

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Наумова Наталия Александровна  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 24.10.2024 14:21:41  
Уникальный программный ключ:  
6b5279da4e034bffa679172803da5b7b559fc69e2

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ»  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПРОСВЕЩЕНИЯ)

Факультет естественных наук  
Кафедра ботаники и прикладной биологии

Согласовано  
и.о. декана факультета  
« 02 » 06 2023 г.  
/Алексеев А. Г./

**Рабочая программа дисциплины**

Биотехнологические методы очистки сточных вод

**Направление подготовки**  
06.03.01 Биология

**Профиль:**  
Генетика, микробиология и биотехнология

**Квалификация**  
Бакалавр

**Форма обучения**  
Очная

Согласовано учебно-методической комиссией  
Факультета естественных наук  
Протокол «02» 06 2023 г. № 6  
Председатель УМКом /Лялина И. Ю./

Рекомендовано кафедрой ботаники и  
прикладной биологии  
Протокол от «04» 05 2023 г. № 14  
Зав. кафедрой /Поляков А. В./

Мытищи  
2023

Авторы-составители:

Наполов В.В., доцент, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники и прикладной биологии

Рабочая программа дисциплины «Биотехнологические методы очистки сточных вод» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 06.03.01 Биология, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 920.

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является элективной дисциплиной.

Год начала подготовки (по учебному плану) 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ.....                                                           | 4  |
| 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....                                   | 4  |
| 3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                                             | 4  |
| 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ<br>ОБУЧАЮЩИХСЯ .....                    | 10 |
| 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И<br>ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ..... | 12 |
| 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....                                   | 29 |
| 7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                              | 30 |
| 8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ<br>ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....   | 30 |
| 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....                                            | 31 |

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

### 1.1. Цель и задачи дисциплины

**Цель освоения дисциплины** – формирование систематизированных знаний и практических умений о сточных водах и осадках, образующихся при их обработке, изучение биотехнологий очистки сточных вод и обработки твердых отходов, формирование профессиональных навыков для решения природоохранных задач.

**Задачи дисциплины:**

- изучить основные характеристики различных сточных вод;
- показать значение микроорганизмов в сохранении природного равновесия, вследствие их активного участия в кругообороте веществ в природе;
- ознакомить с основными принципами биотехнологий, типами биореакторов, использующихся для очистки объектов внешней среды;
- ознакомить с новыми технологиями биоочистки, основанными на использовании биокатализаторов нового поколения – иммобилизованных ферментов и целых микробных клеток;
- показать возможности генной инженерии в создании микроорганизмов с новыми свойствами для решения экологических проблем;
- дать практические навыки по использованию различных методов для характеристики и проведения мероприятий по очистке сточных вод и почв.

### 1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ДПК-2. Способен участвовать в процедурах мониторинга окружающей среды в местах проведения исследований и проводить анализ природных образцов.

ДПК 4. Способен реализовать преподавание по дополнительным программам в соответствии с полученной квалификацией, а также организовывать научно-исследовательскую деятельность обучающихся.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» и является элективной дисциплиной.

К исходным знаниям, необходимым для изучения дисциплины «Биотехнологические методы очистки сточных вод» относятся знания в области биологии, микробиологии, биотехнологии, химии, физики, безопасности жизнедеятельности. Дисциплина неразрывно связана с биофизикой, биохимией, аналитической химией, является основой для изучения таких областей знаний как экология, рациональное природопользование, экология человека, экология популяций и сообществ.

## 3. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Объем дисциплины

| Показатель объема дисциплины         | Форма обучения |
|--------------------------------------|----------------|
|                                      | Очная          |
| Объем дисциплины в зачетных единицах | 2              |
| Объем дисциплины в часах             | 72             |
| Контактная работа:                   | 48,2           |
| Лекции                               | 24             |
| Практические занятия                 | 24             |

|                                             |     |
|---------------------------------------------|-----|
| из них, в форме практической подготовки     | 24  |
| Контактные часы на промежуточную аттестацию | 0,2 |
| Зачет                                       | 0,2 |
| Самостоятельная работа                      | 16  |
| Контроль                                    | 7,8 |

Форма промежуточной аттестации: зачет в 8 семестре.

### 3.2.Содержание дисциплины

| Наименование разделов (тем)<br>Дисциплины с кратким содержанием                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Количество часов |                      |                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------|-----------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Лекции           | Практические занятия |                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  | Общее кол-во         | из них, в форме практической подготовки |
| <b>Тема 1. Общие понятия о микробиологической очистке воды. Место микробиологической очистки в общей классификации методов очистки сточных вод. Успехи современной биотехнологии. Три основных направления биологической переработки отходов. Четыре основные операции очистки сточных вод. Аэробные и анаэробные методы биохимической очистки сточных вод. Основные характеристики сточных вод. БПК, ХПК, БПКп. Микробиологические показатели качества воды. Морфология микробов.</b> | 2                | 2                    | 2                                       |
| <b>Тема 2. Особенности систематики, номенклатуры и строения клеток микроорганизмов. Современная классификация живой природы. Морфология и строение клеток бактерий. Строение эукариотов и прокариотов. Сходства и различия в строении.</b>                                                                                                                                                                                                                                             | 2                | 2                    | 2                                       |
| <b>Тема 3. Влияние физических, химических и биологических факторов на микроорганизмы. Основные виды взаимоотношений микроорганизмов. Антагонизм. Метабиоз. Комменсализм. Мутуализм. Сателлизм. Синергизм. Хищничество. Нейтрализм. Антибиотики. Пробиотики. Бактериофаги. Методы стерилизации. Формы проявления внутривидовой изменчивости микроорганизмов.</b>                                                                                                                        | 2                | 2                    | 2                                       |
| <b>Тема 4. Сущность способа биологической очистки сточных вод. Процессы с участием активного ила. Типичный состав активного ила биологических очистных сооружений и характеристика наиболее важных представителей микроорганизмов активного ила. Роль родов Pseudomonas и Bacillus в очистке сточных вод. Адаптационная и мутационная изменчивость</b>                                                                                                                                 | 2                | 2                    | 2                                       |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |   |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| микроорганизмов. Нитрификация и денитрификация. Схемы осуществления процессов нитрификации и денитрификации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |   |   |
| <b>Тема 5. Устройство основных звеньев механической и биологической очистки сточных вод.</b> Механические решетки. Песколовки. Первичные отстойники. Аэротенки. Вторичные отстойники. Конструкции аэротенков. Факторы, определяющие удовлетворительную работу аэротенков. Доза активного ила по объему и иловый индекс. Время контакта активного ила со сточными водами. Кислородный режим в аэротенках. Прирост и регенерация активного ила. Возраст активного ила. Расчет нагрузок на аэротенки. Классификация очистных сооружений по основным технологическим параметрам. Окислительная мощность аэротенков.                                                                                                                                      | 2 | 2 | 2 |
| <b>Тема 6. Функции и конструкции вторичных отстойников и их отличия от первичных отстойников.</b> Оценка эффективности работы вторичных отстойников. Факторы, влияющие на осаждаемость активного ила во вторичных отстойниках. Гидравлическая нагрузка на вторичные отстойники. Условия пребывания активного ила во вторичных отстойниках. Доза возвратного ила и конструкция контрольных эрлифтов. Регламентирование удаления активного ила из вторичных отстойников. Влажность избыточного и возвратного ила. Системы удаления активного ила из отстойников. Основные факторы, вызывающие избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников. Основные факторы, вызывающие избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников. | 2 | 2 | 2 |
| <b>Тема 7. Нитрификация и денитрификация. Дефосфатизация. Преферментация.</b> Оптимальные условия проведения процессов нитрификации и денитрификации. Оптимальные условия проведения процессов дефосфатизации. Преферментация и условия ее осуществления. Оптимальные соотношения ЛЖК и фосфора в сточных водах. Рекомендации для внедрения процесса преферментации.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2 | 1 | 1 |
| <b>Тема 8. Современные технологии микробиологической очистки сточных вод.</b> Аноксидная/оксидная технология. Технология Кейптаунского университета. Модернизированный УСТ- процесс. Йоханессбургский процесс. Процессы очистки сточных вод с использованием ацидофикации осадка. Схема обработки сточных вод на канализационных сооружениях Dokhaven в                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 2 | 2 | 2 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|---|
| Голландии с использованием процессов Sharon и Anammox. Технология SBR. Технология мембранного биореактора (МБР). Технология периодического биореактора (SBR).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |   |   |   |
| <b>Тема 9. Химический состав микроорганизмов-деструкторов.</b> Макро- и микроэлементы в составе клеток микроорганизмов и их роль. Основные типы питания у различных групп микроорганизмов. Общие принципы действия экологических факторов на микроорганизмы. Влияние основных факторов среды на рост микроорганизмов и их биосинтетическую активность в типичных биотехнологических промышленных процессах.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2 | 1 | 1 |
| <b>Тема 10. Кинетическое лимитирование роста и жизненные стратегии микроорганизмов.</b> Три типа жизненных стратегий микроорганизмов. Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) и ее роль в клетке.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 1 | 1 | 1 |
| <b>Тема 11. Роль азота и фосфора в жизнедеятельности микроорганизмов.</b> Трансформации соединений азота, фосфора и углерода в процессе метаболизма бактерий.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 1 | 2 | 2 |
| <b>Тема 12. Роль серы в жизнедеятельности микроорганизмов. Очистка сточных вод от серы на канализационных сооружениях.</b> Сера как основной элемент питания микроорганизмов. Возможные пути превращения соединений серы в сооружениях биологической очистки. Микроорганизмы, окисляющие формы серы низших степеней окисления. Механизмы окисления серы. Деструкция соединений серы микроорганизмами в анаэробных зонах очистных сооружений. Превращения соединений серы в анаэробных условиях и сульфитредуцирующие бактерии. Окисление легких органических веществ сульфатвосстанавливающими бактериями. Особенности анаэробного дыхания сульфатвосстанавливающих бактерий. Восстановительные микробиологические процессы с участием элементарной серы. Удаление соединений серы при биологической очистке сточных вод. | 2 | 2 | 2 |
| <b>Тема 13. Роль ионов щелочных и щелочноземельных металлов в процессах микробиологической очистки.</b> Роль ионов металлов-макроэлементов. Роль ионов металлов-микроэлементов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 1 | 1 | 1 |
| <b>Тема 14. Роль железа в процессе жизнедеятельности микроорганизмов и факторы его усваивания бактериями и другими микроорганизмами.</b> Железо как элемент питания микроорганизмов. Биотрансформация соединений железа при биоочистке: восстановление, окисление,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 1 | 2 | 2 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |           |           |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| сорбция, накопление. Потребность микроорганизмов в железе. Восстановление соединений железа с участием микроорганизмов на очистных сооружениях. Окисление соединений железа с участием микроорганизмов на очистных сооружениях. Процесс сорбции соединений железа с участием микроорганизмов на очистных сооружениях. |           |           |           |
| <b>Итого</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <b>24</b> | <b>24</b> | <b>24</b> |

## ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА

| Тема                                                                                                                                                | Задание на практическую подготовку                                                                                                                                                                              | количество часов |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| <b>Тема 1. Общие понятия о микробиологической очистке воды. Место микробиологической очистки в общей классификации методов очистки сточных вод.</b> | Изучить основные операции очистки сточных вод. Познакомиться с аэробными и анаэробными методами биохимической очистки сточных вод.                                                                              | 2                |
| <b>Тема 2. Особенности систематики, номенклатуры и строения клеток микроорганизмов.</b>                                                             | Изучить современную классификацию живой природы и знать особенности различных организмов применительно к их биоочистительной или токсической и загрязняющей роли в окружающей среде и водной среде в частности. | 2                |
| <b>Тема 3. Влияние физических, химических и биологических факторов на микроорганизмы.</b>                                                           | Изучить основные особенности взаимодействия микроорганизмов и влияние на них физических, химических и биологических факторов.                                                                                   | 2                |
| <b>Тема 4. Сущность способа биологической очистки сточных вод. Процессы с участием активного ила.</b>                                               | Выяснить типичный состав активного или биологических очистных сооружений и характеристики наиболее важных микроорганизмов и схемы осуществления процессов нитрификации и денитрификации.                        | 2                |
| <b>Тема 5. Устройство основных звеньев механической и биологической очистки</b>                                                                     | Изучить устройство и функции механических решеток, песколовков, первичных отстойников.                                                                                                                          | 2                |



|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                       |   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>сточных вод.</b>                                                                                                        | Познакомиться с устройством аэротенков и факторами определяющими эффективность их работы.                                                                                                                                             |   |
| <b>Тема 6. Функции и конструкции вторичных отстойников и их отличия от первичных отстойников.</b>                          | Изучить факторы, влияющие на эффективность работы вторичных отстойников.                                                                                                                                                              | 2 |
| <b>Тема 7. Нитрификация и денитрификация. Дефосфатизация. Преферментация.</b>                                              | Изучить оптимальные условия проведения процессов нитрификации, денитрификации, дефосфатизации и преферментации.                                                                                                                       | 1 |
| <b>Тема 8. Современные технологии микробиологической очистки сточных вод.</b>                                              | Изучить антиоксидную/оксидную технологию и другие современные технологии микробиологической очистки сточных вод.                                                                                                                      | 2 |
| <b>Тема 9. Химический состав микроорганизмов-деструкторов.</b>                                                             | Изучить содержание и роль макро- и микроэлементов в составе клеток микроорганизмов. Выяснить влияние основных факторов среды рост и биосинтетическую активность микроорганизмов в типичных биотехнологических промышленных процессах. | 1 |
| <b>Тема 10. Кинетическое лимитирование роста и жизненные стратегии микроорганизмов.</b>                                    | Изучить жизненные стратегии микроорганизмов и роль аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) в клетке.                                                                                                                                       | 1 |
| <b>Тема 11. Роль азота и фосфора в жизнедеятельности микроорганизмов.</b>                                                  | Изучить трансформации соединений азота, фосфора и углерода в процессе метаболизма бактерий.                                                                                                                                           | 2 |
| <b>Тема 12. Роль серы в жизнедеятельности микроорганизмов. Очистка сточных вод от серы на канализационных сооружениях.</b> | Изучить возможные пути превращения соединений серы в сооружениях биологической очистки. Микроорганизмы, окисляющие формы серы низших степеней окисления. Удаление соединений серы при биологической очистке.                          | 2 |

|                                                                                                                                          |                                                                                                                                                           |   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Тема 13. Роль ионов щелочных и щелочноземельных металлов в процессах микробиологической очистки.</b>                                  | Выяснить роль металлов-макроэлементов и металлов-микроэлементов в процессах микробиологической очистки.                                                   | 1 |
| <b>Тема 14. Роль железа в процессе жизнедеятельности микроорганизмов и факторы его усваивания бактериями и другими микроорганизмами.</b> | Изучить биотрансформацию соединений железа при биоочистке: восстановление, окисление, сорбцию, накопление. Выяснить потребность микроорганизмов в железе. | 2 |

