

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

УТВЕРЖДАЮ
Директор института ХТИ


Ястребинский Р.Н.

«16» мая 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины
Биологические методы очистки сточных вод

Направление подготовки (специальность):

19.03.01 – Биотехнология

Направленность программы (профиль, специализация):

Биотехнология

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения

Очная

Институт Химико-технологический
Кафедра промышленной экологии

Белгород – 2022 г.


Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 19.03.01 Биотехнология, утвержденного приказа Минобрнауки России от 10 августа 2021 г. № 736;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2022 году.


Составитель: канд. техн. наук, доц.  / Н.Ю. Кирюшина /

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры промышленной экологии

«28» апреля 2022 г., протокол № 8

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  /С.В. Свергузова/

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой промышленной экологии

Заведующий кафедрой: д-р техн. наук, проф.  /С.В. Свергузова/

«28» апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией химико-технологического института

«16» мая 2022 г., протокол № 9

Председатель: канд. техн. наук, доц.  (Л.А. Порожнюк)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Профессиональные компетенции	ПК-2. Способен оценивать экологическую (биологическую) безопасность материалов, технологий и промышленных объектов; разрабатывать биологические технологии реабилитации земель, акваторий, атмосферы	ПК-2.2. Участвует в проведении работ по выявлению характера, степени нарушенности земель, загрязнения акваторий и воздуха; разрабатывает технологии проведения их биотехнологической реабилитации	Знать: основные методы и процессы биологической очистки сточных вод. Уметь: оценивать экологическую (биологическую) безопасность технологий и промышленных объектов; разрабатывать технологии проведения биотехнологической реабилитации загрязнений акваторий. Владеть: навыками оценивания характеристики биомассы и проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения акваторий.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-2. Способен оценивать экологическую (биологическую) безопасность материалов, технологий и промышленных объектов; разрабатывать биологические технологии реабилитации земель, акваторий, атмосферы.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины ¹
1	Экологический менеджмент и аудит биотехнологических производств
2	Биологические методы очистки сточных вод
3	Биологическая очистка и дезодорация газов
4	Биоремедиация техногенно нарушенных почв
5	Промышленная экология биотехнологических производств
6	Биоповреждение материалов
7	Технологии предотвращения биокоррозии
8	Производственная преддипломная практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки:

Форма промежуточной аттестации экзамен

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 5
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	124	124
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	51	51
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	92	92
Курсовой проект		
Курсовая работа	36	36
Расчетно-графическое задание		
Индивидуальное домашнее задание		
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	20	20
Экзамен	36	36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
1. Характеристика сточных вод					
	Цель и нормативы очистки сточных вод. Основные показатели загрязненности сточных вод. Особенности сточных вод различного происхождения.	2	3	2	2
2. Применение промышленных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки воды					

	Система культивирования и питательная среда. Методы культивирования. Поступление ингредиентов в питательную среду. Основные биологические и биохимические процессы в очистке сточных вод. Биологический рост. Гидролиз. Распад биомассы. Накопление запасных веществ (внеклеточные полимерные вещества). Аэробная конверсия. Основные факторы, влияющие на скорость биохимического процесса. Анаэробные процессы.	6	8	4	3
3. Виды биомассы в сооружениях биологической очистки. Характеристики биомассы					
	Биоценозы сооружений биологической очистки. Активный ил. Биопленки и биообрастания.	2	3	4	2
	Показатели состояния биомассы. Иловый индекс. Скорость дыхания. Технологические характеристики активного ила.	2	3	4	2
4. Основы процесса биоокисления загрязнений					
	Микробная деструкция сложных органических соединений. Микробная деструкция фенолов, серосодержащих соединений и ПАВ. Превращение микроорганизмами соединений азота и фосфора. Твердофазная ферментация в технологиях осадков обработки сточных вод.	6	9	8	4
5. Сооружения естественной биологической очистки вод					
	Поля фильтрации. Поля орошения: сельскохозяйственные и коммунальные. Биологические пруды, каналы. Биоинженерные сооружения с высшей водной растительностью.	4	6	4	2
6. Сооружения искусственной биологической очистки					
	Аэротенки. Биофильтры. Окситенки. Сооружения анаэробной очистки сточных вод.	6	11	4	2
7. Технологические схемы многостадийной биологической очистки сточных вод					
	Очистка сточных вод с использованием иммобилизованных микроорганизмов. Схемы очистки бытовых сточных вод при различных требованиях к очистке. Многоступенчатые системы очистки сточных вод.	6	8	4	3
ВСЕГО		34	51	34	20

