{ (мг/кг·сут)}^{-1},$$

$$f = 300 \text{ сут/год,}$$



$T_p = 3$  года,  
 $v = 2$  л/сут,  
 $P = 70$  кг,  
 $T = 70$  лет.

Задача 2.4. В Российской Федерации значение ПДК бенз(а)пирена в поверхностных водах принято равным 5 нг/л, а значение ПДК (среднесуточной) бенз(а)пирена в воздухе населенных мест – 1 нг/м<sup>3</sup>. Предположим, что содержание этого канцерогена как в воде, так и в воздухе некоторого населенного пункта превысило значения соответствующих ПДК в 3 раза. Каков суммарный коллективный риск угрозы здоровью для группы людей численностью 100 000 человек, если все эти люди пьют такую воду и дышат таким воздухом в течение 3 лет? В течение каждого года канцероген действует в среднем 330 дней. Фактор риска для поступления бензо(а)пирена с водой и воздухом одинаков и равен  $7,3(\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}$ .

$C_{\text{вод}} = 3 \text{ ПДК} = 15 \cdot 10^{-9} \text{ г/л} = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ мг/л}$ ,

$v_p = 2$  л/сут,

$C_{\text{возд}} = 3 \text{ ПДК} = 3 \cdot 10^{-9} \text{ г/м}^3 = 3 \cdot 10^{-6} \text{ мг/м}^3$ ,

$K = 20 \text{ м}^3/\text{сут}$ ,

$f = 330$  сут/год,

$T_p = 3$  года,

$F_r = 7,3(\text{мг/кг}\cdot\text{сут})^{-1}$ ,

$N = 1 \cdot 10^5$  чел,

$P = 70$  кг,

$T = 70$  лет.

*Указания к решению задачи*

Если решаются задачи, связанные с потреблением питьевой воды, то среднесуточное поступление  $m$  канцерогена с водой на 1 кг массы тела человека определяется по несколько измененной формуле:

$$m = \frac{C \times v \times f \times T_p}{P \times T}$$

где  $C$  – концентрация канцерогена в питьевой воде, мг/л;  $v$  – скорость поступления воды в организм человека, л/сут. Считается, что взрослый человек выпивает ежедневно 2 литра воды;  $f$  – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие канцерогена;  $T_p$  – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая питьевая вода.

Величины  $P$  и  $T$  – такие же, как и в формуле, по которой рассчитывается поступление канцерогена с воздухом.

**ЗАДАНИЕ 3. Задача 3.1.** В одном из колодцев обнаружен тяжелый металл – шестивалентный хром, причем его содержание в воде этого колодца в десять раз превысило значение ПДК хрома (VI) для питьевой воды (0,005 мг/л). Данным колодцем пользуются в течение 6 лет. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью.

$C = 10 \text{ ПДК} = 0,05 \text{ мг/л}$ ,

$v = 2$  л/сут,

$T_p = 6 \text{ лет} = 2190 \text{ сут}$ ,

$P = 70$  кг,

$T = 30 \text{ лет} = 10950 \text{ сут}$ ,

$H_D = 5 \cdot 10^{-3} \text{ мг/кг}\cdot\text{сут}$ .

**Задача 3.2.** В воду некоторого водоема попала ртуть, в результате чего содержание этого элемента в тканях рыбы составляет 10 мг/кг. В течение двух лет в этом водоеме рыбак-любитель ловит рыбу и употребляет ее в пищу. За эти два года он ел рыбу 80 раз, причем за один раз съедал в среднем 150 г. Пороговая мощность дозы ртути (в виде метилртути) при попадании в организм с пищей составляет  $1 \cdot 10^{-4} \text{ мг/кг}\cdot\text{сут}$ . Вычислить риск угрозы здоровью.

$C = 10 \text{ мг/кг}$ ,

$m_p = 150 \text{ г}$ ,

$f = 40 \text{ раз в год} = 40 (\text{год}^{-1})$ ,

$T_p = 2$  года,  
 $P = 70$  кг,  
 $T = 10950$  сут,  
 $H_D = 1 \cdot 10^{-4}$  мг/кг·сут.

Задача 3.3. В воде некоторого водохранилища обнаружен фенол с концентрацией, равной 3 мг/л. Водоохранилище является источником питьевого водоснабжения. Рассчитать риск угрозы здоровью человека, пьющего такую воду в течение трех лет. Учесть, что ежегодно этот человек уезжает из этой местности в отпуск, в котором проводит в среднем 30 дней. Пороговая мощность дозы фенола при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг·сут.

$C = 3$  мг/л,  
 $v = 2$  л/сут,  
 $f = 335$  сут/год,  
 $T_p = 3$  года,  
 $P = 70$  кг,  
 $T = 70 \cdot 365 = 10950$  сут,  
 $H_D = 0,6$  мг/кг·сут.