#### 4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

| <b>Темы для самостоятельного изучения</b>                                                    | <b>Изучаемые вопросы</b>                                                                                                                                                              | <b>Количество часов</b> | <b>Формы самостоятельной работы</b>                                  | <b>Методические обеспечения</b>            | <b>Формы отчетности</b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------|
| Тема 1. Биохимические процессы как основа технологий очистки воды.                           | Химический состав микроорганизмов-деструкторов. Особенности питания микроорганизмов. Биохимическое разнообразие метаболизма микроорганизмов. Регуляция метаболизма у микроорганизмов. | 4                       | Работа с конспектом лекций; с учебником и дополнительной литературой | Учебно-методическое обеспечение дисциплины | Реферат<br>Презентация  |
| Тема 2. Эколого-физиологические особенности микроорганизмов-деструкторов очистных сооружений | Гетерогенность популяций микроорганизмов-деструкторов. Структура микробных популяций. Клеточный цикл и возрастная структура популяции. Агрегации клеток. Информативность морфологии   | 4                       | Работа с конспектом лекций; с учебником и дополнительной литературой | Учебно-методическое обеспечение дисциплины | Реферат<br>Презентация  |

|                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |   |                                                                                     |                                                                  |                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|------------------------|
|                                                                                                                                      | хлопьев<br>активного ила.<br>Общие<br>принципы<br>действия<br>экологических<br>факторов.<br>Кинетика роста и<br>стратегии<br>выживания<br>микроорганизмо<br>в.                                                                                                                                           |   |                                                                                     |                                                                  |                        |
| Тема 3.<br>Потенциал<br>популяции<br>микроорганиз<br>мов к<br>деструкции<br>органических<br>соединений в<br>процессах<br>биоочистки. | Условия<br>углеродного<br>питания<br>микроорганизмо<br>в в системах<br>биологической<br>очистки.<br>Потенциал<br>микроорганизмо<br>в к деструкции<br>соединений<br>азота. Потенциал<br>микроорганизмо<br>в к деструкции<br>соединений<br>фосфора.                                                        | 4 | Работа с<br>конспектом<br>лекций; с<br>учебником и<br>дополнительной<br>литературой | Учебно-<br>методичес<br>кое<br>обеспечен<br>ие<br>дисциплин<br>ы | Реферат<br>Презентация |
| Тема 4.<br>Деструкция<br>соединений<br>серы при<br>биологической<br>очистке.                                                         | Разнообразие<br>путей<br>метаболизма<br>серы.<br>Превращение<br>соединений серы<br>в аэробных<br>условиях и<br>тионовые<br>бактерии.<br>Превращение<br>соединений серы<br>в анаэробных<br>зонах.<br>Сульфатредуцир<br>ующие бактерии.<br>Удаление<br>соединений серы<br>при<br>биологической<br>очистке. | 2 | Работа с<br>конспектом<br>лекций; с<br>учебником и<br>дополнительной<br>литературой | Учебно-<br>методичес<br>кое<br>обеспечен<br>ие<br>дисциплин<br>ы | Устный опрос           |

|                                                                                                                                         |                                                                                                                                                             |    |                                                                      |                                            |              |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------|
| Тема 5. Роль ионов щелочных и щелочноземельных металлов в процессах биологической очистки. Деструкция соединений железа при биоочистке. | Разнообразие и роль соединений железа у микроорганизмов. Биотрансформация соединений железа при биоочистке: восстановление, окисление, сорбция, накопление. | 2  | Работа с конспектом лекций; с учебником и дополнительной литературой | Учебно-методическое обеспечение дисциплины | Устный опрос |
| Итого                                                                                                                                   |                                                                                                                                                             | 16 |                                                                      |                                            |              |

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                                             | Этапы формирования                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| ДПК-2. Способен участвовать в процедурах мониторинга окружающей среды в местах проведения исследований и проводить анализ природных образцов.                                              | 1. Работа на учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа. |
| ДПК 4. Способен реализовать преподавание по дополнительным программам в соответствии с полученной квалификацией, а также организовывать научно-исследовательскую деятельность обучающихся. | 1. Работа на учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа. |

### 5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

| Оцениваемые компетенции | Уровень сформированности | Этап формирования                                            | Описание показателей                                                                                                                                                                                                                         | Критерии оценивания                                                    | Шкала оценивания                                                      |
|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| ДПК-2                   | Пороговый                | 1. Работа на учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа. | <b>Знать:</b><br>- основные направления биологической переработки; - физико-химические основы аэробных и анаэробных методов биохимической очистки сточных вод; - основы морфологии микроорганизмов, особенности их строения; - основные виды | Устный опрос<br>Реферат<br>Тест<br>Доклад<br>Презентация<br>Коллоквиум | Шкала оценивания устного опроса<br>Шкала оценивания реферата<br>Шкала |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |  |                                                                                                                                 |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>взаимоотношений в экосистемах и их связь с биохимическими методами очистки воды; - устройство основных звеньев механической и биологической очистки сточных вод, включая первичные и вторичные отстойники; - физико-химические основы протекания процессов нитрификации, денитрификации, дефосфатизации; - современные схемы биохимической очистки воды – технологии мембранного реактора, технологии периодического биореактора; - особенности влияния основных экологических факторов среды на жизнедеятельность микроорганизмов; - основные жизненные стратегии микроорганизмов; - влияние различных элементов в воде на метаболизм и развитие микроорганизмов; - особенности очистки сточных вод от соединений серы в сооружениях биологической очистки; - восстановительные и окислительные реакции в процессах очистки сточных вод биохимическими методами.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- обосновывать технологические решения при подборе схемы очистки сточных вод с использованием биохимических методов; - подбирать технологические схемы для осуществления</li> </ul> |  | <p>оценивания теста</p> <p>Шкала оценивания доклада</p> <p>Шкала оценивания презентации</p> <p>Шкала оценивания коллоквиума</p> |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|             |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                |  |
|-------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|             |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | процессов нитрификации и денитрификации; - обосновывать конструкции и рассчитывать аэротенки; - обосновывать оптимальные физико-химические параметры типичных биотехнологических промышленных процессов; - составлять реакции различных химических превращений на стадии биохимической очистки воды. |                                                                                                                                                                                                                                |  |
| Продвинутый | 1. Работа на учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа. | <b>Знать:</b><br>- основные направления биологической переработки; - физико-химические основы аэробных и анаэробных методов биохимической очистки сточных вод; - основы морфологии микроорганизмов, особенности их строения; - основные виды взаимоотношений в экосистемах и их связь с биохимическими методами очистки воды; - устройство основных звеньев механической и биологической очистки сточных вод, включая первичные и вторичные отстойники; - физико-химические основы протекания процессов нитрификации, денитрификации, дефосфатизации; - современные схемы биохимической очистки воды — технологии мембранного реактора, технологии периодического биореактора; - особенности влияния основных экологических факторов среды на жизнедеятельность | Устный опрос<br>Реферат<br>Тест<br>Доклад<br>Презентация<br>Коллоквиум<br>Практическая подготовка                                                                                                                                                                                                    | Шкала оценивания устного опроса<br>Шкала оценивания реферата<br>Шкала оценивания теста<br>Шкала оценивания доклада<br>Шкала оценивания презентации<br>Шкала оценивания коллоквиума<br>Шкала оценивания практической подготовки |  |

|       |           |              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |              |       |
|-------|-----------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------|
|       |           |              | <p>микроорганизмов; -<br/>основные жизненные стратегии<br/>микроорганизмов; -<br/>влияние различных элементов в воде на метаболизм и развитие микроорганизмов; -<br/>особенности очистки сточных вод от соединений серы в сооружениях биологической очистки; -<br/>восстановительные и окислительные реакции в процессах очистки сточных вод биохимическими методами.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>- обосновывать технологические решения при подборе схемы очистки сточных вод с использованием биохимических методов; -<br/>подбирать технологические схемы для осуществления процессов нитрификации и денитрификации; -<br/>обосновывать конструкции и рассчитывать аэротенки; -<br/>обосновывать оптимальные физико-химические параметры типичных биотехнологических промышленных процессов; - составлять реакции различных химических превращений на стадии биохимической очистки воды.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- методиками расчета нагрузок на аэротенки.<br/>- навыками планирования, проведения, анализа и интерпретации результатов научного эксперимента.</p> |              |       |
| ДПК-4 | Пороговый | 1. Работа на | <b>Знать:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Устный опрос | Шкала |