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 5				
1	Характеристика сточных вод	Расчет объемов сточных вод. Основные показатели качества воды. Популяционный эквивалент и нагрузка.	3	1
2	Применение промышленных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки воды	Расчет БПК и ХПК, общего органического углерода. Реакции аэробной конверсии органических веществ. Коэффициент прироста ила при аэробной гетеротрофной конверсии. Макроэлементы аэробной	8	2

		гетеротрофной конверсии. Реакции при анаэробном брожении. Макроэлементы, необходимые для анаэробного брожения. Зависимость скорости биологической очистки от различных факторов.		
3	Виды биомассы в сооружениях биологической очистки. Характеристики биомассы	Виды организмов. Технологические характеристики активного ила: иловый индекс, скорость дыхания ила.	6	1
4	Основы процесса биоокисления загрязнений	Удаление биогенных элементов из сточных вод. Удаление из сточных вод соединений азота. Удаление из сточных вод соединений фосфора.	9	2
5	Сооружения естественной биологической очистки вод	Расчет полей фильтрации и полей орошения. Расчет биологических прудов.	6	1
6	Сооружения искусственной биологической очистки	Расчет биофильтров с плоскостной, объемной нагрузкой. Расчет погружных биофильтров. Расчет аэротенков. Системы аэрации в аэротенках. Расчет циркуляционных оросительных каналов и окситенков.	11	2
7	Технологические схемы биологической очистки сточных вод	Расчет комбинированных технологических схем биологической очистки сточных вод.	8	1
ИТОГО:			51	10

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<u>семестр № 5</u>				
1	Характеристика сточных вод	Основные показатели качества воды: Обобщенные: общий и органический углерод, общий и органический азот, общий и органический фосфор, растворенный кислород; кислотность, щелочность; рН; фенольный индекс.	2	1
2	Применение промышленных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки воды	Определение биохимических показателей сточных вод.	4	1
3	Виды биомассы в сооружениях биологической очистки. Характеристики биомассы	Определение видового разнообразия биоценоза активного ила и биопленки. Гидрохимический контроль активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка,	8	2

		активного ила, прозрачности надильной воды. Гидробиологический контроль нитчатых микроорганизмов активного ила.		
4	Основы процесса биоокисления загрязнений	Биологическая очистка от биогенных элементов на примере азотсодержащих и фосфорсодержащих загрязняющих веществ.	8	2
5	Сооружения естественной биологической очистки вод	Биологическая очистка сточных вод высшими растениями. Биологическая очистка от ионов тяжелых металлов.	4	1
6	Сооружения искусственной биологической очистки	Определение эффективности работы биологического фильтра. Определение времени контакта сточной воды с биопленкой в биофильтре.	4	2
7	Технологические схемы биологической очистки сточных вод	Исследование свойств осадка сточных вод. Обезвоживание осадка центрифугированием.	4	1
ИТОГО:			34	10

4.4. Содержание курсовой работы

В процессе выполнения курсовой работы осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

Тема: «Расчет и проектирование биологических сооружений для очистки производственных и/ или бытовых сточных вод»

Курсовая работа (КР) – учебная работа, содержащая результаты теоретических, расчетных, аналитических, экспериментальных исследований по отдельной учебной дисциплине. КР является самостоятельной работой студента (36 часов), выполняемой в процессе обучения для решения следующих задач:

- закрепление и более глубокое усвоение теоретических знаний и практических навыков в применении методов для решения конкретных задач;
- приобретение навыков и освоение методов анализа и синтеза. Выбор и обоснование оборудования при проектировании заданных объектов;
- развитие самостоятельности при выборе методов достижения цели и творческой инициативы при решении конкретных задач;
- подготовка к выполнению выпускной квалификационной работы (ВКР).

Курсовая работа должна выполняться на основе индивидуального задания, содержащего требуемые для решения поставленных задач исходные данные, обеспечивающие возможность реализации накопленных знаний в соответствии с уровнем профессиональной подготовки каждого студента.

Исходные данные по составу и свойствам сточных вод могут быть получены студентом при личном анализе проб воды в период производственной практики или в процессе выполнения лабораторных работ; из фондовых материалов; из вариантов задания преподавателя. Текстовый документ должен в краткой и четкой форме раскрывать творческий замысел работы, постановку задачи, выбор и обоснование принципиальных решений. Содержать описание методов исследования анализа, расчетов, описание проведенных экспериментов, анализ результатов расчетов и выводы по ним.