Задача 3.4. Установлено, что в некоторой местности оказались загрязненными питьевая вода и выращенные здесь овощи. В воде присутствуют нефтепродукты, их содержание равно 5 мг/л, а в овощах – тетраэтилсвинец с содержанием 5 мкг/кг. Всего овощей в России потребляется в среднем 94 кг на душу населения в год. Человек выпивает в среднем 2 л воды в сутки. Рассчитать индивидуальный риск угрозы здоровью, если человек подвергается воздействию указанных токсикантов в течение трех месяцев. Пороговая мощность дозы нефтепродуктов при попадании в организм с водой составляет 0,6 мг/кг·сут, а пороговая мощность дозы тетраэтилсвинца при попадании в организм с пищей составляет  $1,2 \cdot 10^{-7}$  мг/кг·сут. Концентрация нефтепродуктов в воде  $C_H = 5$  мг/л. Концентрация тетраэтилсвинца в овощах  $C_T = 5$  мкг/кг = 0,005 мг/кг.

$T_p = 3$  мес. = 0,25 года,  
 $v = 2$  л/сут,  
 $M_{\text{воды}} = 2 \cdot 365 \cdot 0,25 = 182,5$  л,  
 $M_{\text{ов}} = 0,25 \cdot 94$  кг = 23,5 кг,  
 $P = 70$  кг,  
 $T = 70 \cdot 365 = 10950$  сут,  
 $H_{D(H)} = 0,6$  мг/кг·сут.  
 $H_{D(T)} = 1,2 \cdot 10^{-7}$  мг/кг·сут.

Задача 3.5. В питьевой воде некоторой местности обнаружен хлорорганический пестицид – ДДТ с концентрацией, равной утроенному значению его ПДК в воде, которая составляет 0,002 мг/л. Рассчитать риск угрозы здоровью человека, пьющего эту воду в течение одного года. Учесть, что ежегодно этот человек уезжает из данной местности в отпуск, в котором проводит в среднем 30 дней. Пороговая мощность дозы ДДТ при поступлении с пищей равна  $5 \cdot 10^{-4}$  мг/кг·сут.

$C = 0,006$  мг/л,  
 $v = 2$  л/сут,  
 $f = 335$  сут/год,  
 $H_D = 5 \cdot 10^{-4}$  мг/кг·сут.  
 $T_p = 1$  год,  
 $P = 70$  кг,  
 $T = 30$  лет.

*Указания к решению задачи*

Если решаются задачи, связанные с потреблением питьевой воды, то среднесуточное поступление токсиканта с водой на 1 кг массы тела человека  $m$  определяется по несколько измененной формуле:

$$m = \frac{C \times v \times f \times T_p}{P \times T}$$

где  $C$  – концентрация токсиканта в питьевой воде, мг/л;  $v$  – скорость поступления воды в организм человека, л/сут (считается, что взрослый человек выпивает ежедневно 2 литра воды);  $f$  – количество дней в году, в течение которых происходит воздействие токсиканта;  $T_p$  – количество лет, в течение которых потребляется рассматриваемая питьевая вода.

Величины  $P$  и  $T$  – такие же, как и в формуле для поступления токсиканта с воздухом. Размерность величины  $m$  – мг/л·сут.

II. По каждому ингредиенту проводят следующие вычисления.

В графу 2 таблицы заносят данные по числу определений. По растворенному в воде кислороду их 12, по БПК<sub>5</sub> воды – 11 и т. д.

В графу 3 таблицы помещают данные по числу определений, превышающих ПДК. По растворенному в воде кислороду превышений ПДК нет, по БПК<sub>5</sub> воды – 9 и т. д.

На основании данных второй и третьей граф определяется повторяемость случаев превышения ПДК:

$$\alpha_{O_2} = 0\%; \alpha_{БПК_5} = \frac{9}{11} \cdot 100\% = 81,8\% \quad \text{и т.д.}$$

Результаты помещают в графу 4. По значениям повторяемости на основе прил. 10 определяют частный оценочный балл  $S_a$ :

$$S_{\alpha_{БПК_5}} = 4,0; S_{\alpha_{фен}} = 4,0 \quad \text{и т.д.}$$

Рассчитывают кратность превышения ПДК в тех результатах анализа, где оно имеет место (графа 6). Затем определяют среднее значение кратности превышения ПДК только по тем пробам, где есть нарушение нормативов (графа 7). Например:

$$\bar{\beta}_{БПК_5} = (1,6+1,3+1,7+1,6+1,8+2,6+2,3+3,8+1,0)/9 = 1,97 \text{ мг/дм}^3 \text{ по } O_2;$$

$$\bar{\beta}_{NO_2} = (15,0+15,5+18,5+16,0+19,0+8,0+34,5+3,0+33,0+8,0+9,0)/11 = 16,3 \text{ мг/дм}^3 \text{ по азоту N.}$$

По значениям средней кратности превышения ПДК на основе прил. 11 определяют частный оценочный балл, который помещают в графу 8:

$S_{\beta_{БПК_5}} = 1,97$ ;  $S_{\beta_{NO_2}} = 3,16$  и т. д. Определение  $S_{\beta_i}$ , как и определение  $S_{a_i}$ , проводят с учетом линейной интерполяции. Например:  $\beta_{NO_2} = 16,3$ . Согласно прил. 11, соответствующий этому значению балл находится между тремя и четырьмя.

