

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО  
Директор института заочного  
образования  
  
/Списивцева С.Е./  
«30» 05 2019 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор института  
Уваров В. А.   
«30» 05 2019 г.  


**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**

Физико-химические методы подготовки природных вод  
(наименование дисциплины, модуля)

Направление подготовки(специальность):

08.03.01 «Строительство»

(шифр и наименование направления бакалавриата, магистра, специальности)

Направленность программы (профиль, специализация):

Водоснабжение и водоотведение

(наименование образовательной программы (профиль, специализация))

Квалификация

бакалавр

(бакалавр, магистр, специалист)

Вид деятельности

Изыскательская и проектно-конструкторская

Форма обучения:

заочная

(очная, заочная и др.)


**Институт: архитектурно-строительный**

**Кафедра: теплогазоснабжения и вентиляции**

Белгород – 2019


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», утвержденного приказом № 481 от 31.05.2017г.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2019 году.

Составитель (составители): к. т. н., доцент  (С.В. Староверов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » 05 2019 г., протокол № 12

Заведующий кафедрой: д. т. н., проф.  (В.А. Уваров)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 30 » 05 2019 г., протокол № 10

Председатель к. т. н., доц.  (А.Ю. Феоктистов)  
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения при прохождении практики
Изыскательный	ПРК-1	ПРК-1.4 Оценка качества воды	Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта
Проектный	ПКО-1	ПКО-1.1 Выбор исходных данных для проектирования системы водоснабжения (водоотведения)	Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта
		ПКО-1.2 Выбор нормативно-технических и нормативно-методических документов для проектирования системы или сооружений водоснабжения (водоотведения)	Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта
		ПКО-1.3 Выбор типовых технических (технологических) решений системы водоснабжения (водоотведения) в соответствии с техническим заданием	Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта
		ПКО-1.4 Выбор типового компоновочного решения системы (сооружений) водоснабжения (водоотведения)	Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта

		<p>ПКО-1.5 Расчет и выбор технологического оборудования для сооружения водоснабжения (водоотведения)</p>	<p>Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта</p>
	ПКО-2	<p>ПКО-2.4 Расчет основных технологических параметров работы системы (сооружений) водоснабжения (водоотведения)</p>	<p>Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта</p>
		<p>ПКО-2.5 Подготовка текстовой части проектной документации системы (сооружений) водоснабжения (водоотведения)</p>	<p>Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта</p>
Технологический	ПКО-3	<p>ПКО-3.4 Контроль и разработка мер по оптимизации технологических процессов работы станций водоподготовки</p>	<p>Собеседование, устный опрос, зачет при защите расчетно-графического задания, курсового проекта</p>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция ПКО-1** Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

Стадия	Наименования дисциплины
1	Водоотведение и очистка сточных вод
2	Санитарно-техническое оборудование зданий. Насосные станции
3	Строительные конструкции и технология возведения объектов водоснабжения и водоотведения
4	Основы промышленного водоснабжения и водоотведения
5	Гидротехнические сооружения
6	Автоматизация систем водоснабжения и водоотведения
7	Сети и сооружения водоснабжения и водоотведения
8	Водное хозяйство промышленных предприятий
9	Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения
10	Основы автоматизированного проектирования санитарно-технических систем
11	Процессы и аппараты водоподготовки и очистки вод
12	Водоснабжение и подготовка природных вод
13	Физико-химические и химико-биологические методы очистки сточных вод
14	Основы автоматизированного проектирования сетей водоснабжения и водоотведения
15	Производственная исполнительная практика (6)
16	Производственная преддипломная практика (4)

**Компетенция ПКО-2** Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

Стадия	Наименования дисциплины
1	Водоотведение и очистка сточных вод
2	Санитарно-техническое оборудование зданий. Насосные станции
3	Строительные конструкции и технология возведения объектов водоснабжения и водоотведения
4	Основы промышленного водоснабжения и водоотведения
5	Гидротехнические сооружения
6	Математическое моделирование систем водоснабжения и водоотведения
7	Сети и сооружения водоснабжения и водоотведения
8	Водное хозяйство промышленных предприятий
9	Реконструкция систем водоснабжения и водоотведения
10	Основы автоматизированного проектирования санитарно-технических систем
11	Процессы и аппараты водоподготовки и очистки вод
12	Водоснабжение и подготовка природных вод

13	Физико-химические и химико-биологические методы очистки сточных вод
14	Основы автоматизированного проектирования сетей водоснабжения и водоотведения
15	Производственная исполнительная практика (6)
16	Производственная преддипломная практика (4)

**Компетенция ПКО-3** Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

Стадия	Наименования дисциплины
1	Контроль качества воды
2	Водоотведение и очистка сточных вод
3	Санитарно-техническое оборудование зданий. Насосные станции
4	Строительные конструкции и технология возведения объектов водоснабжения и водоотведения
5	Основы промышленного водоснабжения и водоотведения
6	Гидротехнические сооружения
7	Сети и сооружения водоснабжения и водоотведения
8	Водное хозяйство промышленных предприятий
9	Процессы и аппараты водоподготовки и очистки вод
10	Водоснабжение и подготовка природных вод
11	Физико-химические и химико-биологические методы очистки сточных вод
12	Производственная технологическая практика (4)