Структура курсовой работы:

В оформлении курсовой работы должны быть отражены разделы:

1. Введение;
2. Теоретическая часть по биологическим методам очистки сточных вод;

3. Экспериментальная часть по анализу воды;
4. Оценка качества воды;
5. Основные параметры процесса биохимического окисления;
6. Расчет технологического оборудования очистки сточных вод;
7. Комплексная технологическая схема очистки сточных вод;
8. Заключение;
9. Библиографический список.

Задание на курсовую работу выдается индивидуально.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-2. Способен оценивать экологическую (биологическую) безопасность материалов, технологий и промышленных объектов; разрабатывать биологические технологии реабилитации земель, акваторий, атмосфер

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.2. Участвует в проведении работ по выявлению характера, степени нарушенности земель, загрязнения акваторий и воздуха; разрабатывает технологии проведения их биотехнологической реабилитации	Тестовый контроль; Решение практических заданий; Выполнение и защита лабораторных заданий; Расчет и защита курсовой работы; Экзамен

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации (экзамен)

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1.	Характеристика сточных вод (ПК-2)	Цель и нормативы очистки сточных вод. Объемы сточных вод. Оценочные данные, популяционный эквивалент и нагрузка. Основные показатели загрязненности сточных вод. Особенности сточных вод различного происхождения. Характеристика сточных вод: взвешенные и осаждаемые вещества, азот, фосфор, общая щелочность.
2.	Применение промышленных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки воды (ПК-2)	Система культивирования и питательная среда. Методы культивирования: глубинный, поверхностный, анаэробный, твердофазный, непрерывный. Поступление ингредиентов в питательную среду. Совместное культивирование. Основные биологические и биохимические процессы в очистке сточных вод: биологический рост, гидролиз, распад

		<p>биомассы, накопление запасных веществ (внеклеточные полимерные вещества).</p> <p>Аэробная конверсия: окисление углеводов, углеводов, клетчатки, жиров, белков.</p> <p>Основные факторы, влияющие на скорость биохимического процесса: влияние ингибиторов, температуры и давления, pH среды.</p> <p>Анаэробные процессы: окисление углеводов, углеводов, клетчатки, жиров, белков.</p>
3.	Виды биомассы в сооружениях биологической очистки. Характеристики биомассы (ПК-2)	<p>Биоценозы сооружений биологической очистки: бактерии, грибы, актиномицеты, дрожжи, водоросли, простейшие.</p> <p>Активный ил.</p> <p>Биопленки и биообрастания.</p> <p>Показатели состояния биомассы: иловый индекс, скорость дыхания, технологические характеристики активного ила.</p>
4.	Основы процесса биоокисления загрязнений (ПК-2)	<p>Микробная деструкция сложных органических соединений.</p> <p>Микробная деструкция фенолов.</p> <p>Микробная деструкция серосодержащих соединений.</p> <p>Микробная деструкция ПАВ.</p> <p>Превращение микроорганизмами соединений азота.</p> <p>Превращение микроорганизмами соединений фосфора.</p> <p>Твердофазная ферментация в технологиях осадков обработки сточных вод.</p>
5.	Сооружения естественной биологической очистки вод (ПК-2)	<p>Поля фильтрации.</p> <p>Поля орошения: сельскохозяйственные и коммунальные.</p> <p>Биологические пруды, каналы.</p> <p>Биоинженерные сооружения с высшей водной растительностью.</p>
6.	Сооружения искусственной биологической очистки (ПК-2)	<p>Аэротенки.</p> <p>Стадии биологической очистки в аэротенке.</p> <p>Аэротенки-вытеснители.</p> <p>Аэротенки-смесители.</p> <p>Аэротенки с рассредоточенной подачей воды.</p> <p>Биофильтры. Массообменные процессы, протекающие на биофильтрах.</p> <p>Биофильтры с объемной нагрузкой.</p> <p>Биофильтры с плоскостной нагрузкой.</p> <p>Окситенки.</p> <p>Циркуляционные оросительные каналы.</p> <p>Сооружения анаэробной очистки сточных вод.</p>
7	Технологические схемы биологической очистки сточных вод (ПК-2)	<p>Очистка сточных вод с использованием иммобилизованных микроорганизмов.</p> <p>Интенсификация биологической очистки и современные технологии удаления биогенных элементов.</p>

5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсовой работы

Вопросы для защиты курсовой работы (ПК-2)

1. Выделите основные параметры, влияющие на выбор метода очистки сточных вод.
2. На основании каких условий принято решение о компоновке его сооружений.
3. Как проводили оценку качества воды?
4. Как определили стехиометрические коэффициенты биохимического окисления загрязняющих веществ?

5. Какие параметры включает расчет технологического оборудования?
6. Расчет и проектирование реакторов очистки сточных вод.
7. Проектирование технологической схемы очистки сточных вод.
8. Как наблюдаемый коэффициент прироста биомассы влияет на стехиометрические коэффициенты?
9. Конструктивное оформление сооружений согласно выбранной схемы очистки.