Доля частного оценочного балла, приходящаяся на единицу  $\beta_i$ , в этих пределах составляет 0,025.

Чтобы получить значение балла по  $\beta_{NO_2}$ , необходимо к трем прибавить число, полученное в результате действия  $6,3 \times 0,025 = 0,16$ , тогда

$$S_{\beta_{NO_2}} = 3 + 0,16 = 3,16.$$

Далее определяют обобщенные оценочные баллы по каждому ингредиенту (графа 9). Например:

$$S_{БПК_5} = S_{\alpha_{БПК_5}} \cdot S_{\beta_{БПК_5}} = 4 \cdot 1,97 = 7,88;$$

$$S_{NO_2} = S_{\alpha_{NO_2}} \cdot S_{\beta_{NO_2}} = 4 \cdot 3,16 = 12,6;$$

$$S_{фен} = S_{\alpha_{фен}} \cdot S_{\beta_{фен}} = 4 \cdot 2,79 = 11,2 \quad \text{и т. д.}$$

Значения обобщенного оценочного балла помещают в графу 9 таблицы.

Ингредиенты показатели загрязненности	и $n_i$	$n_i'$	$\alpha_i = \frac{n_i'}{n_i} \cdot 100\%$	$S_{a_i}$	$\sum \beta_i = \sum_{j=1}^{n_i} \frac{C_j}{ПДК_j}$	$\beta_i$	$S_{\beta_i}$	$S_i$
1	2	3	4	5	6	7	8	9

O <sub>2</sub>	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
БПК <sub>5</sub>	11	9	81,8	4,0	1,6 + 1,3 + 1,7 + 1,6 + 1,8 + 2,6 + 2,3 + 3,8 + 1,0 = 17,7	1,97	1,97	7,88		
СГ	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe <sub>общ</sub>	12	10	83,3	4,0	1,6 + 1,8 + 2,4 + 4,5 + 2,7 + 3,4 + 1,3 + 2,0 + 3,0 + 2,8 = 25,5	2,55	2,07	8,28		
N <sub>нитратный</sub>	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N <sub>нитритный</sub>	12	11	91,7	4,0	15,0 + 15,5 + 18,5 + 16,0 + 19,0 + 8,0 + 34,5 + 3,0 + 33,0 + 8,0 + 9,0 = 180	16,3	3,16	12,6		
Фенолы	12	12	100	4,0	10 + 9 + 9 + 9 + 9 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 7 + 7 = 100	8,33	2,79	11,2		
Нефтепродукты	12	12	100	4,0	18 + 16 + 19 + 17,6 + 17 + 16 + 17 + 18 + 17 + 17 + 18 + 19,4 = 210	17,5	3,19	12,8		
N <sub>аммонийный</sub>	12	12	100	4,0	25,6 + 20,5 + 21,8 + 20,5 + 23,1 + 20,5 + 21,8 + 21,8 + 23,6 + 23,6 + 23,6 = 270	22,5	3,31	13,2		
СПАВ	12	12	100	4,0	2,5 + 2,6 + 2,9 + 1,2 + 1,4 + 1,4 + 1,8 + 1,7 + 1,2 + 2,1 + 2,1 + 2,1 = 23,0	1,92	1,92	7,68		
Медь	12	12	100	4,0	40 + 44 + 25 + 17 + 14 + 18 + 12 + 38 + 23 + 29 + 8 + 9 = 277	23,1	3,33	13,3		
Цинк	11	9	81,8	4,0	3,4 + 2,4 + 2,5 + 1,7 + 1,5 + 1,9 + 3,0 + 1,7 + 1,2 = 19,3	2,14	2,02	8,08		
Никель	12	11	91,7	4,0	1,2 + 1,7 + 1,5 + 1,6 + 1,2 + 1,6 + 1,6 + 1,1 + 2,3 + 1,5 + 1,5 = 16,8	1,53	1,53	6,12		

Расчет комплексных показателей степени загрязненности воды. Значения комбинаторного индекса загрязненности воды  $S_A$  в створе А определяют как сумму обобщенных оценочных баллов по каждому ингредиенту:

$$S_A = 7,88 + 8,28 + 12,6 + 11,2 + 12,8 + 13,2 + 7,68 + 13,3 + 8,08 + 6,12 = 101,1.$$

Вычисляют удельный комбинаторный индекс загрязненности воды  $S'_A$ :

$$S'_A = \frac{101,1}{16} = 6,32$$

По значениям обобщенных оценочных баллов и условию  $S_{ij} \geq 9$  находят число КПЗ:  $F = 5$  (нитритный азот, фенолы, нефтепродукты, аммонийный азот, соединения меди).

Вычисляют коэффициент запаса  $k$ :

$$k = 1 - 0,1 \times 5 = 0,5$$

Определяют класс загрязненности воды.

Используя прил. 9, подбирают градации класса качества воды, в пределах которых находится значение комбинаторного индекса загрязненности воды  $S_j$ . Пределы определяют по формуле

$$L = kNx,$$

где  $k$  – коэффициент запаса;

$N$  – число ингредиентов, взятых для расчета  $S_j$ ;

$x$  – натуральное число, возрастающее от 1 до 11 в зависимости от класса и разряда.