|  |             |                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                |
|--|-------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |             | учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа.              | <p>- основные принципы построения технологических линий с минимальным образованием осадка; - достоинства и недостатки биохимических методов очистки воды с позиции экологии;</p> <p>- основные микробиологические показатели загрязненности воды.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>- подбирать технологическую схему очистки сточных вод с учетом эколого-экономических аспектов; - обосновывать технологическую схему биохимической очистки воды с учетом ресурсосберегающих технологий;</p> <p>- обосновывать методику проведения микробиологического анализа; - обосновывать методы обеззараживания; - подбирать условия проведения септической обработки сточных вод в зависимости от показателей качества воды.</p> | Реферат<br>Тест<br>Доклад<br>Презентация<br>Коллоквиум                                            | оценивания<br>устного опроса<br>Шкала оценивания<br>реферата<br>Шкала оценивания<br>теста<br>Шкала оценивания<br>доклада<br>Шкала оценивания<br>презентации<br>Шкала оценивания<br>коллоквиума |
|  | Продвинутый | 1. Работа на учебных занятиях.<br>2. Самостоятельная работа. | <p><b>Знать:</b></p> <p>- основные принципы построения технологических линий с минимальным образованием осадка; - достоинства и недостатки биохимических методов очистки воды с позиции экологии;</p> <p>- основные микробиологические показатели загрязненности воды.</p> <p><b>Уметь:</b></p> <p>- подбирать технологическую схему очистки сточных вод с</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Устный опрос<br>Реферат<br>Тест<br>Доклад<br>Презентация<br>Коллоквиум<br>Практическая подготовка | Шкала оценивания<br>устного опроса<br>Шкала оценивания<br>реферата<br>Шкала оценивания<br>теста<br>Шкала оценивания<br>доклада                                                                 |



|  |  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |  |                                                                                                                         |
|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>учетом эколого-экономических аспектов; - обосновывать технологическую схему биохимической очистки воды с учетом ресурсосберегающих технологий; - обосновывать методику проведения микробиологического анализа; - обосновывать методы обеззараживания; - подбирать условия проведения септической обработки сточных вод в зависимости от показателей качества воды.</p> <p><b>Владеть:</b></p> <p>- методиками определения БПК и ХПК; - методиками определения стандартных микробиологических показателей качества воды.</p> |  | <p>Шкала оценивания презентации</p> <p>Шкала оценивания коллоквиума</p> <p>Шкала оценивания практической подготовки</p> |
|--|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Шкала оценивания реферата

| Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Баллы |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| содержание соответствуют поставленным цели и задачам, изложение материала отличается логичностью и смысловой завершенностью, студент показал владение материалом, умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы, отстаивать собственную точку зрения - «отлично»                                                                                                                                                                           | 8-9   |
| содержание недостаточно полно соответствует поставленным цели и задачам исследования, работа выполнена на недостаточно широкой источниковой базе и не учитывает новейшие достижения науки, изложение материала носит преимущественно описательный характер, студент показал достаточно уверенное владение материалом, однако недостаточное умение четко, аргументировано и корректно отвечать на поставленные вопросы и отстаивать собственную точку зрения - «хорошо». | 5-7   |
| содержание не отражает особенности проблематики избранной темы; содержание работы не полностью соответствует поставленным задачам, источниковая база является фрагментарной и не позволяет качественно решить все поставленные в работе задачи, работа не учитывает новейшие достижения историографии темы, студент показал неуверенное владение материалом, неумение отстаивать собственную позицию и отвечать на вопросы - «удовлетворительно»                        | 2-4   |
| работа не имеет логичной структуры, содержание работы в основном не соответствует теме, источниковая база исследования является недостаточной для решения поставленных задач, студент показал                                                                                                                                                                                                                                                                           | 0-2   |

|                                                                                                     |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| неуверенное владение материалом, неумение формулировать собственную позицию - «неудовлетворительно» |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

Максимальное количество баллов –9 баллов

#### Шкала оценивания теста

| Критерии оценивания                                            | Баллы |
|----------------------------------------------------------------|-------|
| 0–20% правильных ответов оценивается как «неудовлетворительно» | 0     |
| 30–50% – «удовлетворительно»                                   | 2     |
| 60–80% – «хорошо»                                              | 3     |
| 80–100% – «отлично»                                            | 5     |

Максимальное количество баллов – 5 баллов за каждый тест (10 за 2 тестирования)

#### Шкала оценивания устного опроса

| Критерии оценивания                     | Баллы |
|-----------------------------------------|-------|
| Свободное владение материалом           | 1     |
| Достаточное усвоение материала          | 0,7   |
| Поверхностное усвоение материала        | 0,3   |
| Неудовлетворительное усвоение материала | 0     |

Максимальное количество баллов – 1 балл за каждый опрос.

#### Шкала оценивания доклада

| Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                   | Балл |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Доклад соответствует заявленной теме, выполнен с привлечением достаточного количества научных и практических источников по теме, студент в состоянии ответить на вопросы по теме доклада.                             | 3    |
| Доклад в целом соответствует заявленной теме, выполнен с привлечением нескольких научных и практических источников информации по теме, студент в состоянии ответить на часть вопросов по теме доклада.                | 2    |
| Доклад не совсем соответствует заявленной теме, выполнен с использованием только 1 или 2 источников информации, студент допускает ошибки при изложении материала, не в состоянии ответить на вопросы по теме доклада. | 1    |
| Доклад не подготовлен                                                                                                                                                                                                 | –1   |

Максимальное количество баллов – 3 баллов

#### Шкала оценивания презентации

| Критерии оценивания                                                                                                                                                                                                                                                       | Балл |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Представляемая информация систематизирована, последовательна и логически связана. Проблема раскрыта полностью. Широко использованы возможности технологии <i>PowerPoint</i> .                                                                                             | 2    |
| Представляемая информация в целом систематизирована, последовательна и логически связана (возможны небольшие отклонения). Проблема раскрыта. Возможны незначительные ошибки при оформлении (не более двух). Широко использованы возможности программы <i>PowerPoint</i> . | 1    |
| Представляемая информация не систематизирована и/или не совсем последовательна. Проблема раскрыта не полностью. Выводы не сделаны или не обоснованы. Возможности технологии <i>PowerPoint</i> использованы лишь частично.                                                 | 0,5  |
| Презентация не подготовлена.                                                                                                                                                                                                                                              | –0,5 |

Максимальное количество баллов – 2 балла

#### Шкала оценивания коллоквиума

| Критерии оценивания                                                                                                     | Баллы |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Ответы на вопросы коллоквиума даны в развернутом виде, с соответствующими пояснениями, при необходимости иллюстрациями. | 10    |
| Ответы на вопросы коллоквиума даны с небольшими неточностями (ошибками).                                                | 8     |
| Ответы на вопросы даны краткие, без пояснений, с использованием некорректной терминологии.                              | 5     |
| Ответы на вопросы «слабые», студент не владеет научной терминологией и материалом.                                      | 1     |

Максимальное количество баллов – 10 (20 баллов за 2 коллоквиума)

#### Шкала оценивания практической подготовки

| Критерии оценивания                                                                                                                                                                                    | Баллы |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| высокая активность на практической подготовке, выполнены все задания и/или отработан алгоритм действий при выполнении задания, сформирован навык выполнения правильных действий при выполнении задания | 2     |
| средняя активность на практической подготовке, задания в целом выполнены, студент знает порядок выполнения правильных действий при выполнении задания но навык не сформирован                          | 1     |
| низкая активность на практической подготовке, задания не выполнены, алгоритм действий не отработан, не сформирован навык выполнения правильных действий при выполнении задания                         | 0     |

Максимальное количество баллов 24 – (2 баллов за каждое занятие).