5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Текущий контроль осуществляется в течение семестра в форме решения задач, выполнения и защиты лабораторных работ, выполнения тестовых контрольных работ, решения курсовой работы.

Лабораторные занятия. В пособии [2] представлены лабораторные работы, которые необходимо выполнить и защитить в течение семестра, методические указания к работе, приведены требования к отчету и перечень контрольных вопросов для самоподготовки.

Примерный перечень контрольных вопросов для самоподготовки представлен в таблице.

Вопросы для защиты лабораторных работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Контрольные вопросы
семестр № 5			
1	Характеристика сточных вод (ПК-2)	Основные показатели качества воды: Обобщенные: общий и органический углерод, общий и органический азот, общий и органический фосфор, растворенный кислород; кислотность, щелочность; рН; фенольный индекс.	Какие показатели качества воды относятся к обобщенным? Определите нормативы очистки сточных вод. Какие существуют категории рыбохозяйственных водоемов? Назовите ориентировочное соотношение полного биологического потребления кислорода, азота и фосфора. Что такое фенольный индекс? В каких случаях используют значение содержания общего органического углерода? В каких случаях проводят санитарно-биологическую оценку воды?
2	Применение промышленных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки воды (ПК-2)	Определение биохимических показателей сточных вод.	Как содержание БПК меняется во времени? В чем различие между БПК ₅ и БПК _{полн} ? В каких случаях применяют перманганатную окисляемость? Нормативы качества азотсодержащих соединений в воде коммунально-бытового и рыбохозяйственного назначения? Общие требования к составу и свойствам воды в водоемах. Химические и бактериоло-

			гические показатели степени загрязненности водоемов.
3	Виды биомассы в сооружениях биологической очистки. Характеристики биомассы (ПК-2)	Определение видового разнообразия биоценоза активного ила и биопленки. Гидрохимический контроль активного ила: определение массовой концентрации активного ила, илового индекса, зольности сырого осадка, активного ила, прозрачности надиловой воды. Гидробиологический контроль нитчатых микроорганизмов активного ила.	Основные группы организмов активного ила. Что такое активный ил аэробной очистки сточных вод? Биопленки и биообрастания аэробной очистки сточных вод. Основные отличия свободноплавающего и иммобилизованного ила. За счет чего биопленка обладает большей способностью противостоять негативным воздействиям по сравнению с активным илом? Что такое иловый индекс? Его оптимальное значение? Что показывает скорость дыхания ила?
4	Основы процесса биоокисления загрязнений (ПК-2)	Биологическая очистка от биогенных элементов на примере азотсодержащих загрязняющих веществ.	Какие существуют стадии окисления загрязняющих веществ? Как протекает синтез клеточного вещества при нитрификации? Предельно допустимые концентрации токсичных загрязнений в сточных водах. Влияние условий очистки на удаление азота. Методы и технологии удаления азота. Методы и технологии удаления фосфора.
5	Сооружения естественной биологической очистки вод (ПК-2)	Биологическая очистка сточных вод высшими растениями. Биологическая очистка от ионов тяжелых металлов.	Что относится к методам естественной биоочистки? Что представляют собой поля подземной фильтрации? Какие виды нагрузок на поля орошения вы знаете? Какие виды нагрузок на поля фильтрации вы знаете?
6	Сооружения искусственной биологической очистки (ПК-2)	Определение эффективности работы биологического фильтра. Определение времени контакта сточной воды с биопленкой в биофильтре.	Какие сооружения относятся к реакторам со взвешенным слоем? Принцип действия таких сооружений. Классификация сооружений анаэробной биологической очистки. Как определить площадь загрузки биофильтра? Как от нагрузки зависит конструкции аэротенков? Показатели качества выходного

			стока при различных режимах нагрузки аэротенков.
7	Технологические схемы биологической очистки сточных вод (ПК-2)	Исследование свойств осадка сточных вод. Обезвоживание осадка центрифугированием.	В каких случаях в технологических схемах биоочистки применяют аэротенки окитенки типа «Юнокс» и «Марокс»? В каких случаях в системах очистки применяют башенные биореакторы и аэротенки? Основные показатели работы очистных сооружений. Как осуществить пространственное разделение микроорганизмов в биореакторах?

Практические занятия. В пособии [3] представлены задачи, которые необходимо решить в течение семестра, методические указания к работе, приведены требования к отчету и перечень контрольных вопросов для самоподготовки.

Примерный перечень контрольных вопросов для самоподготовки представлен в таблице.