**Компетенция ПРК-1** Способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата

Стадия	Наименования дисциплины
1	Контроль качества воды
2	Водоотведение и очистка сточных вод
3	Гидротехнические сооружения
4	Сети и сооружения водоснабжения и водоотведения
5	Водное хозяйство промышленных предприятий
6	Водоснабжение и подготовка природных вод
7	Физико-химические и химико-биологические методы очистки сточных вод
8	Производственная исполнительная практика (6)
9	Производственная преддипломная практика (4)

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7	Семестр № 8	Семестр № 9
Общая трудоемкость дисциплины, час	180	2	86	92
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	16	2	4	10
лекции	6	2	0	4
лабораторные	-	-	-	-
практические	8	-	4	4
консультации	2			2
<b>Самостоятельная работа студентов, в том числе:</b>	164	-	82	82
Курсовой проект	-		-	-
Курсовая работа	-	-	-	-
Расчетно-графическое задания	-	-	-	-
Индивидуальное домашнее задание	18	-	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	146	-	73	73
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	зачет	-	зачет	-
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	экзамен	-	-	экзамен

*Примечание: предусматривать не менее*

*0,5 академического часа самостоятельной работы на 1 час лекций,*

*1 академического часа самостоятельной работы на 1 час лабораторных и практических занятий,*

*36 академических часов самостоятельной работы на 1 экзамен,*

*54 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовой проект,*

*36 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовую работу,*

*18 академических часов самостоятельной работы на 1 расчетно-графическую работу,*

*9 академических часов самостоятельной работы на 1 индивидуальное домашнее задание.*

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем

#### Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	5
1. Состав природных вод, улучшение их качества.					
1.	Состав природных вод и способы оценки их качества. Классификация примесей по фазово-дисперсному состоянию	2	-	-	-
	<b>ИТОГО</b>	2	-	-	-

#### Курс 5 Семестр 9

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	5
2. Очистка природных вод					
1.	Физико-химические методы очистки природной воды. Умягчение, опреснение и обессоливание воды. Способы обеззараживания природных вод. Химические и физические методы обеззараживания природных вод. Специальная обработка природных вод. Методы специальной обработки. Кондиционирование.	4	4	-	82
	<b>ИТОГО</b>	4	4	-	82

*Примечание: в колонку «самостоятельная работа» входят подготовка к лекционным, практическим, лабораторным занятиям.*



## 4.2.Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во лекц. часов	К-во часов СРС
семестр № 8				
1	Водоочистка	Расчет концентрации общего и двухвалентного железа в подземных водах	1	12
		Расчет грязеемкости фильтрующих материалов	1	12
		Расчет дозы гипохлорита натрия для обезжелезивания, удаления марганца, обеззараживания	2	22
Семестр № 9				
2	Проектирование сооружения для очистки вод	Расчет ионообменной емкости	1	10
		Подбор обратноосмотических установок	1	12
		Примеры на расчет отстойников и сгустителей	1	6
3	Оптимизация работ водоочистой станции	Примеры компоновки генплана сооружений водоподготовки, коммуникации площадки очистных сооружений.	1	8
ИТОГО:			8	82

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

*(Приводятся контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины, а также для контроля самостоятельной работы обучающегося по отдельным разделам дисциплины. Можно привести отдельный перечень для текущего и промежуточного контроля).*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Параметры источников водоснабжения.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Характеристика источников водоснабжения.</li><li>2. Основные существующие технологические схемы водоподготовки.</li><li>3. Минеральный состав воды. Способы оценки качества природных вод. Состав природных вод: поверхностных и подземных.</li><li>4. Параметры, характеризующие химические свойства воды: рН, жесткость, щелочность, перманганатная окисляемость, растворенные газы (CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и др.), биогенные вещества, микроэлементы, азотсодержащие вещества, органические гумусовые вещества, соли фульвокислот и др.</li><li>5. Примеси, присутствующие в природной воде. Взвешенные вещества (суспензии, эмульсии, микроорганизмы). Коллоидные вещества. Молекулярные растворы. Классификация примесей по фазово-дисперсному состоянию и процессы, используемые для их удаления.</li><li>6. Понятие «токсичные компоненты природных вод».</li><li>7. Основные типы реакций, используемых при химической обработке природных вод.</li><li>8. Окислительно-восстановительные реакции в технологии подготовки воды. Выбор окислителя. Характеристика окислителя.</li></ol>
2	Обработка и очистка природных вод.	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Физико-химические основы коагулирования и флокуляции примесей воды. Выбор коагулянта. Строение мицелл. <math>\xi</math>-потенциал. Факторы, влияющие на <math>\xi</math>-потенциал.</li><li>2. Выбор процессов разделения хлопьев при коагуляции при коагуляции и флокуляции примесей воды.</li><li>3. Адсорбционная очистка воды. Область применения адсорбции. Осуществление процесса. Окислительно-сорбционные методы очистки природных вод.</li><li>4. Природные сорбенты для водоподготовки. Адсорбция на активном угле. Регенерация активного угля. Модифицирование сорбентов.</li><li>5. Полусинтетические сорбенты. Сорбенты на основе торфа. Биосорберы. Выбор дозы коагулянта. Коагуляционная кривая.</li></ol>