В данном примере  $kN = 0,5 \times 16 = 8$ ; предельные значения  $x = (10; 11)$ . Тогда  $L = (80,0; 88,0)$ . Значение комбинаторного индекса загрязненности, равное 101,1, превосходит наиболее высокие пределы градаций, поэтому воду реки  $P$  в створе А в 1997 г. по комплексу исследуемых ингредиентов характеризуют как «экстремально грязную» и относят к 5-му классу с наихудшим качеством воды.

Результат выполнения задания: оценено загрязнение гидросферы, рассчитан комбинаторный индекс загрязненности воды.

Практическая работа № 4.

### Определение нормативов допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Цель задания: Рассчитать нормативы допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

Порядок выполнения задания:

Основным фактором при расчете НДС веществ отдельного выпуска является кратность разбавления сточных вод водой водоема, определяемая соотношениями расходов водного объекта и сбрасываемых сточных вод и концентраций веществ в воде водного объекта и в сбрасываемых в него сточных водах.

Величина НДС определяется по формуле:

$$\text{НДС}_i = q \times C_{\text{НДС}_i} \quad (1)$$

где  $q$  - расчетный максимальный часовой расход сточной воды на выпуске в водный объект,  $\text{м}^3/\text{ч}$  (принимается по проектным материалам);

$C_{\text{НДС}_i}$  - значение концентрации  $i$ -ого загрязняющего вещества в сточных водах, обеспечивающее нормативное качество воды в водном объекте в контрольном створе,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ .

$C_{\text{НДС}_i}$  определяется по балансовому уравнению:

$$C_{\text{НДС}_i} = \frac{Q+q}{q} (C_{\text{Н}_i} - C_{\text{Ф}_i}) + C_{\text{Ф}_i} \quad (2)$$

где  $Q$  - расчетный расход воды водного объекта,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$C_{\text{Н}_i}$  - предельно допустимая концентрация или нормативное содержание вещества в водном объекте,  $\text{мг}/\text{дм}^3$

$C_{\text{Ф}_i}$  - фоновая концентрация этого же вещества в водном объекте до выпуска в него сточных вод,  $\text{мг}/\text{дм}^3$

Из (3) соотношения расходов или концентраций:

$$\frac{Q+q}{q} = \frac{C_{\text{НДС}_i} - C_{\text{Ф}_i}}{C_{\text{Н}_i} - C_{\text{Ф}_i}} = n \quad (3)$$

Формулы для определения  $C_{\text{НДС}_i}$  с учетом разбавления примут вид:

для консервативных веществ:

$$C_{\text{НДС}_i} = C_{\text{Ф}_i} + n(C_{\text{Н}_i} - C_{\text{Ф}_i}), \quad (4)$$

для неконсервативных веществ:

$$C_{\text{НДС}_i} = C_{\text{Ф}_i} + n(C_{\text{Н}_i} - C_{\text{Ф}_i}) \times e^{-kt}, \quad (5)$$

где  $n$  - общая кратность разбавления;

$k$  - коэффициент неконсервативности,  $1/\text{сек}$  (принимается по приложению А);

$t$  - время добегающего потока до контрольного створа,  $\text{сек}$ .

Движение сточных вод, выходящих из выпускной трубы, представляет собой турбулентный струйный процесс. В связи с различными величинами скоростей струй речного потока и сточной жидкости будет происходить обмен конечными массами жидкости и поперечный перенос количества движения и вещества, дающий начальное разбавление  $n_n$ . В дальнейшем сточные воды будут смешиваться с водами водного объекта за счет турбулентности потока.

Полное разбавление, таким образом, составит:

$$n = n_n \cdot n_0 \quad (6)$$

где  $n_n$  - кратность начального разбавления сточных вод;

$n_0$  - кратность основного разбавления сточных вод.

Величина  $n$  зависит от типа водного объекта, особенностей выпуска и других факторов.

### 8.1 Определение кратности разбавления сточных вод в водотоках

По методике начальное разбавление учитывается при выпуске сточных вод в водный объект:

- при соотношении скоростей речного потока  $V_p$  и сточных вод  $V_{\text{СТ}}$

$$V_{\text{СТ}} \geq 4V_p$$

- при абсолютных скоростях истечения струи из выпуска более  $2 \text{ м}/\text{с}$ .

При меньших скоростях расчет начального разбавления не производится.

Алгоритм расчета:

- вычисляются соотношения

$$m = \frac{V_p}{V_{ст}} \quad (7)$$

где  $V_0$  - скорость на оси струи, м/с;

$m$  - отношение скоростей речного потока и выпуска сточных вод.

$$\bar{d} = \frac{d}{d_0}$$

По номограмме (Рисунок 1) находится значение  $\bar{d}$  где  $d_0$  - диаметр выпускного отверстия,  $d$  - диаметр загрязненного пятна в граничном створе начального разбавления. Если  $d < H$  ( $H$  - глубина реки в месте сброса), то по номограмме (Рисунку 2) находится кратность начального разбавления  $n_H$ .