Вопросы к решению практических работ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Контрольные вопросы
семестр № <u>5</u>			
1	Характеристика сточных вод (ПК-2)	Расчет объемов сточных вод. Основные показатели качества воды. Популяционный эквивалент и нагрузка.	Факторы, влияющие на объем сточных вод. Как влияет инфильтрация и эксфильтрация на часовой поток коммунальных стоков? Как рассчитывают поток сточных вод для промышленных производств? Как рассчитать популяционный эквивалент?
2	Применение промышленных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки воды (ПК-2)	Расчет БПК и ХПК, общего органического углерода. Реакции аэробной конверсии органических веществ. Коэффициент прироста ила при аэробной гетеротрофной конверсии. Макроэлементы аэробной гетеротрофной конверсии. Реакции при анаэробном брожении. Макроэлементы, необходимые для анаэробного брожения. Зависимость скорости биологической очистки от различных факторов.	В чем различие между БПК ₅ и БПК _{полн} ? В каких случаях применяют перманганатную окисляемость? При каких расчетах используют параметр общего органического углерода? Какие азотсодержащие фракции могут быть в сточной воде? Какие фосфорсодержащие фракции могут быть в сточной воде? Что показывает коэффициент прироста ила?

3	Виды биомассы в сооружениях биологической очистки. Характеристики биомассы (ПК-2)	Виды организмов. Технологические характеристики активного ила: иловый индекс, скорость дыхания ила.	Функция бактерий в процессах очистки сточных вод. Функция грибов в процессах очистки сточных вод. Функция актиномицет в процессах очистки сточных вод. Функция дрожжей в процессах очистки сточных вод. Функция водорослей в процессах очистки сточных вод. Функция простейших в процессах очистки сточных вод. Что такое иловый индекс? Его оптимальное значение? Что показывает скорость дыхания ила?
4	Основы процесса биоокисления загрязнений (ПК-2)	Удаление биогенных элементов из сточных вод. Удаление из сточных вод соединений азота. Удаление из сточных вод соединений фосфора.	Что такое нитрификация? Что такое денитрификация? Как щелочность влияет на процессы нитри-денитрификации? При какой температуре скорость нитрификации максимальна? Является ли кислород ингибитором процесса при денитрификации? Какие вещества являются источником энергии при денитрификации? Кинетика удаления фосфора.
5	Сооружения естественной биологической очистки вод (ПК-2)	Расчет полей фильтрации и полей орошения. Расчет биологических прудов.	Какие бывают поля орошения? Какие основные требования к размещению полей орошения? Какие виды нагрузок на поля орошения и поля фильтрации вы знаете? Какие виды биопрудов вы знаете? Принцип очистки сточных вод в анаэробных биологических прудах.
6	Сооружения искусственной биологической очистки (ПК-2)	Расчет биофильтров с плоскостной, объемной нагрузкой. Расчет погружных биофильтров. Расчет аэротенков. Системы аэрации в аэротенках. Расчет циркуляционных оросительных каналов и окситенков.	Перечислите основные виды биофильтров с плоскостной загрузкой. Перечислите основные виды биофильтров с объемной загрузкой. Перечислите основной материал загрузки биофильтров. Какие существуют системы аэрации в аэротенках? На чем основана работа циркуляционных каналов?
7	Технологические	Расчет комбинированных	Какое оборудование должна

	схемы биологической очистки сточных вод (ПК-2)	технологических схем биологической очистки сточных вод.	включать технологическая схема очистки коммунальных бытовых стоков? Подходы к проектированию станций по очистке стоков. Параметры, лежащие в основе моделирования систем с активным илом?
--	--	---	---

Тестовые задания к практическим работам (ПК-2)

1. Биоценоз - это...

- а) совокупность микроорганизмов одного вида, длительное время обитающих на одной территории (занимающих определённый ареал) и частично или полностью изолированных от особей других таких же групп;
- б) Сообщество живых организмов, населяющих активный ил или биопленку;
- в) структурная единица сообщества, состоящая из центрального члена (ядра) – обычно крупной особи или группы особей, и функционально связанных с ним автотрофных и гетеротрофных организмов.

2. Какие изменения происходят с органическими веществами в реакторе:

- а) окисление до диоксида углерода и азот-, фосфор и серосодержащие питательные вещества;
- б) ассимиляция в активном иле;
- в) инертные вещества не претерпевают изменений;
- г) превращение в другие вещества;
- д) все выше перечисленное.

3. Оптимальная температура развития нитрификации:

- а) 10-22 °С;
- б) 30-35 °С;
- в) 50-60 °С.