		<ol style="list-style-type: none"><li>6. Способы обеззараживания природных вод. Осуществление процесса обеззараживания природных вод на примере хлорирования.</li><li>7. Озонирование, как способ обеззараживания природных вод. Осуществление процесса озонирования.</li><li>8. Сущность метода электрокоагуляции примесей природной воды.</li><li>9. Обезжелезивание природных вод.</li><li>10. Методы деманганации природных вод.</li><li>11. Способы умягчения, опреснения и обессоливания воды.</li><li>12. Очистка воды от радиоактивных веществ. Методы дезактивации. Удаление из воды тяжелых металлов.</li><li>13. Водоочистка с применением магнитных полей.</li><li>14. Специальная обработка природной воды. Методы специальной обработки. Кондиционирование природной воды.</li><li>15. Способы водоподготовки подземных вод. Существующие технологические схемы водоподготовки подземных вод. Недостатки существующих технологий.</li><li>16. Электрохимическое коагулирование.</li><li>17. Методы обеззараживания воды. Хлорирование воды.</li><li>18. Выбор дозы коагулянта. Коагуляционная кривая.</li><li>19. Окислительно-сорбционный метод обработки воды. Окислители, применяемые в водоподготовке. Выбор окислителя.</li><li>20. Озонирование воды.</li><li>21. Теоретические основы умягчения воды. Реагентные методы умягчения воды.</li><li>22. Примеси в природной воде. Влияние примесей воды на её качество.</li><li>23. Магнитная и акустическая обработка воды с целью предотвращения образования отложений карбоната кальция.</li><li>24. Сущность процесса фильтрования, классификация фильтров по принципу действия. Фильтрующие материалы.</li><li>25. Классификация основных технологических схем. Основные критерии выбора технологической схемы для подготовки питьевой воды.</li><li>26. Осветление воды осаднением. Типы отстойников и область их применения.</li><li>27. Физико-химические основы коагулирования и флокуляции примесей воды. Выбор коагулянта. Реагенты, применяемые в водоподготовке. Контактная коагуляция. Выбор дозы коагулянта. Коагуляционная кривая.</li><li>28. Теоретические основы осветления воды в поле центробежных сил.</li><li>29. Типы осветлителей и область их применения.</li><li>30. Экологические аспекты водоочистки природных вод.</li></ol>
--	--	---

## 5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Не предусмотрены

## 5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

а) в 8 семестре – индивидуальные домашние задания

### Перечень индивидуальных домашних заданий:

1. Вычислите БПК<sub>5</sub> и ХПК раствора этанола с концентрацией 200 мг·л<sup>-1</sup>, если константа  $k^*$  процесса окисления (при определении БПК) равна 0,2 сут<sup>-1</sup>. Удельное БПК<sub>полн</sub> спирта равно 1,82 мг О·мг<sup>-1</sup>.
2. Смешиваются сточные воды с расходом 2, 10 и 100 тыс.м<sup>3</sup>·сут<sup>-1</sup> и концентрациями по БПК<sub>полн</sub> соответственно 500, 380 и 220 мг О·л<sup>-1</sup>. Определите БПК<sub>полн</sub> смеси и отметьте условия, при которых задача может быть решена.
3. Вычислите среднюю статистическую простейшую формулу беззольного вещества и удельное ХПК ила, если анализом по методу сжигания пробы активного ила найдено, что беззольное вещество имеет следующий состав (масс. %): С–49, Н – 8, N – 10 О – 33.
4. Рассчитайте константу скорости биоокисления  $k^*$ , если экспериментально установлено, что БПК<sub>полн</sub> наблюдается на 13 сутки инкубации пробы. Какую долю от БПК<sub>полн</sub> в этом случае составляет БПК<sub>5</sub>?
5. Вычислите % (долю) циркуляционного (возвратного) ила, если доза ила в аэротенке  $C_a = 1,6 \text{ г·л}^{-1}$ , доза (концентрация) возвратного ила в регенераторе  $C_b = 5,4 \text{ г·л}^{-1}$  и прирост ила  $Pr = 120 \text{ мг·л}^{-1}$ .
6. Вычислите БПК<sub>полн</sub> и константу скорости процесса окисления сточных вод  $k^*$ , если БПК<sub>5</sub> = 216 мг·л<sup>-1</sup>, и время, при котором наблюдается БПК<sub>полн</sub>, составляет 15 суток.
7. Рассчитайте константу биоокисления  $k^*$ , если время полного окисления пробы ПСВ составляет 18 сут. Какую долю от БПК<sub>полн</sub> составляет БПК<sub>5</sub>?
8. Вычислите БПК<sub>5</sub> и ХПК раствора пропилового спирта с концентрацией 120 мг·л<sup>-1</sup>. Константа биоокисления  $k^* = 0,2 \text{ сут}^{-1}$ . БПК<sub>полн</sub> / ХПК = 0,8. Определите время полного окисления пропилового спирта.
9. Вычислите БПК<sub>5</sub> и ХПК раствора уксусной кислоты с концентрацией 112 мг·л<sup>-1</sup>, если константа биоокисления  $k^*$  равна 0,18 сут<sup>-1</sup>. БПК<sub>полн</sub> / ХПК = 0,75. Определите время полного окисления уксусной кислоты.
10. Вычислите БПК<sub>5</sub>, и ХПК раствора фенола с концентрацией 1 мг·л<sup>-1</sup>, если константа биоокисления  $k^*$  равна 0,15 сут<sup>-1</sup>. Отношение БПК<sub>полн</sub> / ХПК равно 0,6. Определите время полного окисления фенола..
11. Определите среднюю статистическую формулу беззольного вещества и удельную ХПК ила, если анализом по методу сжигания пробы активного