При  $d > H$  по номограмме (Рисунок 3) определяют поправочный коэффициент  $f(H/d)$ , на который умножается величина  $n_H$ .

Графический метод определения может быть заменен расчетом по следующим формулам:

а) без учета стеснения струи  $d < H$

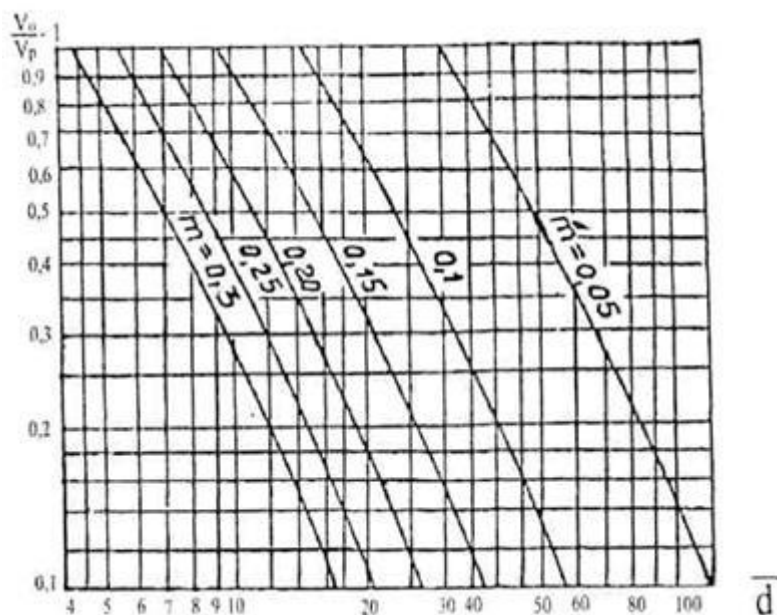
$$n_H = \frac{q_H}{q} = \frac{0,248}{1-m} \bar{d}^2 \left( \sqrt{m^2 + 8,1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m \right) \quad (8)$$

б) с учетом стеснения струи  $d > H$

$$n_H = \frac{q_H}{q} = \frac{0,248}{1-m} \bar{d}^2 \left( \sqrt{m^2 + 8,1 \cdot \frac{1-m}{\bar{d}^2}} - m \right) f\left(\frac{H}{d}\right) \quad (9)$$

где  $q$  - расход сточных вод, сбрасываемый в водоток, м<sup>3</sup>/с;

$q_H$  - расход струи, получившей начальное разбавление, м<sup>3</sup>/с;