4. Стационарная фаза развития культуры микроорганизмов представляет собой:

- а) фазу приспособления микроорганизмов к окружающей среде;
- б) фазу интенсивного роста биомассы;
- в) фазу стабилизации биомассы;
- г) фазу снижения биомассы.

5. Основными факторами селекции микроорганизмов в реакторах с активным илом являются (перечислите несколько вариантов):

- а) аэрирование водной среды;
- б) температура водной среды выше 40 °С;
- в) кислая реакция среды;
- г) седиментация хлопьев микроорганизмов.

6. Для очистки каких сточных вод применяют аэротенки-вытеснители?

- а) промышленные стоки сложного химического состава;
- б) бытовые стоки;
- в) сточные воды с низкой концентрацией загрязняющих веществ.

7. Расположите по порядку стадии биологической очистки в аэротенке:

- а) биосорбция загрязняющих веществ и их активное окисление экзоферментами активного ила; (2)
- б) окисление загрязняющих веществ эндоферментами внутри клетки; (3)
- в) адсорбция загрязняющих веществ и их коагуляция на поверхности активного ила; (1)

г) доокисление сложноокисляемых соединений, превращение азота аммонийных солей в нитриты и нитраты, регенерация активного ила. (4)

8. Фаза интенсивного отмирания бактериальных клеток в развитии культуры микроорганизмов представляет собой:

- а) фазу приспособления микроорганизмов к окружающей среде;
- б) фазу интенсивного роста биомассы;
- в) фазу стабилизации биомассы;
- г) фазу снижения биомассы.

9. Активный ил с иловым индексом $100 \text{ см}^3 / \text{г}$ характеризуется как:

- а) тяжелый минерализованный;
- б) хорошо оседающий;
- в) плохо оседающий;
- г) вспухший.

10. В каких целях используют биопруды в зимнее время?

- а) искусственная аэрация серийных биопрудов;
- б) в качестве накопителей сточных вод;
- в) круглогодичное использование биопрудов.

Типовые задания для практических работ (ПК-2)

1. Образец активного ила взят из аэротенка и помещен в цилиндр объемом 1 л. Концентрация ила 5 г/л. Через 30 мин отстаивания фаза ила составляет 400 мл, вода над илом прозрачна. Определите иловый индекс, индекс плотности ила и объем ила (%).

2. Промышленная сточная вода содержит глутаминовую кислоту $\text{C}_5\text{H}_9\text{O}_4\text{N}$ в концентрации 1,5 кг/м³. Объем воды 300 м³/сут. Определите ХПК сточной воды. Сколько кислорода нужно подавать в биореактор биологической обработки для окисления 70 % органического вещества в воде? Нитрификация в воде не осуществляется.

3. Наблюдаемый коэффициент прироста биомассы аэробного окисления уксусной кислоты 0,55 кг ХПК / кг ХПК субстрата. Предложите уравнение реакции, если состав биомассы описывается формулой $\text{C}_5\text{H}_7\text{NO}_2$.

4. Денитрифицирующая масса разлагает фенол $\text{C}_6\text{H}_6\text{O}$ в среде, не содержащий аммония. Составьте уравнение реакции с учетом роста, если наблюдаемый коэффициент прироста биомассы равен 1,2 кг ХПК / кг фенола. Состав биомассы соответствует формуле $\text{C}_6\text{H}_8\text{NO}_2$.

5. Используя параметр нагрузки на ил, спроектируйте систему с активным илом, очищающую сточную воду до концентрации загрязнений на выходе 0,020 кг БПК / м³.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра после завершения изучения дисциплины в форме экзамена и является итоговым оценочным средством учебных достижений студента. Для подготовки к ответу на вопросы, которые студенту достаются случайным образом, отводится время в пределах 30 минут, если экзамен проводится в устной форме или в течение 2 академических часов, если экзамен проводится в письменной форме. Форма проведения экзамена, устная или письменная, устанавливается преподавателем. После ответа на теоретические вопросы, преподаватель может задать дополнительные вопросы с целью уточнения сформированности компетенции. Вопросы к экзамену находятся в открытом для студентов доступе.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