ила найдено, что беззольное вещество имеет состав (% масс.): С – 48% , Н – 8% , N – 14% и О –30% .

12. Как изменится нагрузка на ил, если изменить процент регенерации с 20 на 30% при продолжительности аэрации 6,0 час, дозе ила в аэротенке – 1,5 г·л<sup>-1</sup>, в регенераторе – 5,5 г·л<sup>-1</sup>, зольности ила 25%. БПК<sub>5</sub> воды, поступающей в аэротенк, равна 150 мг·л<sup>-1</sup>.
13. Как изменится нагрузка на ил, если изменить процент регенерации с 25 на 35% при продолжительности аэрации 6,8 час, дозе ила в аэротенке – 1,4 г·л<sup>-1</sup>, в регенераторе – 5,6 г·л<sup>-1</sup>, зольности ила 27%. БПК<sub>5</sub> воды, поступающей в аэротенк, равна 200 мг·л<sup>-1</sup>.
14. Определите скорость окисления точных вод, если в аэротенк с 25%-ной регенерацией поступает сточная вода с БПК<sub>5</sub> = 120 мг·л<sup>-1</sup>, а выходит с БПК<sub>5</sub> = 10 мг·л<sup>-1</sup>. Продолжительность аэрации 5,0 час, доза ила в собственно аэротенке 1,6 г·л<sup>-1</sup>, в регенераторе – 6,0 г·л<sup>-1</sup>, зольность ила 20%.
15. Определите скорость окисления, если в аэротенк с 33%-ной регенерацией поступает сточная вода с БПК<sub>5</sub>, равной 210 мг·л<sup>-1</sup>, а выходит с БПК<sub>5</sub> = 20 мг·л<sup>-1</sup>. Продолжительность аэрации 4,5 час, доза ила в собственно аэротенке 1,4 г·л<sup>-1</sup>, в регенераторе – 5,6 г·л<sup>-1</sup>, зольность ила 25%.
16. Трехкоридорный аэротенк работает с 30%-ной регенерацией. Размеры аэротенка: ширина коридора 5 м, глубина коридора 4 м, длина – 50 м. В течение месяца в среднем за сутки работало 3 аэротенкана БОС. За месяц очищено 50 тыс. м<sup>3</sup> с начальной БПК<sub>5</sub> = 290 мг·л<sup>-1</sup>. Определите: 1) среднюю продолжительность аэрации; 2) время пребывания сточных вод в аэротенке; 3) время пребывания циркуляционного ила в регенераторе; 4) общее время окисления снятых загрязнений; 5) нагрузку на единицу объема аэротенка по БПК<sub>5</sub>.
17. В аэротенке объемом 1200 м<sup>3</sup> (глубиной 4 м) за месяц очищено 80 тыс. м<sup>3</sup> ПСВ с начальной БПК<sub>5</sub> = 200 мг·л<sup>-1</sup>. В результате очистки получена сточная вода с БПК<sub>5</sub> = 15 мг·л<sup>-1</sup>. Доза ила в аэротенке в среднем составляла 1,8 г·л<sup>-1</sup>, а в регенераторе – 12 г·л<sup>-1</sup>. Вычислите БПК<sub>5</sub>, время, при котором наблюдается БПК<sub>полн</sub>, и ХПК раствора уксусной кислоты с концентрацией 250 мг·л<sup>-1</sup>, если константа процесса окисления  $k^* = 0,09$  сут<sup>-1</sup>. БПК<sub>полн</sub> / ХПК = 0,8.
18. БПК<sub>5</sub> сточной воды, подаваемой в аэротенк, 250 мг·л<sup>-1</sup>. Среднее время аэрации 7 час. Аэротенк работает с 33%-ной регенерацией. Доза ила в аэротенке 1,5 г·л<sup>-1</sup>, в регенераторе – 5,5 г·л<sup>-1</sup>. Зольность ила равна 28%. Вычислите нагрузку на единицу объема аэротенка и на 1 г беззольного вещества по БПК<sub>5</sub>, а также эффективность очистки воды по БПК<sub>5</sub> и окислительную мощность 1 г беззольного вещества активного ила, если БПК<sub>5</sub> в очищенной сточной воде 15 мг·л<sup>-1</sup>.
19. Вычислите степень использования кислорода при работе аэротенка, если удельный расход воздуха составляет 8 м<sup>3</sup>·(м<sup>3</sup>СВ)<sup>-1</sup>. При очистке ПСВ БПК<sub>5</sub> снизилось с 300 до 24 мг·л<sup>-1</sup>. Очищенная вода содержит 0,5 мг·л<sup>-1</sup> нитритов и 4,0 мг·л<sup>-1</sup> нитратов.