### 5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Примерный перечень вопросов для устного опроса

1. Особенности аэробных и анаэробных процессов с участием микроорганизмов. Характеристика микроорганизмов, участвующих в аэробных и в анаэробных процессах.
2. Классификации сточных вод и загрязняющих веществ. Классификация методов очистки сточных вод.
3. Классификация микробов по морфологическим признакам.
4. Понятие архибактерий и эубактерий. Прокариоты и эукариоты. Систематика и номенклатура микроорганизмов.
5. Строение бактериальной клетки. Спорообразование бактерий.
6. Влияние физических факторов на микроорганизмы.
7. Влияние химических факторов на микроорганизмы.
8. Влияние биологических факторов на микроорганизмы.
9. Антибиотики, пробиотики и бактериофаги. Их влияние на сообщества бактерий.
10. Сущность и стадии биологической очистки сточных вод. Наиболее важные бактериальные организмы активного ила.
11. Основные процессы с участием активного ила на биологических очистных сооружениях. Адаптационная и мутационная изменчивость микроорганизмов.

12. Нитрификация и денитрификация. Виды бактерий, участвующих в процессах нитрификации и денитрификации. Химические реакции, сопровождающие нитрификацию и денитрификацию. Одно-, двух- и трехстадийные схемы нитрификации-денитрификации.
13. Организация кислородного режима в аэротенках. Расчет требуемой интенсивности аэрации.
14. Прирост активного ила. Расчет прироста для аэротенков-смесителей и аэротенков-вытеснителей.
15. Регенерация активного ила. Причины проведения регенерации активного ила. Способы регенерации.
16. Возраст активного ила. Избыточный активный ил. Расчет возраста ила.
17. Рециркуляция активного ила. Рециркуляционный ил. Степень рециркуляции.
18. Основные микробиологические показатели качества воды. Требования нормативных документов к качеству питьевой воды по микробиологическим показателям.
19. Традиционная схема биологической очистки сточных вод. Основные элементы очистных сооружений. Преимущества и недостатки традиционной схемы.
20. Типы первичных отстойников. Факторы, влияющие на выбор типа первичного отстойника.
21. Конструкции аэротенков. Основные факторы, влияющие на работу аэротенков. Рабочая доза активного ила.
22. Доза активного ила в аэротенке. Иловый индекс. Время контакта активного ила со сточными водами.
23. Нагрузки на аэротенки. Расчет нагрузок.
24. Окислительная мощность аэротенков. Расчет окислительной мощности.

#### **Примерная тематика коллоквиумов**

1. Активный ил и биопленки анаэробной очистки сточных вод
2. Перспективы биотехнологии в области охраны окружающей среды.
3. Возможностями биотехнологии в замещении ископаемых топлив на возобновляемые источники энергии биологического происхождения
4. Биотехнологические методы обработки и утилизации твердых бытовых, промышленных и сельскохозяйственных отходов
5. Получение биогаза
6. Микроорганизмы – деструкторы ТБО.
7. Получение ценных видов топлива
8. Получение пищевого белка.
9. Микробные земледобрильные препараты и их использование в сельском хозяйстве.
10. Использование микробных препаратов для борьбы с насекомыми-вредителями.
11. Принципы и подходы для очистки газо-воздушных выбросов.
12. Биотехнологические методы обработки сточных вод
13. Новые подходы к очистке сточных вод
14. Современное состояние в области микробиологических методов повышения нефтеотдачи и выделения металлов из низкоконцентрированных руд и сточных вод.
15. Биологическая очистка почвы от нефти и нефтепродуктов
16. Биогербициды: принципы получения и применения
17. Биодеграция тяжелых металлов
18. Биодоброения: характеристика, принципы получения и применения
19. Трансгенные микроорганизмы – эффективные биодеструкторыксенобиотиков.
20. Роль биотехнологии в создании новых высокочувствительных методов анализа загрязнений
21. Индустриальная технология компостирования отходов

22. Микробиологическая трансформация металлов.
23. Роль микроорганизмов в изменении подвижности и концентрировании металлов в природных средах.
24. Транслокационная миграция металлов в растения и их накопление гидробионтами.
25. Что такое экологическая биотехнология и ее положение в современной биотехнологии?

### **Задания на практическую подготовку**

1. Виды операций в очистных сооружениях с использованием микроорганизмов.
2. Экстенсивные и интенсивные системы очистки сточных вод.
3. Реакторы, используемые для аэробной очистки сточных вод.
4. Схема работы гомогенных реакторов.
5. Реакторы с неподвижной биопленкой – биофильтры, процессы, которые в них происходят.
6. Технологическая схема процессов, протекающих с использованием биофильтров.
7. Классификация биофильтров в зависимости от способа очистки, вида загрузочного материала и режима подачи жидкости.
8. Заиливание биофильтров.
9. Формирование микрофлоры метантенка, ее состав, характер взаимоотношений компонентов в симбиотическом сообществе.
10. Значение метанообразующих бактерий в эффективности функционирования метантенков.
11. Понятие о предельных концентрациях загрязнителей.
12. Роль перемешивания и температурного режима в увеличении интенсивности газообразования и скорости деградации загрязнителей.
13. Очистка промышленных сточных вод от мышьяка при помощи клеток *Pseudomonas putida*, иммобилизованных на пластмассе или древесных стружках.
14. Использование микроорганизмов – деструкторов углеводородов для очистки сточных вод нефтеперерабатывающих предприятий.
15. Проблемы безопасности использования микроорганизмов, полученных генно-инженерными методами, и некоторых продуктов микробного синтеза.

### **Примерный перечень тем для докладов**

1. История развития экологической биотехнологии.
2. Краткий обзор перспектив биотехнологических методов для защиты окружающей среды
3. Классификация основных типов загрязнений и методов, применяемых для их конверсии, удаления или предотвращения
4. Общие закономерности распределения химических загрязняющих веществ в биосфере, пути их миграции и превращения.
5. Микробиологические и биохимические особенности трансформации ксенобиотиков.
6. Биотехнологические методы обработки сточных вод. Удаление из них соединений углерода, азота, фосфора, серы и тяжелых металлов
7. Основные технологические схемы биологической очистки сточных вод. Характеристика биоценозов очистных сооружений
8. Условия работы аэробной биологической очистки. Аэротенки. Окситенки. Биофильтры.
9. Организация процесса анаэробной биологической очистки сточных вод.
10. Переработка и утилизация активного ила очистных сооружений.
11. Особенности очистки донных илов и осадков.
12. Биотехнологическая очистка сточных вод водорослями и водными растениями.

13. Очистка сточных вод грибными препаратами и ферментами.
14. Биоремедиация почв, загрязненных нефтью, тяжелыми металлами, ксенобиотиками.
15. Переработка растительного сырья и углеводсодержащих отходов в белок одноклеточных организмов
16. Принципы и виды компостирования: полевое, в биореакторах, вермикомпостирование.
17. Биоремедиация нефтезагрязненных почв
18. Коммерческие биопрепараты для очистки почв от нефти и нефтепродуктов
19. Биологические средства защиты растений для замены химических пестицидов.
20. Биологические удобрения. Производство и применение.