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

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
ПК-2. Способен оценивать экологическую (биологическую) безопасность материалов, технологий и промышленных объектов; разрабатывать биологические технологии реабилитации земель, акваторий, атмосферы	
Знания	Знание терминов, понятий, законов и структуры разделов биологической очистки сточных вод
	Знание основных целей и нормативов очистки сточных вод; основных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки стоков; видов биомассы, ее характеристики; основ процесса биоокисления загрязнений; сооружений естественной и искусственной очистки сточных вод.
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	Творчески применяет теоретические знания при решении типовых практических задач в стандартных и нестандартных условиях
	Умение производить расчеты объемов сточных вод, приводит реакции аэробной конверсии, опираясь на нормативные данные, полученные из различных источников, в том числе сети Интернет
	Определяет основные показатели качества воды, разрабатывает технологии проведения биотехнологической очистки сточных вод
	Осознанно проверяет решения и анализирует результаты
	Качественно оформляет (презентует) выполнение заданий
Навыки	Владеет навыками стандартных рекомендаций проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения сточных вод и оценивания характеристики биомассы
	Быстрота выполнения трудовых действий и объем выполненных заданий
	Представляет полученные результаты посредством составления отчетов, оформления записей, пояснительных записок, отчетов, написания научных статей по результатам расчетов и выступлений на семинарах и конференциях

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, понятий, законов и структуры разделов биологической очистки сточных вод	Не знает терминов и понятий, законов и структуры разделов биологической очистки сточных вод	Знает термины и понятия, законы и структуру разделов биологической очистки сточных вод, но допускает неточности.	Знает термины и понятия, законы и структуру разделов биологической очистки сточных вод, их интерпретирует и использует.	Знает термины и понятия, законы и структуру разделов биологической очистки сточных вод, может корректно сформулировать их самостоятельно.
Знание основных целей и нормативов очистки сточных вод; основных биотехнологических процессов в технологии биологической очистки стоков;	Не знает основных целей и нормативов очистки сточных вод; основных биотехнологических процессов в технологии биологической	Знает основные цели и нормативы очистки сточных вод; основные биотехнологические процессы в технологии биологической	Знает основные цели и нормативы очистки сточных вод; основные биотехнологические процессы в технологии биологической	Знает основные цели и нормативы очистки сточных вод; основные биотехнологические процессы в технологии биологической очистки стоков; виды биомассы, ее характеристики; основы

видов биомассы, ее характеристики; основ процесса биоокисления загрязнений; сооружений и естественной очистки сточных вод.	очистки стоков; видов биомассы, ее характеристики; основ процесса биоокисления загрязнений; сооружений естественной и искусственной очистки сточных вод	очистки стоков; виды биомассы, ее характеристики; основы процесса биоокисления загрязнений; сооружения естественной и искусственной очистки сточных вод, но допускает неточности.	очистки стоков; виды биомассы, ее характеристики; основы процесса биоокисления загрязнений; сооружения естественной и искусственной очистки сточных вод, но допускает неточности.	процесса биоокисления загрязнений; сооружения естественной и искусственной очистки сточных вод, но допускает неточности.
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердыми полным знанием 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	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 их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту 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 Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Творчески применяет теоретические знания при решении типовых практических задач в стандартных и нестандартных условиях.	Не умеет применять теоретические знания при решении типовых практических задач в стандартных и нестандартных условиях.	Умеет применять теоретические знания при решении типовых практических задач в стандартных и нестандартных условиях, но допускает неточности.	Умеет творчески применять теоретические знания при решении типовых практических задач в стандартных и нестандартных условиях в достаточном объеме.	Умеет творчески применять теоретические знания при решении типовых практических задач в стандартных и нестандартных условиях, может корректно использовать их самостоятельно
Умение производить расчеты объемов сточных вод, приводит реакции аэробной конверсии, опираясь на нормативные данные, полученные из различных источников, в том	Не умеет производить расчеты объемов сточных вод, приводит реакции аэробной конверсии, опираясь на нормативные данные, полученные из различных источников, в том числе сети Интернет	Умеет производить расчеты объемов сточных вод, приводит реакции аэробной конверсии, опираясь на нормативные данные, полученные из различных	Умеет производить расчеты объемов сточных вод, приводит реакции аэробной конверсии, опираясь на нормативные данные, полученные из различных источников, в том	Умеет производить расчеты объемов сточных вод, приводит реакции аэробной конверсии, опираясь на нормативные данные, полученные из различных источников, в том числе сети Интернет, может самостоятельно их использовать.