20. БПК<sub>5</sub> ПСВ, поступающей на очистку в аэротенк, равно 250 мг·л<sup>-1</sup>, после очистки – 15 мг·л<sup>-1</sup>. Константа биоокисления k\* равна 0,16 сут<sup>-1</sup>. Содержание нитратов в ПСВ после очистки составляет 4,4 мг·л<sup>-1</sup>, нитритов 2,0 мг·л<sup>-1</sup>. Степень использования кислорода воздуха 9,0%. Вычислите удельный объемный расход воздуха м<sup>3</sup>·(м<sup>3</sup>СВ)<sup>-1</sup> при 20°С. Концентрация кислорода в очищенной воде 5,0 мг·л<sup>-1</sup>.
21. Смешиваются сточные воды с расходом 50, 70 и 120 м<sup>3</sup>·сут<sup>-1</sup> и концентрациями по БПК<sub>полн</sub> соответственно 500, 380 и 220 мг·л<sup>-1</sup>. Определите БПК<sub>полн</sub> смеси, если при смешении в стоках не происходит никаких химических изменений и компоненты не оказывают взаимного токсичного действия при определении БПК.
22. Вычислите % (долю) циркуляционного (возвратного) ила, если доза ила в аэротенке C<sub>а</sub> = 2,0 г·л<sup>-1</sup>, концентрация возвратного ила в регенераторе C<sub>в</sub> = 6,4 г·л<sup>-1</sup> и прирост ила Пр = 170 мг·л<sup>-1</sup>.
23. Вычислите % (долю) циркуляционного (возвратного) ила, если доза ила в аэротенке C<sub>а</sub> = 2,2 г·л<sup>-1</sup>, концентрация возвратного ила в регенераторе C<sub>в</sub> = 7,0 г·л<sup>-1</sup> и прирост ила Пр = 180 мг·л<sup>-1</sup>.
- Расчетно-графическое задание - «Расчет параметров процессов осветления, обезжелезивания, умягчения»

Объем работы: пояснительная записка – 40-50 стр. графическая часть – 2 листа формата А2, А3

#### 5.4. Перечень контрольных работ

В качестве домашнего задания, для самостоятельной подготовки к коллоквиумам, контрольным работам студенты получают контрольные вопросы, которые помогают им ориентироваться в учебном материале и, используя учебную и методическую литературу, а также материал лекций, выполнять индивидуальные задания.

##### Вопросы для самоконтроля

1. Минеральный состав воды. Минерализация воды.
2. Параметры, характеризующие химические свойства воды.
3. Примеси в природной воде. Влияние примесей воды на её качество.
4. Требования к качеству воды и их классификация.
5. Физико-химические основы коагулирования примесей воды.
6. Адсорбционная ёмкость .
7. Строение мицелл. Двойной электрический слой. Электрокинетический потенциал. Потенциалопределяющие ионы.
8. Гидрозоли. Условия образования золя. Изоэлектрическое состояние золя.
9. Гидрофильные и гидрофобные коллоиды.
10. Коагулянты, используемые в технологии очистки воды.

11. Гидролиз, скорость гидролиза, степень гидролиза. Пептизация.
12. Адсорбция. Адсорбция различных примесей на поверхности гидроксидов. Седиментация.
13. Физико-химические основы коагулирования и флокуляции примесей воды. Выбор коагулянта. Реагенты, применяемые в водоподготовке. Контактная коагуляция.
14. Влияние pH воды на коагулирование её примесей.
15. Влияние анионного состава воды на коагулирование примесей.
16. Выбор дозы коагулянта. Коагуляционная кривая.
17. Влияние температуры воды на процесс коагуляции её примесей.
18. Влияние условий перемешивания на процесс коагулирования примесей воды.
19. Реагенты, используемые при водоподготовке. Интенсификация процесса конвективной коагуляции примесей воды.
20. Электрохимическое коагулирование.
21. Предочистка воды фильтрованием через сетки и пористые элементы.
22. Основы процесса предочистки. Макрофильтрование. Микрофильтрование.
23. Окислительно-сорбционный метод обработки воды. Окислители, применяемые в водоподготовке. Выбор окислителя.
24. Осветление воды осаждением. Типы отстойников и область их применения.
25. Теоретические основы осветления воды в поле центробежных сил.
26. Типы осветлителей и область их применения.
27. Принцип действия и теоретические основы работы флотационных установок.
28. Сущность процесса фильтрования, классификация фильтров по принципу действия. Фильтрующие материалы.
29. Методы обеззараживания воды. Хлорирование воды.
30. Электролизные установки для обеззараживания воды.
31. Озонирование воды.
32. Обеззараживание воды бактерицидными лучами.
33. Дегазация воды. Физические и химические методы дегазации воды.
34. Теоретические основы умягчения воды. Реагентные методы умягчения воды.
35. Термический и термохимический методы умягчения воды.
36. Магнитная обработка воды.
37. Умягчение воды катионированием.
38. Методы опреснения и обессоливания воды.
39. Магнитная и акустическая обработка воды с целью предотвращения образования отложений карбоната кальция.
40. Очистка воды от радиоактивных веществ.
41. Очистка воды от синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ).
42. Дезодорация воды, удаление токсичных органических и