### **Примерный перечень тем для рефератов**

1. Понятие «качество воды». Что такое чистая вода?
2. Понятие «биологически чистой воды». Загрязнение воды. Виды загрязнения.
3. Определение понятия самоочищение водоемов. Механизмы самоочищения водоемов.
4. Теория биологического самоочищения водоёмов как основа для разработки биотехнологий очистки сточных вод: основные положения.
5. Роль бактерий, грибов, водорослей, высших водных растений и разных групп водных животных в биологическом самоочищении водоемов.
6. Последовательность процессов биологического самоочищения воды по Г.Г. Винбергу. Факторы среды, влияющие на скорость самоочищения водоемов.
7. Дайте определение термину микробная петля (микробная трофическая сеть). Основные положения концепции микробной петли в водных экосистемах.
8. Компоненты микробной петли: гетеротрофные бактерии, археи, гетеротрофные нанофлагелляты, инфузории, гетеротрофные динофлагелляты, саркодовые, грибы, вирусы, миксотрофные простейшие. Микробная петля как аналог биоценоза активного ила в процессе очистки сточных вод. Микробная петля и регенерация азота и фосфора в водоемах.
9. Дать определение термину «Сточная вода» согласно нормативным документам. Санитарно-химические показатели загрязненности сточных вод.
10. Классификация сточных вод в зависимости от источника загрязнения.
11. Классификация сточных вод в зависимости от природы загрязнений.
12. Классификация сточных вод в зависимости от уровня загрязнения.
13. Воздействие сточных вод на водоемы. Нормативы очистки сточных вод.
14. Экологическое законодательство РФ в области очистки сточных вод.
15. Устройство очистных сооружений.

### **Примерный перечень тем для презентаций**

1. Искусственные сооружения биологической очистки сточных вод: краткая характеристика и устройство аэротенков, биофильтров, анаэробных биореакторов.
2. Естественные сооружения биологической очистки сточных вод: устройство полей фильтрации и орошения, биологических прудов, гидроботанических площадок.
3. Зависимость скорости биологической очистки сточных вод от различных факторов.
4. Показатели, характеризующие работу аэротенка: окислительная мощность, интенсивность аэрации, время аэрации, рабочая концентрация микроорганизмов.
5. Таксономический состав биоценоза активного ила, возраст активного ила и иловый индекс.
6. Свойства микроорганизмов активного ила, используемые для целей очистки сточных вод. Функциональная роль организмов активного ила в процессе очистки сточных вод.

7. Индикаторная оценка состояния биоценоза активного ила. Гидробиологический контроль сооружений биологической очистки сточных вод.
8. Требования к сточным водам, подаваемым на очистку в аэротенки.
9. Стадии аэробной очистки сточных вод в аэротенке.
10. Классификации аэротенков. Аэротенк-смеситель и аэротенк-вытеснитель.
11. Методы очистки сточных вод с использованием водорослей и водных макрофитов. Бионакопление и биотрансформация загрязнений растениями и водорослями.
12. Этапы анаэробного метанового сбраживания сложных биоорганических соединений.
13. Биологическая очистка сточных вод с одновременным удалением азота и фосфора: A2/O процесс (анаэробно-аноксидно-оксидная обработка), пятисекционный процесс Барденфо и UCT процесс.
14. Преимущества и недостатки сооружений для биологического удаления соединений азота и фосфора.
15. Апаттох-технология.
16. Многостадийная биологическая очистка сточных вод.

### Примерный вариант теста

1. Что такое адсорбция?
    - 1.1 Концентрирование на поверхности раздела фаз ионов, молекул и высоко дисперсных частиц
    - 1.2. Концентрирование на поверхности раздела фаз ионов, молекул и коллоидных частиц
    - 1.3. Концентрирование на поверхности раздела фаз ионов, молекул и нерастворимых частиц
    - 1.4. Концентрирование на поверхности раздела фаз ионов и молекул+
    - 1.5. Концентрирование в объеме жидкости или газа ионов и молекул
  2. Устойчивость пены – это:
    - 2.1. Сопротивление сдвигающим усилиям
    - 2.2. Сопротивление нормальным силам
    - 2.3. Прочность пенного слоя
    - 2.4. Продолжительность существования пены+
    - 2.5. Особые механические свойства пены
  3. Концентрация растворенного газа в воде при изменении температуры и парциального давления
    - 3.1. Увеличивается с увеличением температуры и давления
    - 3.2. Увеличивается с увеличением давления и уменьшением температуры+
    - 3.3. Уменьшается с увеличением температуры и давления
    - 3.4. Уменьшается с увеличением давления и уменьшением температуры
    - 3.5. Не изменяется
  4. К увеличению эффективности экстракции приводит:
    - 4.1. Увеличение температуры+
    - 4.2. Увеличение площади контакта фаз при экстракции
    - 4.3. Увеличение коэффициента распределения+
    - 4.4. Повышение температуры кипения экстрагента
    - 4.5. Снижение плотности экстрагента
  5. Уменьшает размеры пузырьков воздуха при напорной флотации:
    - 5.1. Уменьшение поверхностного натяжения воды+
    - 5.2. Снижение концентрации взвешенных веществ
    - 5.3. Увеличение скорости дросселирования
    - 5.4. Интенсивное перемешивание воды в напорном резервуаре
    - 5.5. Увеличение продолжительности пребывания воды во флотоотстойнике
- Тест №2
1. Величина удельной адсорбционной способности при изменении температуры:

- 1.1. Уменьшается при снижении температуры
- 1.2. Увеличивается при снижении температуры+
- 1.3. Не изменяется
- 1.4. В некоторых случаях может увеличиваться, в некоторых – уменьшаться при снижении температуры
- 1.5. Изменение носит синусоидальный характер
2. Биосорбция – это:
  - 2.1. Адсорбция на биопленке
  - 2.2. Адсорбция на активном иле
  - 2.3. Адсорбция на биопленке и активном иле
  - 2.4. Адсорбция клетками бактерий
  - 2.5. Адсорбция на активированном угле при доочистке сточных вод с последующей его саморегенерацией+
3. Массопередача кислорода из воздуха в воду может идти:
  - 3.1. Если концентрация растворенного кислорода в воде больше концентрации кислорода, равновесной парциальному давлению кислорода в воздухе
  - 3.2. Если концентрация растворенного кислорода в воде меньше концентрации кислорода, равновесной парциальному давлению кислорода в воздухе+
  - 3.3. Если концентрация растворенного кислорода в воде равновесна парциальному давлению кислорода в воздухе
  - 3.4. Если парциальное давление кислорода в воздухе меньше парциального давления, равновесного концентрации растворенного кислорода в воздухе
  - 3.5. Если парциальное давление кислорода в воздухе равновесно концентрации растворенного в воде кислорода
4. На городских канализационных очистных сооружениях образуются осадки:
  - 4.1. 1-ой группы
  - 4.2. 2-ой группы
  - 4.3. 2-ой и 3-ей группы
  - 4.4. 1-ой и 3-ей группы+
  - 4.5. 3 –ей группы
5. Образование прочных гидратных слоев вокруг частиц в воде связано:
  - 5.1. С взаимодействием полярных молекул воды с неполярными молекулами частиц, находящихся на их поверхности+
  - 5.2. С взаимодействием полярных молекул воды с полярными молекулами частиц, находящихся на их поверхности
  - 5.3. С действием ван-дер-ваальсовых сил
  - 5.4. С процессами химической адсорбции
  - 5.4. Со снижения температуры воды

#### Тест №3

1. Бактерии используют запасенные в клетках питательные вещества в следующей фазе роста:
  - 1.1. В лаг-фазе
  - 1.2. В фазе логарифмического роста
  - 1.3. В фазе замедленного роста
  - 1.4. В фазе стационарного роста+
  - 1.5. В фазе эндогенного дыхания
2. Причина адсорбции веществ на поверхности раздела фаз жидкость (вода) – газ.
  - 2.1. Разность плотностей жидкости и адсорбированного вещества
  - 2.2. Гетерополярное строение адсорбируемого вещества+
  - 2.3. Разность плотностей адсорбируемого вещества и газа
  - 2.4. Силы притяжения, обусловленные разными знаками зарядов поверхности раздела фаз



и адсорбируемого вещества

2.5. Силы отталкивания молекул воды и адсорбируемого вещества+

3. Степень смачиваемости поверхности водой экспериментально оценивается:

3.1. Полярностью молекул воды

3.2. Полярностью молекул, составляющих поверхность

3.3. Краевым углом смачивания+

3.4. Величиной коэффициента абсорбции

3.5. Величиной сил взаимодействия молекул

4. Стабилизация осадка необходима:

4.1. Для исключения коррозионного действия его на трубопроводы и оборудование

4.2. Для исключения загнивания осадка+

4.3. Для исключения развития болезнетворных микроорганизмов

4.4. Для улучшения влаготдающих свойств

4.5. Для сокращения концентрации сухого вещества

5. Эффективность экстрагента определяется:

5.1. Растворимостью экстрагента в воде

5.2. Температурой кипения экстрагента

5.3. Интенсивностью перемешивания экстрагента и воды

5.4. Коэффициентом распределения+

5.5. Коэффициентом абсорбции экстрагируемого вещества экстрагентом

Тест №4.