числе сети Интернет		источников, в том числе сети Интернет, но допускает неточности.	числе сети Интернет в достаточном объеме.	
Определяет основные показатели качества воды, разрабатывает технологии проведения биотехнологической очистки сточных вод	Не умеет определять основные показатели качества воды, разрабатывает технологии проведения биотехнологической очистки сточных вод	Испытывает затруднения при определении основных показателей качества воды, разработке технологии проведения биотехнологической очистки сточных вод	Правильно определяет основные показатели качества воды, разрабатывает технологии проведения биотехнологической очистки сточных вод	Правильно определяет основные показатели качества воды, творчески разрабатывает технологии проведения биотехнологической очистки сточных вод
Умение проверять решения и анализировать результаты	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий и решении практических задач. Не способен сформулировать и обосновать полученные результаты	Допускает ошибки при решении задач и выполнении заданий. Испытывает затруднения при формулировании и обосновании выводов	Не допускает ошибок при решении задач и выполнении заданий. Формулирует, обосновывает и делает выводы по работам	Самостоятельно анализирует полученные результаты при решении задач и выполнении заданий. Самостоятельно формулирует, грамотно, с использованием научного стиля, обосновывает полученные результаты
Умение качественно оформлять (презентовать) выполнение заданий	Не способен качественно оформлять (презентовать) выполнение заданий	Небрежно оформляет (презентует) выполнение заданий	Понятно и корректно оформляет (презентует) выполнение заданий	Умеет качественно, верно и аккуратно оформлять (презентовать) выполненные задания

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеет навыками стандартных рекомендаций проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения сточных вод и оценивания характеристики биомассы	Не владеет навыками стандартных рекомендаций проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения сточных вод и оценивания характеристики биомассы	Владеет навыками стандартных рекомендаций проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения сточных вод и оценивания характеристики биомассы, но допускает неточности	Владеет навыками стандартных рекомендаций проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения сточных вод и оценивания характеристики биомассы в достаточном объеме	Владеет навыками стандартных рекомендаций проведения работ по выявлению характера, степени загрязнения сточных вод и оценивания характеристики биомассы, может корректно применять их самостоятельно
Быстрота выполнения трудовых действий и объем выполненных заданий	Не выполняет трудовые действия или выполняет очень медленно, не достигая поставленных задач	Выполняет трудовые действия медленно, с отставанием от установленного графика	Выполняет трудовые действия, выполняет все поставленные задания с соблюдением установленного графика	Выполняет трудовые действия, поставленные задания качественно и быстро
Самостоятельно планирует и представляет полученные результаты посредством	Не может самостоятельно планировать и выполнять собственные трудовые	Выполняет трудовые действия с помощью наставника	Самостоятельно выполняет трудовые действия с консультацией наставника	Полностью самостоятельно выполняет трудовые без посторонней помощи

составления отчетов, оформления записей, пояснительных записок, отчетов, написания научных статей по результатам исследований и выступлений на семинарах и конференциях	действия			
---	----------	--	--	--

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации и самостоятельной работы	Специализированная мебель. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук или компьютер
2	Лаборатория для проведения лабораторных занятий	Специализированная аудитория для проведения лабораторных занятий, оснащенная специализированной мебелью, ламинарным микробиологическим боксом, аналитическими весами, климатостатом Р2, микроскопом Levenhuk D870T, микроскопом МБС-10, микроскопом Р-15, микроскопом УМ-301, микроскопом Р-11, осветителем МОЛ-ОИ 18А, осветителем ОИ-32, шкафом сушильным LF-404.
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель. Компьютерная техника подключенная к сети Интернет, имеющая доступ в электронную информационную образовательную среду, автоматизированный экран, доска
4	Методический кабинет	Специализированная мебель. Мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук или компьютер

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2023г.
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Витковская, Р. Ф. Техника и технология защиты окружающей среды. Биологическая очистка сточных вод : учебное пособие / Р. Ф. Витковская, А. Н. Петров. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2018. — 80 с. — ISBN 978-5-7937-1561-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/102567.html> (дата обращения: 21.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей. - DOI: <https://doi.org/10.23682/102567>
2. Технологии очистки сточных вод : учебное пособие / Д. С. Дворецкий, Е. В. Хабарова, О. В. Зюзина [и др.]. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 81 с. — ISBN 978-5-8265-1948-6. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94380.html> (дата обращения: 21.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
3. Биотехнологии очистки сточных вод : учебно-методическое пособие / составители А. Ю. Копнина, Б. Ю. Смирнов. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 52 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91757.html> (дата обращения: 21.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей
4. Козачек, А. В. Современные системы очистки сточных вод. Лабораторный практикум : практикум / А. В. Козачек. — Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2018. — 79 с. — ISBN 978-5-8265-1953-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94376.html> (дата обращения: 21.04.2022). — Режим доступа: для авторизир. пользователей

6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. <http://elibrary.ru/>
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань». <http://e.lanbook.com>
3. Электронно-библиотечная система «IPRbooks». <http://www.iprbookshop.ru/>
4. Компьютерная справочная правовая система <http://www.consultant.ru/>
5. Справочная система ГАРАНТ <https://base.garant.ru/>

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ²

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями³

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

² Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

³ Нужно подчеркнуть