минеральных микрозагрязнений.

43. Классификация основных технологических схем.

44. Основные критерии для выбора технологической схемы для подготовки питьевой воды.



## 5.5 Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме дифференцированного зачета, используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по практике	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умение	Умение использовать термины, определения, понятия
	Умение использовать основные закономерности, соотношения, принципы
	Объем освоенного материала
	Способность полностью отвечать на вопросы
	Способность четко излагать и интерпретировать знания
Владение	Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями
	Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы	Знает основные закономерности, соотношения	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения

<i>принципов</i>	<i>построения знаний</i>	<i>, принципы построения знаний</i>	<i>ения знаний, их интерпретирует и использует</i>	<i>знаний, может самостоятельно их получить и использовать</i>
<i>Объем освоенного материала</i>	<i>Не знает значительной части материала дисциплины</i>	<i>Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей</i>	<i>Знает материал дисциплины в достаточном объеме</i>	<i>Обладает твердыми полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями</i>
<i>Полнота ответов на вопросы</i>	<i>Не дает ответы на большинство вопросов</i>	<i>Дает неполные ответы на все вопросы</i>	<i>Дает ответы на вопросы, но не все - полные</i>	<i>Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы</i>
<i>Четкость изложения и интерпретации знаний</i>	<i>Излагает знания без логической последовательности</i>	<i>Излагает знания с нарушениями в логической последовательности</i>	<i>Излагает знания без нарушений в логической последовательности</i>	<i>Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно интерпретируя и анализируя</i>
	<i>Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами</i>	<i>Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками</i>	<i>Выполняет поясняющие рисунки и и схемы корректно и понятно</i>	<i>Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний</i>
	<i>Неверно излагает и интерпретирует знания</i>	<i>Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний</i>	<i>Грамотно и по существу излагает знания</i>	<i>Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы</i>

*Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.*

<i>Критерий</i>	<i>Уровень освоения и оценка</i>			
	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
<i>Умение использовать термины, определения, понятия</i>	<i>Не умеет использовать термины и определения</i>	<i>Умеет использовать термины и определения, но допускает неточности формулировок</i>	<i>Умеет использовать термины и определения</i>	<i>Умеет использовать термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно</i>
<i>Умение использовать основные закономерности и соотношения, принципы</i>	<i>Не умеет использовать основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний</i>	<i>Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний</i>	<i>Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует</i>	<i>Умеет использовать основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать</i>
<i>Объем освоенного материала</i>	<i>Не способен к освоению значительной части материала дисциплины</i>	<i>Способен к освоению только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей</i>	<i>Способен к освоению материала дисциплины в достаточном объеме</i>	<i>Обладает твердыми полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями</i>

Способность полностью отвечать на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Способность четко излагать и интерпретировать знания	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно интерпретируя и анализируя
	Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами	Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Оценка сформированности компетенций по показателю Владения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владение знаниями, терминами, определениями, понятиями	Не владеет терминами и определениями	Владеет терминами и определениями, но допускает неточности формулировок	Владеет терминами и определениями	Владеет терминами и определениями, может корректно сформулировать их самостоятельно
Владение знаниями основных закономерностей, соотношений, принципов	Не владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, их интерпретирует и использует	Владеет основными закономерностями и соотношениями, принципами построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объем освоенного материала	Не владеет значительной частью материала дисциплины	Владеет только основным материалом дисциплины, не усвоил его деталей	Владеет материалом дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердыми полными знаниями материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все - полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Владеет знаниями без логической последовательности	Владеет знаниями с нарушениями в логической последовательности	Владеет знаниями без нарушений в логической последовательности	Владеет знаниями в логической последовательности, самостоятельно интерпретируя и анализируя

	<i>Не способен иллюстрировать поясняющими схемами, рисунками и примерами</i>	<i>Способен выполнять поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками</i>	<i>Способен выполнять поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно</i>	<i>Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний</i>
	<i>Неверно излагает и интерпретирует знания</i>	<i>Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний</i>	<i>Грамотно и по существу излагает знания</i>	<i>Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы</i>