1. Биологическая стабилизация осадка в анаэробных условиях осуществляется:

1.1. Последовательно путем водородного и кислого брожения

1.2. Путем водородного брожения

1.3. Последовательно путем щелочного и метанового брожения

1.4. Путем метанового брожения

1.5. Последовательно путем водородного и щелочного брожения+

2. Поверхностно – активные вещества:

2.1. Уменьшают поверхностное натяжения воды+

2.2. Увеличивают поверхностное натяжение воды

2.3. Уменьшают или увеличивают поверхностное натяжение воды в зависимости от температуры

2.4. Уменьшают или увеличивают поверхностное натяжение воды в зависимости от вида ПАВ

ПАВ

2.5. Не изменяют поверхностного натяжения воды

3. Механизм флотации это:

3.1. Дросселирование потока воды при подаче во флотоотстойник

3.2. Устройство флотационных установок

3.3. Способ поступления воды во флотоотстойник

3.4. Способ образования агрегата «частица-пузырек»+

3.5. Способ образования флотационного шлама

4. Стабилизация осадка включает:

4.1. Биологические методы+

4.2. Химические методы

4.3. Физико-химические методы

4.4. Биологические и физико-химические методы

4.5. Химические и биологические методы

5. Эффективность экстракции при повышении температуры увеличивается, если

5.1. С повышением температуры растворимость экстрагируемого вещества в воде и экстрагенте повышается в одинаковой степени

5.2. С повышением температуры растворимость экстрагируемого вещества в воде повышается в 1,5 раза больше, чем в экстрагенте

5.3. С повышением температуры растворимость экстрагируемого вещества в экстрагенте повышается в 2 раза больше, чем в воде+

5.4. С повышением температуры растворимость экстрагируемого вещества в воде увеличивается в 2 раза, в экстрагенте в 1,5 раза

5.4. Коэффициент распределения не изменяется при изменении температуры

Тест №5

1. Для эффективной флотации с диспергированием воздуха через пористые материалы необходимо:

1.1. Подавать через пористые материалы максимально возможное количество воздуха

1.2. Обеспечить необходимую продолжительность флотации и условия, исключающие слияние и укрупнение пузырьков воздуха+

1.3. Только обеспечить необходимую продолжительность флотации

1.4. Обязательное присутствие в воде поверхностно – активных веществ

1.5. Обязательное отсутствие в воде поверхностно – активных веществ

2 Уравнение Гиббса показывает связь:

2.1. Между избытком адсорбированного ПАВ в поверхностном слое и концентрацией его в объеме+

2.2. Пенообразующей способности с концентрацией ПАВ

2.3. Между удельной адсорбционной способностью и температурой

2.4. Между давлением над поверхностью жидкости и концентрацией газа в объеме жидкости

2.5. Между избытком адсорбированного ПАВ в поверхностном слое и поверхностным натяжением

3. Образование агрегата «частица – пузырек» при столкновении происходит:

3.1. Если частица окружена прочными гидратными слоями

3.2. Если частица не окружена прочными гидратными слоями+

3.3. При большой скорости движения воздушных пузырьков

3.4. При температуре воды ниже 10<sup>0</sup>С

3.5. При отсутствии поверхностно-активных веществ

4. Биологическая стабилизация осадка осуществляется:

4.1. Только сбраживанием в анаэробных условиях

4.2. Только длительным аэрированием

4.3. Только сбраживанием в аэробных условиях

4.4. Сбраживанием в анаэробных условиях и длительным аэрированием+

4.5. Сбраживанием в анаэробных условиях при барботировании воздухом

5. Максимальная скорость роста бактериальных клеток достигается:

5.1. В первой фазе роста

5.2. Во второй фазе роста+

5.3. В третьей фазе роста

5.4. В четвертой фазе роста

5.5. В пятой фазе роста

### **Примерные вопросы к зачету**

1. Особенности аэробных и анаэробных процессов с участием микроорганизмов.

Характеристика микроорганизмов, участвующих в аэробных и в анаэробных процессах.

2. Классификации сточных вод и загрязняющих веществ. Классификация методов очистки сточных вод.

3. Классификация микробов по морфологическим признакам.

4. Систематика и номенклатура микроорганизмов. Отдел. Класс. Семейство. Вид. Штамм. Клон. Понятие архибактерий и эубактерий. Прокариоты и эукариоты.

5. Строение бактериальной клетки. Спорообразование бактерий.

6. Влияние физических, химических и биологических факторов на микроорганизмы.

7. Антибиотики, пробиотики и бактериофаги. Их влияние на сообщества бактерий.
8. Типы первичных отстойников. Факторы, влияющие на выбор типа первичного отстойника.
9. Функции и конструкции вторичных отстойников. Расчет гидравлической нагрузки на вторичные отстойники. Схема распределения гидравлической нагрузки и биомассы ила на разных участках биологической очистки.
10. Условия пребывания активного ила во вторичных отстойниках. Доза возвратного ила. Влажность избыточного и возвратного ила.
11. Конструкции аэротенков. Преимущества и недостатки различных типов аэротенков.
12. Основные факторы, вызывающие избыточный вынос взвешенных веществ из вторичных отстойников. Факторы, влияющие на процесс отстаивания ила.
13. Кислородный режим в аноксидной, аэробной и анаэробной зонах аэротенков (биореакторов). Способы создания анаэробных и аноксидных условий. Аноксидная/оксидная технология биологической очистки сточных вод.
14. Оптимальные условия проведения процессов нитрификации, денитрификации и дефосфатизации.
15. Преферментация. Причины проведения преферментации и условия ее осуществления.
16. Схема биологической очистки сточных вод Кейптаунского университета.
17. Схема биологической очистки сточных вод по Йоханнесбургской технологии.
18. Технология периодического биореактора. Стадии работы реактора переменного действия.
19. Элементный состав клеток микроорганизмов. Макро- и микроэлементы.
20. Влияние основных факторов среды на рост микроорганизмов и их биосинтетическую активность в биотехнологических процессах.
21. Кинетическое лимитирование роста и жизненные стратегии микроорганизмов.
22. Основные источники азота в бытовых сточных водах и пути их биологической деструкции.
23. Оптимальные условия проведения процессов нитрификации и денитрификации. Способы поддержания оптимальных условий.
25. Соединения фосфора в бытовых сточных водах и пути их биологической деструкции. Оптимальное соотношение фосфора, кальция и магния в питательной среде.
26. Соединения серы в бытовых сточных водах и пути их биологической деструкции. Сульфатредуцирующие бактерии.
27. Особенности анаэробного дыхания сульфатвосстанавливающих бактерий. Допустимые концентрации серосодержащих соединений в сточных водах.
28. Роль ионов щелочных и щелочноземельных металлов в процессах биологической очистки.
29. Биотрансформация соединений железа при биоочистке. Восстановление, окисление, сорбция, накопление железа.
30. Прирост активного ила. Расчет прироста для аэротенков-смесителей и аэротенков-вытеснителей.
31. Регенерация активного ила. Причины проведения регенерации активного ила. Способы регенерации.
32. Возраст активного ила. Рециркуляция активного ила. Избыточный активный ил. Расчет возраста ила.
33. Нагрузки на аэротенки. Расчет нагрузок. Окислительная мощность аэротенков.
34. Сущность и стадии биологической очистки сточных вод. Наиболее важные бактериальные организмы активного ила.
35. Основные процессы с участием активного ила на биологических очистных сооружениях. Адаптационная и мутационная изменчивость микроорганизмов.