$$\bar{d} = \frac{d}{d_0}$$

Рис. 1. Номограмма для определения диаметра нестесненной струи

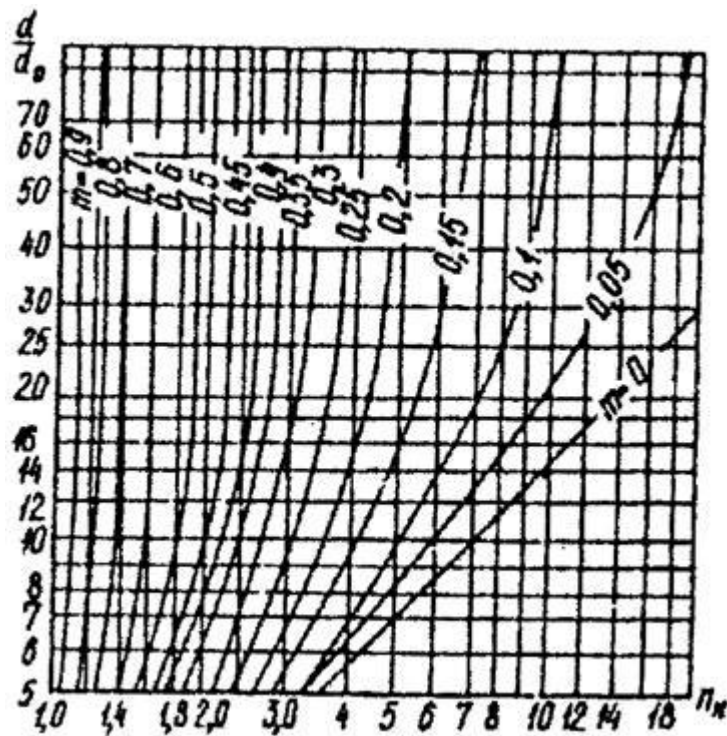


Рис. 2. Номограмма для определения начального разбавления в потоке

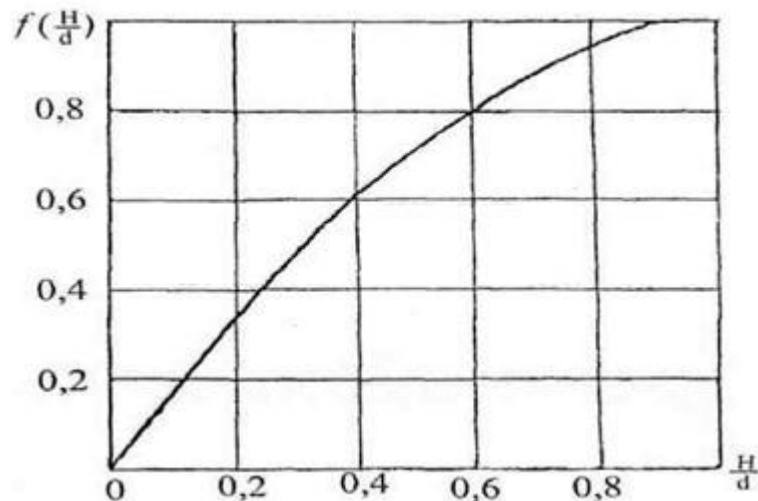


Рис.3. Номограмма для определения поправочного коэффициента

Расчет основного разбавления выполняется по методу В.А. Фролова - Н.Д. Родзиллера, основанного на уравнениях сохранения вещества и единичного турбулентного переноса вещества. При этом в перемешивании учитывается не весь расход, а часть его, определяемая коэффициентом смешения.

Кратность основного разбавления определяется по формуле:

$$n_0 = \frac{\gamma Q + q}{q} \quad (10)$$

Величина коэффициента смешения  $\gamma$  зависит от гидравлических и морфологических особенностей реки и определяется на основе эмпирической зависимости

$$\gamma = \frac{1 - \exp(-\alpha \lambda \sqrt{L_\Phi})}{1 + \frac{Q}{q} \exp(-\alpha \lambda \sqrt{L_\Phi})} \quad (11)$$

где  $\alpha$  - коэффициент, учитывающий гидравлические условия в реке, определяемый по формуле:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi_3 \sqrt{\frac{D}{q}} \quad (12)$$

$j$  - коэффициент извилистости (отношение расстояния до контрольного створа по фарватеру к расстоянию по прямой), определяемый по формуле:

$$j = L_{\Phi}/L_{\Pi}; \quad (13)$$

$x$  - коэффициент, зависящий от места выпуска сточных вод (при выпуске у берега  $x = 1$ , при выпуске в стрежень реки  $x = 1,5$ );

$D$  - коэффициент турбулентной диффузии, для летнего времени определяемый по формуле:

$$D = \frac{gVH}{37n_{ш}C_{ш}^2} \quad (14)$$

$g$  - ускорение свободного падения равно 9,81 м/с<sup>2</sup>;

$n_{ш}$  - коэффициент шероховатости ложа реки,

$C_{ш}$  - коэффициент Шези, м<sup>1/2</sup>/с, определяемый по формуле Н.Н. Павловского,

$$C_{ш} = R^y/n_{ш} \quad (15)$$

где  $R$  - гидравлический радиус потока, м ( $R \gg H$ );

$n_{ш}$  - коэффициент шероховатости русла водотока

параметр  $y$ , определяется по уравнению

$$y = 2,5\sqrt{n_{ш}} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n_{ш}} - 0,1)$$

Таблица 8

Коэффициенты шероховатости ( $n_{ш}$ ) для открытых русел водотоков (по М.Ф. Срибному)

Характер ложа	$n_{ш}$
Реки в весьма благоприятных условиях (чистое прямое ложе со свободным течением, без обвалов и глубоких промоин)	0,025
Реки в благоприятных условиях течения	0,030
Реки в сравнительно благоприятных условиях, но с некоторым количеством камней и водорослей	0,035
Реки, имеющие сравнительно чистые русла, извилистые, с некоторыми неправильностями в направлении струй, или же прямые, но с неправильностями в рельефе дна (отмели, промоины, местами камни), некоторое увеличение количества водорослей	0,040
Русла (больших и средних рек) значительно засоренные, извилистые и частично заросшие, каменистые, с беспокойным течением. Поймы больших и средних рек, сравнительно разработанные, покрытые нормальным количеством растительности (травы, кустарник)	0,050
Порожистые участки равнинных рек. Галечно-валунные русла горного типа с неправильной поверхностью водного зеркала. Сравнительно заросшие, неровные, плохо разработанные поймы рек (промоины, кустарники, деревья, с наличием заводей)	0,067
Реки и поймы весьма заросшие (со слабым течением) с большими глубокими промоинами. Валунные, горного типа, русла с бурливым пенистым течением, с изрытой поверхностью водного зеркала (с летящими вверх брызгами воды)	0,080
Поймы такие же, как в предыдущей категории, но с сильно неправильным течением, заводями и пр. Горно-водопадного типа русла с крупновалунным строением ложа, перепады ярко выражены, пенистость настолько сильна, что вода, потеряв прозрачность, имеет белый цвет, шум потока доминирует над всеми остальными звуками. Делает разговор затруднительным	0,100
Характеристика горных рек примерно такая же, как и в предыдущей категории. Реки болотного типа (заросли, кочки, во многих местах почти стоячая вода и пр.). Поймы с очень большими мертвыми пространствами, с местными углублениями, озерами и пр.	0,133

для зимнего времени (периода ледостава)

$$D = \frac{gVR_{\Pi P}}{37n_{\Pi P}C_{ш}^2} \quad (16)$$

где  $R_{\Pi P}$ ,  $n_{\Pi P}$  - приведенные значения гидравлического радиуса и коэффициента шероховатости, определяемые по формулам:

$$R_{\Pi P} = 0,5H, \quad (17)$$



$$n_{\text{ПР}} = n_{\text{ш}} \left[ 1 + (n_{\text{г}} / n_{\text{ш}})^{1,5} \right]^{0,67} \quad (18)$$

$n_{\text{л}}$  - коэффициент шероховатости нижней поверхности льда.

Таблица 9

Коэффициенты шероховатости нижней поверхности льда (по П.Н. Белоконю)

Период	$n_{\text{л}}$
Первые 10 суток после ледостава (первая - вторая декада декабря)	0,15 - 0,05
10 - 20 суток после ледостава (последняя декада декабря - начало января)	0,1 - 0,04
20 - 60 суток после ледостава (середина января - первая декада февраля)	0,05 - 0,03
60 - 80 суток после ледостава (конец февраля - начало марта)	0,04 - 0,015
80 - 110 суток после ледостава (март)	0,025 - 0,01

**Примечание** - При подпертых речных бьефах значения коэффициента шероховатости для первых 10 суток и от 10 до 20 суток после ледостава следует уменьшить на 15 %, а от 20 до 60 суток и от 60 до 80 суток после ледостава - на 35 %. Меньшие значения коэффициента шероховатости характерны для гладкого ледяного покрова, большие - для ледяного покрова с торосами и шугой.

Кратность основного разбавления с учетом начального разбавления

$$n_0 = \frac{\gamma(Q - q_{\text{Н}} + q) + q_{\text{Н}}}{q_{\text{Н}}}$$

Результат выполнения задания: рассчитан норматив допустимых сбросов загрязняющих веществ в водные объекты.

#### Критерии оценки работ 1 модуля

Модуль 1. Практическое задание оценивается в 10 баллов за 1 задание.

**Критерии оценки** (в баллах) в соответствии рейтинг плану по максимальному и минимальному количеству баллов:

**1 балл** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание и при решении допущены 2 грубые ошибки.

**2 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание и при решении допущены 1 грубая ошибка.

**3 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 3 значительные ошибки.

**4 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 2 значительные ошибки.

**5 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 1 значительная ошибка.

**6 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы заметны пробелы в теоретических знаниях.

**7 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены 3 несущественные ошибки.

**8 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены 2 несущественные ошибки.

**9 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущена 1 несущественная ошибка.

**10 баллов** выставляется студенту, если продемонстрировал знания, умения и навыки по пониманию и раскрытию основных вопросов охраны водных объектов от загрязнения.

#### Критерии оценки работ 2 модуля

Модуль 2. Практическое задание оценивается в 10 баллов за 1 задание.

**Критерии оценки** (в баллах) в соответствии рейтинг плану по максимальному и минимальному количеству баллов:

**1 балл** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание и при решении допущены 2 грубые ошибки.

**2 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание и при решении допущены 1 грубая ошибка.

**3 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 3 значительные ошибки.

**4 балла** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 2 значительные ошибки.

**5 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы студент не полностью выполнил задание или при решении допущены 1 значительная ошибка.

**6 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы заметны пробелы в теоретических знаниях.

**7 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены 3 несущественные ошибки.

**8 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущены 2 несущественные ошибки.

**9 баллов** выставляется студенту, если при выполнении практической работы допущена 1 несущественная ошибка.

**10 баллов** выставляется студенту, если продемонстрировал знания, умения и навыки по пониманию и раскрытию основных вопросов охраны водных объектов от загрязнения.

### **Задания для контрольной работы**

Описание контрольной работы: Письменная контрольная работа направлена на оценивание усвоения ЗУН, направлена на оценивание теоретических знаний по дисциплине. Контрольная работа в 1 варианте, в варианте 5 вопросов. Каждый ответ на вопрос оценивается в 3 балла, согласно рейтинг-плану.

#### **Модуль 1.**

##### **Вопросы текущего контроля.**

1. Возобновляемые водные ресурсы России.
2. Оценка качества воды в различных природных объектах.
3. Критерии оценки водных ресурсов.
4. Основные классификации показателей качества воды.
5. Порядок расчета индекса качества воды.

##### **Критерии оценки (в баллах):**

**3 балла** выставляется студенту в случае полного ответа варианта контрольной работы, с демонстрацией глубокого знания материала темы вопроса с применением специальной терминологии, грамотного изложения материала оформленного в соответствии с требованиями.

**2 балла** выставляется студенту за поверхностный ответ, неумение владеть специальной терминологией.

**1 балл** ставится студенту, не давшему полный ответ на вопрос контрольной работы, не владеющему терминологией по дисциплине.

#### **Модуль 2.**

##### **Вопросы текущего контроля.**

1. Виды сточных вод, отводимых на промышленных предприятиях.
2. Категории рыбохозяйственных водных объектов.
3. Порядок расчета комбинаторного индекса загрязненности воды.
4. Источники и следствия загрязнения водных объектов азотом, фосфором и другими биогенными элементами.
5. Источники и следствие загрязнения водных объектов тяжелыми металлами.

**Критерии оценки (в баллах):**

**3 балла** выставляется студенту в случае полного ответа варианта контрольной работы, с демонстрацией глубокого знания материала темы вопроса с применением специальной терминологии, грамотного изложения материала оформленного в соответствии с требованиями.

**2 балла** выставляется студенту за поверхностный ответ, неумение владеть специальной терминологией.

**1 балл** ставится студенту, не давшему полный ответ на вопрос контрольной работы, не владеющему терминологией по дисциплине.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Догановский А.М. Гидрология суши (общий курс): учебник / А. М. Догановский. - Санкт-Петербург: РГГМУ, 2012. - 523 с. (Абонемент № 8 – 15 экз.)
2. Управление водохозяйственными комплексами Республики Башкортостан: справочник / Федеральное государственное бюджетное учреждение по мониторингу водных объектов бассейнов рек Белой и Урала; В. С. Горячев; А. С. Малмыгин [и др.]. - Уфа: Инеш, 2012. - 488 с. (Абонемент № 8 – 32 экз.)

#### **Дополнительная литература:**

3. Гареев А.М. Оптимизация водоохранных мероприятий в бассейне реки [Электронный ресурс]: монография / А.М. Гареев. - С-Пб: Гидрометеиздат, 1995. <URL:[https://elib.bashedu.ru/dl/read/Gareev\\_Monograf.pdf](https://elib.bashedu.ru/dl/read/Gareev_Monograf.pdf)>.

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru//>
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
4. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
5. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
6. Электронная библиотека диссертаций РГБ - <http://diss.rsl.ru/>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования SCOPUS - <http://www.gpntb.ru>
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования Web of Science - <http://www.gpntb.ru>

#### **Программное обеспечение:**

1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.
2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.
3. Система централизованного тестирования БашГУ - <http://moodle.bashedu.ru>

## 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
<p><b>1. учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа:</b> аудитория № 709 (гуманитарный корпус).</p> <p><b>2. учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа:</b> аудитория № 709 (гуманитарный корпус).</p> <p><b>3. учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций:</b> аудитория № 709 (гуманитарный корпус), аудитория № 808И (гуманитарный корпус), аудитория № 806И (гуманитарный корпус).</p> <p><b>4. учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации:</b> аудитория № 709 (гуманитарный корпус), аудитория № 808И (гуманитарный корпус), аудитория № 806И (гуманитарный корпус), аудитория № 709И Лаборатория ИТ (компьютерный класс) (гуманитарный корпус).</p> <p><b>5. помещения для самостоятельной работы:</b> аудитория № 704/1 (гуманитарный корпус); абонемент №8 (читальный зал) (ауд. 815И) (гуманитарный корпус)</p> <p><b>6. помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:</b> № 820И (гуманитарный корпус).</p>	<p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 709</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B 570 15.6» Inte Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo формат 183*244см</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 808И</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B 570 15.6» Inte Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo формат 183*244см</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 806И</b></p> <p>Учебная мебель, доска, мультимедийный проектор BenQMX511(DLP.XGA.2700 ANSI.High Contrast Ratio 3000, ноутбук LenovoIdeaPadB570 15.6» IntelCorei32350M 4Gb, экран на штативе ScreenMediaApollo формат 183*244см</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 709И</b></p> <p style="text-align: center;"><b>Лаборатория ИТ (компьютерный класс)</b></p> <p>Учебная мебель, доска, персональные компьютеры в комплекте № 1 iRUCorр 510 (13 шт.).</p> <p style="text-align: center;"><b>Аудитория № 704/1</b></p> <p>Учебная мебель, доска, персональные компьютеры: процессор Thermaltake Intel Core 2 Duo, монитор Acer AL1916W, Window Vista, монитор 19" LG L1919S BF Black (LCD&lt;TFT, 8ms, 1280×1024, 250 кд/м, 1400:1,4:3 D-Sub), процессор InWin, Intel Core 2 Duo, монитор Flatron 700, процессор «Кламас», монитор Samsung MJ17 ASKN /EDC, процессор «Intel Inside Pentium 4», мышшь и клавиатура.</p> <p style="text-align: center;"><b>Абонемент №8 (читальный зал)</b></p> <p>Учебная мебель, компьютеры в сборе (системный блок Powercool\Ryzen 3 2200G (3.5)\ 8Gb\ A320M \HDD 1Tb\ DVD-RW\450W\ Win10 Pro\ Кл-раUSB\ МышьUSB\ LCDМонитор 21,5"- 3 шт.)</p> <p style="text-align: center;"><b>Помещение № 820И</b></p> <p>Учебно-наглядные пособия, мультимедийный проектор BenQ MX511 DLP XGA 2700 ANSI High Contrast Ratio 3000, ноутбук Lenovo Idea Pad B570 15.6 Intel Corei 32350M 4Gb, экран на штативе Screen Media Apollo - 183×244см</p>	<p>1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор №104 от 17.06.2013 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор №114 от 12.11.2014 г. Лицензии бессрочные.</p> <p>3. Система централизованного тестирования БашГУ (Moodle)</p>