## **6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **6.1. Перечень основной литературы**

1. Фрогг Б.Н., Левченко А.П. Водоподготовка. – М.: МГУ, 2006. 680 с.
2. Николадзе Т.И., Минц Д.И., Кастальский А.А. Подготовка воды для питьевого и промышленного водоснабжения. – М.: Высшая школа, 2004. 368 с.
3. Гончарук В.В., Потапченко М.Т. Современное состояние проблемы обеззараживания воды // Химия и технология воды, 2001. Т. 20. № 2. С. 190-217.
4. Ф. Берне, Ж. Кардонье. Водоочистка. – М.: Химия, 1997. 288 с.
5. Кульский Л.А., Строкач П.П. Технология очистки природных вод. – Киев: Высшая школа, 1999. 327 с.
6. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений. Том второй / М.Г. Журба, Л.И. Соколов, Ж.М. Говорова.- М.: Изд. АСВ, 2004.- 496 с.
7. Таубе П.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды. М.: Высшая школа.1978. – 280 с.

### **6.2. Перечень дополнительной литературы**

1. Таубе Л.Р., Баранова А.Г. Химия и микробиология воды. – М.: высшая школа, 1998. 280 с.
2. Радовенчил В.М., Шутько А.П., Гомеля Н.Д. Водоочистка с использованием магнитных полей // Химия и технология воды, 1995. Т. 17. № 3. С. 274-299.
3. Разумовский С.Д. Озон в процессах восстановления качества воды // Журнал Всероссийского химического общества им. Д.И. Менделеева, 1997. Т. 35. № 1. С. 77-88.
4. Елисеев А.В., Павлов П.Д. Аналитический контроль ионов металлов при очистке вод с помощью коагуляции и флокуляции // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 1999. Т. 65. № 3. С. 8-10.
5. ГОСТ 13273-88 "Воды минеральные питьевые лечебные и лечебно-столовые". М.: Госстандарт СССР, 1988.
6. ГОСТ 2874-82 "Питьевая вода. Гигиенические требования и контроль за качеством". М.: Госстандарт СССР, 1982.
7. ГОСТ Р 51592-2000. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Госстандарт России, 2000. - 31 с.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Лекционные занятия проводятся в аудитории, оборудованной overhead – проектором.

Аудитория для проведения практических занятий, оборудована в соответствии с нормативами, утвержденными Минобразования РФ. Помещение для проведения лабораторных работ снабжено вытяжными устройствами и канализацией. Помещение не используется для хранения реактивов и оборудование студент получает непосредственно перед выполнением лабораторной работы. Занятия проводятся с учетом новейших достижений научно-технического прогресса в этой области знаний в специализированной лаборатории, оснащенной современным оборудованием и необходимыми техническими средствами.

## 8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 201 /20 учебный год.

Протокол № заседания кафедры от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой ТГВ \_\_\_\_\_ В. А. Уваров  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В. А. Уваров  
подпись, ФИО

## ПРИЛОЖЕНИЯ

**Приложение №1.** Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины (включая перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине).

Целью освоения дисциплины "Физико-химические процессы подготовки природных вод" является:

- формирование физико-химического мышления у студентов по очистке воды и стоков;
- обобщение, систематизация, углубление теоретических знаний по химии и микробиологии воды;
- развитие практических умений и навыков решения конкретных производственных задач, связанных с оценкой качества воды и выбором способов обработки природных и сточных вод различного состава.

Задачами освоения дисциплины "Физико-химические процессы подготовки природных вод" являются:

- приобретение знаний о физико-химических процессах, протекающих в природных и сточных водах;
- ознакомление с принципами анализа природных и сточных вод для оценки качества воды, используемой для промышленных и хозяйственно-бытовых целей;
- формирование представлений о современных технологических методах обработки природных и сточных вод и способов их обеззараживания, формирование представлений о бактериологическом анализе вод и о методах биологической очистки сточных вод. Занятия проводятся в виде лекций, лабораторных занятий и практических занятий. Важное значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и итоговый контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, решений задач и выполнения лабораторных задач. Формой итогового контроля в шестом семестре является зачет. В седьмом семестре предусматривается выполнение расчетно-графического задания, проведение опросов. Формой итогового контроля в седьмом семестре является зачет.

Исходный этап изучения курса предполагает ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей границы и содержание учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к лабораторным работам, а также методических указаниях для студентов заочного обучения.

В учебниках и справочных пособиях, представленных в *списке рекомендуемой литературы* содержатся возможные ответы на поставленные вопросы. Инструментами освоения учебного материала являются основные



*термины и понятия*, составляющие категориальный аппарат дисциплины. Их осмысление, запоминание и практическое использование являются обязательным условием овладения курсом.

Для более глубокого изучения проблем курса при подготовке контрольных работ необходимо ознакомиться с публикациями в периодических изданиях. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на вопросы, содержащихся в методических пособиях по курсу. Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине, содержащихся в планах и заданиях к лабораторным работам и методическим указаниям для студентов заочного отделения. Если при ответах на сформулированные в перечне вопросы возникнут затруднения, необходимо очередной раз вернуться к изучению соответствующей темы, либо обратиться за консультацией к преподавателю.

Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

## **1. Введение**

Краткое изложение проблем, сложившихся в водном хозяйстве городов и промышленных предприятий России; обеспечение населения высококачественной питьевой водой, очистка сточных вод, предотвращение загрязнения источников питьевого водоснабжения - поверхностных и подземных вод. Природные воды и требования, предъявляемые к их качеству. Характеристика источников водоснабжения. Основные технологические схемы водоподготовки.

## **2. Состав природных вод и способы оценки их качества. Классификация примесей по фазово-дисперсному состоянию**

Минеральный состав воды; параметры, характеризующие химические свойства воды: рН, жёсткость, щёлочность, перманганатная окисляемость, растворённые газы, диоксид кремния, биогенные вещества, микроэлементы, азотсодержащие вещества, органические и гумусовые вещества, соли фульвокислот и др.

Взвешенные вещества. Коллоидные вещества. Молекулярные растворы. Классификация примесей по фазово-дисперсному состоянию и процессы, используемые для их удаления. Токсичные компоненты природных вод (пестициды, труднорастворимые соединения тяжёлых

металлов, ПАВы, фенолы, серосодержащие соединения, углеводороды и др.). Основные реакции при химической обработке природных вод: реакции с выделением осадка, окислительно-восстановительные, применяемые для удаления примесей из воды. Выбор окислителя.

### **3. Физико-химические методы очистки природной воды**

Цели физико-химической очистки воды. Физико-химические основы коагулирования и флокуляции примесей воды. Выбор коагулянта. Реагенты, применяемые в водоподготовке. Контактная коагуляция. Разделение хлопьев: путём отстоя – осаждения, путём фильтрации, путём коалесценции, путём применения мембранных процессов разделения. Выбор процессов разделения. Фильтрование воды. Сущность процесса фильтрования, классификация фильтров по принципу действия. Теоретические основы очистки воды фильтрованием через зернистые материалы. Фильтрующие материалы. Обработка воды фильтрованием через осадки. Медленные фильтры. Намывные фильтры. Оптимизация режима фильтрования. Адсорбционная очистка воды. Область применения адсорбции. Природные адсорбенты для водоподготовки. Адсорбция на активном угле. Регенерация активного угля. Сорбенты на основе торфа. Модифицирование сорбентов. Полусинтетические сорбенты. Биосорберы. Окислительно-сорбционные методы водоочистки.

### **4. Умягчение, опреснение и обессоливание воды**

Умягчение воды. Теоретические основы умягчения воды, классификация методов. Термический метод умягчения воды. Термохимический метод умягчения воды. Реагентные методы умягчения воды. Умягчение воды катионированием. Умягчение воды диализом. Магнитная обработка воды. Опреснение и обессоливание воды. Методы опреснения, их классификация. Опреснение воды электродиализом. Опреснение воды обратным осмосом. Ионообменный метод опреснения и обессоливания воды.

### **5. Способы обеззараживания природных вод. Химические и физические методы обеззараживания природных вод**

Умягчение воды. Теоретические основы умягчения воды, классификация методов. Термический метод умягчения воды. Термохимический метод умягчения воды. Реагентные методы умягчения воды. Умягчение воды катионированием. Умягчение воды диализом. Магнитная обработка воды. Опреснение и обессоливание воды. Методы опреснения, их классификация. Опреснение воды электродиализом. Опреснение воды обратным осмосом. Ионообменный метод опреснения и обессоливания воды.

## **6. Специальная обработка природных вод. Методы специальной обработки. Кондиционирование**

Методы деманганации, обезжелезивания, опреснения и обессоливания воды. Дегазация воды. Физические методы дегазации воды. Химические методы дегазации воды. Фторирование и дефторирование воды. Очистка воды от радиоактивных веществ. Методы дезактивации. Удаление из воды тяжёлых металлов, фенолов, нефтепродуктов, соединений кремния, нитратов, нитритов и др. очистка воды от синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ) Очистка воды от радиоактивных веществ. Очистка воды от радиоактивных веществ. Методы дезактивации. Обработка воды для предупреждения коррозии трубопроводов и теплообменных аппаратов. Водоочистка с применением магнитных полей.

## **7. Оценка качества природных вод**

**8. Выбор технологических схем водоочистки. Технико-экономическое обоснование технологических схем водоочистки и состава сооружений**

**9. Проектирование сооружений и устройств для безреагентной очистки воды. Проектирование сооружений и устройств для реагентной очистки воды. Очистка природных вод содержащих антропогенные примеси**

**10. Проектирование сооружений, установок и оборудования для кондиционирования подземных и поверхностных вод. Обеззараживание поверхностных и подземных вод.**

**11. Повторное использование промывных вод и обработка осадков водопроводных станций**

**12. Оптимизация работы водоочистной станции. Компонентные решения станций очистки и кондиционирования воды.**

## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.  
Протокол № 11 заседания кафедры от «21» мая 2020 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

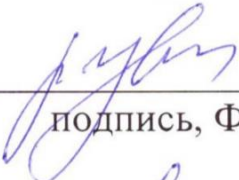
Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

## Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.  
Протокол № 12 заседания кафедры от «14» мая 2021 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ В.А. Уваров

  
подпись, ФИО