36. Нитрификация и денитрификация. Виды бактерий, участвующих в процессах нитрификации и денитрификации. Химические реакции, сопровождающие нитрификацию и денитрификацию. Одно-, двух- и трехстадийные схемы нитрификации-денитрификации.
37. Традиционная схема биологической очистки сточных вод. Основные элементы очистных сооружений. Преимущества и недостатки традиционной схемы.
38. Основные микробиологические показатели качества воды. Требования нормативных документов к качеству питьевой воды по микробиологическим показателям.
39. Методы определения общего микробного числа и показателя КОЕ.
40. Факторы, влияющие на эффективность работы септиков. Оценка эффективности работы.
41. Способы обеззараживания активного ила и обработанной воды. Преимущества и недостатки.
42. Конструкции аэротенков. Основные факторы, влияющие на работу аэротенков. Рабочая доза активного ила.
43. Доза активного ила в аэротенке. Иловый индекс. Время контакта активного ила со сточными водами.
44. Организация кислородного режима в аэротенках. Расчет требуемой интенсивности аэрации.

#### **5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Максимальное количество баллов, которое может набрать обучающийся в течение семестра за различные виды работ – 80 баллов.

Формой промежуточной аттестации является зачет. Зачет проходит в форме устного собеседования по вопросам.

##### **Соотношение вида работ и количества баллов в рамках процедуры оценивания**

| <b>Вид работы</b>       | <b>Количество баллов</b> |
|-------------------------|--------------------------|
| Устный опрос            | до 12 баллов             |
| Реферат                 | до 9 баллов              |
| Тест                    | до 10 баллов             |
| Доклад                  | до 3 баллов              |
| Презентация             | до 2 баллов              |
| Коллоквиум              | до 20 баллов             |
| Практическая подготовка | до 24 баллов             |
| Зачет                   | до 20 баллов             |

##### **Шкала оценивания зачета**

| <b>Показатель</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | <b>Балл</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Обучающийся обнаруживает высокий уровень овладения теорией вопроса, знание терминологии, умение давать определения понятиям,<br>Знание персоналий, сопряженных с теоретическим вопросом,<br>Умение проиллюстрировать явление практическими примерами, дает полные ответы на вопросы с приведением примеров и/или пояснений. | 17-20       |
| Обучающийся недостаточно полно освещает теоретический вопрос, определения даются без собственных объяснений и дополнений, ответы на вопросы полные с приведением примеров                                                                                                                                                   | 11-16       |

|                                                                                                                                                                                                      |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Обучающийся обнаруживает недостаточно глубокое понимание теоретического вопроса, определения даются с некоторыми неточностями, дает ответы только на элементарные вопросы, число примеров ограничено | 3-10 |
| Обучающийся обнаруживает незнание основных понятий и определений, не умеет делать выводы, показывает крайне слабое знание программного материала.                                                    | 0-2  |

### **Итоговая шкала оценивания результатов освоения дисциплины**

Итоговая оценка по дисциплине выставляется по приведенной ниже шкале. При выставлении итоговой оценки преподавателем учитывается работа обучающегося в течение освоения дисциплины, а также оценка по промежуточной аттестации.

| Баллы, полученные студентом по текущему контролю и промежуточной аттестации | Оценка в традиционной системе |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 41 - 100                                                                    | Зачтено                       |
| 0 - 40                                                                      | Не зачтено                    |

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Основная литература:**

1. Зубрев, Н.И. Системы защиты среды обитания : учебник для вузов / Н. И. Зубрев, И. Ю. Крошечкина, М. В. Устинова. - М. :Кнорус, 2020. - 382с. – Текст: непосредственный
2. Родионов, А.И. Технологические процессы экологической безопасности. Гидросфера : учебник для вузов / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. - 5-е изд. - М. : Юрайт, 2019. - 283с. – Текст: непосредственный
3. Шлёкова, И. Ю. Очистка сточных вод : практикум : учебное пособие / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш. — Омск : Омский ГАУ, 2020. — 86 с. — Текст : электронный . — URL: <https://e.lanbook.com/book/153576>

### **6.2. Дополнительная литература:**

1. Биотехнологии очистки сточных вод: учеб.-метод. пособие / сост. А. Ю. Копнина, Б. Ю. Смирнов. — 2-е изд. — Самара : Самарский государственный технический университет, 2018. — 52 с. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91757.html>
2. Загоскина, Н. В. Экологическая биотехнология : учебник и практикум для вузов / Н. В. Загоскина, Л. В. Назаренко. — Москва :Юрайт, 2023. — 99 с. — Текст :электронный. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/530293>
3. Каракеян, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды в 2 ч. : учебник и практикум для вузов / В. И. Каракеян, В. Б. Кольцов, О. В. Кондратьева . — 2-е изд. — Москва : Юрайт, 2023. — Текст : электронный. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/512855>
4. Карманов, А. П. Технология очистки сточных вод : учебное пособие / А. П. Карманов, И. Н. Полина. — 2-е изд. — Москва : Инфра-Инженерия, 2018. — 212 с. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/78241.html>
5. Келль, Л. С. Экологическая биотехнология. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2023. — 232 с. — Текст: электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/314663>
6. Максимова, Т. А. Экология гидросферы: учебное пособие для вузов / Т. А. Максимова, И. В. Мишаков. — Москва :Юрайт, 2023. — 136 с. — Текст : электронный. — URL: <https://www.urait.ru/bcode/519202>
7. Песцов, Г. В. Биотехнология : учебно-методическое пособие / Г. В. Песцов, Н. Н.

Жуков. — Тула : ТГПУ, 2021. — 68 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/213473>

8. 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. — Текст : электронный. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/94380.html>

9. Ушакова, И. Г. Научные и инженерные основы выбора методов очистки природных, сточных вод и обработки осадка : учебное пособие / И. Г. Ушакова, Ю. В. Корчевская, Г. А. Горелкина. — Омск : Омский ГАУ, 2019. — 155 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/119213>

10. Шлёкова, И. Ю. Сточные воды : состав, свойства, методы и схемы очистки : учебное пособие / И. Ю. Шлёкова, А. И. Кныш. — Омск : Омский ГАУ, 2020. — 93 с. — Текст : электронный. — URL: <https://e.lanbook.com/book/136160>

### **6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1. <http://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=21728>
2. <http://www.booksmed.com>
3. [www.fiziolog.isu.ru](http://www.fiziolog.isu.ru)
4. <http://www.knigafund.ru/books/17208>
5. <http://www.master-multimedia.ru/testfiz.html>
6. <http://medknigi.blogspot.com>
7. <http://www.mirknigi.ru>
8. <http://www.ozon.ru>
9. <http://www.twirpx.com/file/97861/>
10. <http://ru.wikipedia.org>

## **7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям.
2. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы по дисциплинам.

## **8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **Лицензионное программное обеспечение:**

MicrosoftWindows

MicrosoftOffice

KasperskyEndpointSecurity

### **Информационные справочные системы:**

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

### **Профессиональные базы данных**

fgosvo.ru - [Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования](#)

pravo.gov.ru - [Официальный интернет-портал правовой информации](#)

www.edu.ru - Федеральный портал Российское образование

### **Свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства**

ОМС Плеер (для воспроизведения Электронных Учебных Модулей)

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения: учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием, персональными компьютерами, проектором;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде.