

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра экологии и зоологии

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета биологии и экологии



О.А. Маракаев  
«21» мая 2024 г.

**Рабочая программа**  
**«Биотехнологии очистки сточных вод»**

Направление подготовки  
06.03.01 Биология

Направленность (профиль)  
«Биоинженерия и биотехнология»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
протокол № 8 от «05» апреля 2024 года

Программа одобрена  
НМК факультета биологии и экологии  
протокол № 6 от «29» апреля 2024 года

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Биотехнологии очистки сточных вод» являются формирование у студентов представлений о разнообразии современных методов биологической очистки сточных вод, а также приобретение базовых знаний экологического законодательства РФ в области очистки сточных вод.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Биотехнологии очистки сточных вод» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1, дисциплины по выбору.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны знать правовые основы профессиональной деятельности, основы ботаники, зоологии, микробиологии, общей и прикладной экологии, биоинженерии и биотехнологии.

Полученные по дисциплине «Биотехнологии очистки сточных вод» знания необходимы для последующего изучения дисциплины «Альгологическая биотехнология», а также для продолжения обучения в магистратуре по направлению Биология.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>		
<b>ПК-1.</b> Способен осуществлять работы на биотехнологических производствах и в научных учреждениях медицинского, пищевого и природоохранного (экологического) биотехнологического профиля.	<b>ПК-1.1.</b> Применяет знания теории и методов осуществления биотехнологических процессов при решении научно-исследовательских и практических задач в научных учреждениях медицинского, пищевого и экологического профиля.	<b>Знать:</b> - теоретические основы разработки биотехнологий очистки загрязненных вод; - нормативы очистки сточных вод и экологическое законодательство РФ в области очистки сточных вод; - устройство очистных сооружений. <b>Уметь:</b> - проводить гидробиологический анализ биоценоза активного ила.
<b>ПК-2.</b> Способен исследовать молекулярные основы функционирования природных и искусственных биосистем, проводить биотехнологический процесс с использованием клеточных культур.	<b>ПК-2.1.</b> Применяет знания и навыки исследования функционирования природных и искусственных биосистем, владеет методами ведения и использования клеточных культур в биотехнологиях.	<b>Знать:</b> - разнообразие современных методов биологической очистки сточных вод. <b>Уметь:</b> - оценивать эффективность биоочистки сточных вод научно-исследовательскими методами.

		<b>Владеть навыками:</b> - индикаторной оценки состояния биоценоза активного ила.
--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Концепция биологического самоочищения водоемов и теория микробной петли как природоподобная основа для разработки биотехнологий очистки загрязненных вод. Роль основных групп гидробионтов в естественных процессах самоочищения воды.	7	3	4		2		10	Устный опрос
2	Сточные воды, их классификация. Нормативы очистки сточных вод. Экологическое законодательство РФ в области очистки сточных вод.	7	3	4		2		10	Устный опрос
3	Аэробная биологическая очистка сточных вод. Сообщество активного ила. Биопленки и биообрастания. Устройство очистных сооружений. Очистка в аэротенках. Показатели работы очистных сооружений. Очистка на полях фильтрации и орошения. Очистка воды с помощью биофильтров.	7	4	6		2		27	Задание для самостоятельной работы

4	Анаэробная биологическая очистка сточных вод. Микробные сообщества и биохимические процессы при анаэробной очистке сточных вод. Биометаногенез. Анаэробные реакторы.	7	3			2			
5	Методы очистки сточных вод с использованием водорослей и макрофитов. Бионакопление и биотрансформация загрязнений растениями и водорослями. Биопруды и биоплато (биоинженерные конструкции, искусственные ветланды, гидрботанические площадки).	7	3	4		1		40	Реферат
6	Биологические методы удаления азота и фосфора из сточных вод. Апаттох-технология. Многостадийная биологическая очистка сточных вод.	7	2			1			
							0,3	10,7	Зачет
	<b>ИТОГО</b>		<b>18</b>	<b>18</b>		<b>10</b>	<b>0,3</b>	<b>97,7</b>	

#### 4.1 Информация о реализации дисциплины в форме практической подготовки.

##### Информация о разделах дисциплины и видах учебных занятий, реализуемых в форме практической подготовки.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)					Место проведения занятий в форме практической подготовки
			Контактная работа					
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	
3	Аэробная биологическая очистка сточных вод. Сообщество активного ила. Биопленки и биообрастания. Устройство очистных сооружений. Очистка в аэротенках. Показатели работы очистных сооружений. Очистка на полях фильтрации и орошения. Очистка воды с помощью биофильтров.	7		6				Факультет биологии и экологии ЯрГУ
	ИТОГО			6				

#### 5. Общие положения

Содержание разделов дисциплины:

1. Концепция биологического самоочищения водоемов и теория микробной петли как природоподобная основа для разработки биотехнологий очистки загрязненных вод. Роль основных групп гидробионтов в естественных процессах самоочищения воды.
2. Сточные воды, их классификация. Нормативы очистки сточных вод. Экологическое законодательство РФ в области очистки сточных вод.
3. Аэробная биологическая очистка сточных вод. Сообщество активного ила. Биопленки и биообрастания. Устройство очистных сооружений. Очистка в аэротенках. Показатели работы очистных сооружений. Очистка на полях фильтрации и орошения. Очистка воды с помощью биофильтров.

4. Анаэробная биологическая очистка сточных вод. Микробные сообщества и биохимические процессы при анаэробной очистке сточных вод. Биометаногенез. Анаэробные реакторы.

5. Методы очистки сточных вод с использованием водорослей и водных макрофитов. Бионакопление и биотрансформация загрязнений растениями и водорослями. Биопруды и биоплато (биоинженерные конструкции, искусственные ветланды, гидроботанические площадки).

6. Биологические методы удаления азота и фосфора из сточных вод. Анаммох-технология. Многостадийная биологическая очистка сточных вод.

### **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

### **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используется:

- программы Microsoft Office;

### **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости).**

Не используются.

### **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины.**

#### **а) основная литература:**

1. Хенце М. Очистка сточных вод: биологические и химические процессы. М.: Мир, 2006.

**б) дополнительная литература:**

1. Семерной В.П. Санитарная гидробиология. Учебно-методическое пособие. Ярославль. ЯрГУ, 2005.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20050310.pdf>

**9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Используемое оборудование: бинокляры, микроскопы, счетные камеры.

Автор:

Доцент кафедры  
экологии и зоологии, к.б.н.



С.И. Сиделев



**Фонд оценочных средств**  
**для проведения текущего контроля успеваемости**  
**и промежуточной аттестации студентов**  
**по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,**  
**используемые в процессе текущего контроля успеваемости.**

**Устный опрос по теме № 1.**

Примерный список вопросов:

2. Понятие «качество воды». Что такое чистая вода?
3. Понятие «биологически чистой воды». Загрязнение воды.
4. Определение понятия самоочищение водоемов.
5. Механизмы самоочищения водоемов.
6. Теория биологического самоочищения водоёмов как основа для разработки биотехнологий очистки сточных вод: основные положения.
7. Роль бактерий, грибов, водорослей, высших водных растений и разных групп водных животных в биологическом самоочищении водоемов.
8. Последовательность процессов биологического самоочищения воды по Г.Г. Винбергу.
9. Факторы среды, влияющие на скорость самоочищения водоемов.
10. Основные положения концепции микробной петли в водных экосистемах.
11. Дайте определение термину микробная петля (микробная трофическая сеть).
12. 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.
13. Микробная петля и регенерация азота и фосфора в водоемах.

**Устный опрос по теме № 2.**

Примерный список вопросов:

1. Дать определение термину «Сточная вода» согласно нормативным документам.
2. Санитарно-химические показатели загрязненности сточных вод.
3. Классификация сточных вод в зависимости от источника загрязнения.
4. Классификация сточных вод в зависимости от природы загрязнений.
5. Классификация сточных вод в зависимости от уровня загрязнения.
6. Нормативы очистки сточных вод.
7. Воздействие сточных вод на водоемы.
8. Промышленные сточные воды.
9. Городские сточные воды.

## 10. Экологическое законодательство РФ в области очистки сточных вод.

Правила выставления оценки по результатам устного опроса: каждому студенту задается пять вопросов по выбору преподавателя, в зависимости от полноты и содержательности ответа студент может получить оценку от 0 до 5 баллов.

### **Задание для самостоятельной работы по теме № 3**

Решение расчетных задач.

Пример задачи 1: расчет аэротенков. Исходные данные: БПК входящей сточной воды – 100 мг/дм<sup>3</sup>, БПК очищенной сточной воды – 10 мг/дм<sup>3</sup>, количество взвешенных веществ во входящей сточной воде – 100 мг/дм<sup>3</sup>, расход сточных вод – 2000 м<sup>3</sup>/ч, расход за сутки – 65000 м<sup>3</sup>.

Пример задачи 2: рассчитать возраст активного ила. Исходные данные: средняя доза ила – 10 г/л, период аэрации – 5 часов, среднесуточный прирост ила – 1 мг/л.

Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы: каждый студент получает 5 вариантов расчетных задач, в зависимости от правильности их решения студент может получить оценку от 0 до 5 баллов.

### **Примеры названий рефератов (к теме № 5).**

1. Биологическая очистка сточных вод в прудах с торфяным субстратом и болотной растительностью.
2. Использование макрофитов в очистке сточных вод.
3. Очистка сточных вод с применением технологии мембранного биореактора.
4. Очистка сточных вод от биогенных элементов фитопланктоном биопрудов.
5. Использование анаэробно-аэробного биореактора для очистки сточных вод.
6. Утилизация биогаза станций очистки сточных вод.
7. Использование штаммов микроводорослей для очистки сточных вод.
8. Наилучшие доступные технологии в очистке сточных вод.
9. Биологические методы очистки сточных вод от тяжелых металлов и нефтепродуктов.
10. Устройство гидробиотических площадок и их использование в очистке сточных вод.

Правила оформления и представления (компьютерная презентация) рефератов, а также правила выставления оценки по итогам проверки реферата совпадают с правилами оформления и выставления оценки курсовых работ, принятыми на факультете биологии и экологии ЯрГУ. Перед подготовкой реферата студентам предлагается ознакомиться с учебно-методическим пособием, где эти правила подробно изложены:

Оформление и подготовка к защите курсовых, выпускных квалификационных работ и магистерских диссертаций на факультете биологии и экологии Ярославского государственного университета им. П. Г. Демидова: учебно-методическое пособие / С.И. Сиделев и др. - Ярославль: ЯрГУ, 2018. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20180330.pdf>

Фонды оценочных средств по дисциплине предусматривают проверку индикаторов достижения компетенций.

## 2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации.

### Примерный список вопросов к зачету:

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.
16. Искусственные сооружения биологической очистки сточных вод: краткая характеристика и устройство аэротенков, биофильтров, анаэробных биореакторов.
17. Естественные сооружения биологической очистки сточных вод: устройство полей фильтрации и орошения, биологических прудов, гидробиологических площадок.
18. Зависимость скорости биологической очистки сточных вод от различных факторов.
19. Показатели, характеризующие работу аэротенка: окислительная мощность, интенсивность аэрации, время аэрации, рабочая концентрация микроорганизмов.
20. Таксономический состав биоценоза активного ила, возраст активного ила и иловый индекс.
21. Свойства микроорганизмов активного ила, используемые для целей очистки сточных вод. Функциональная роль организмов активного ила в процессе очистки сточных вод.
22. Индикаторная оценка состояния биоценоза активного ила. Гидробиологический контроль сооружений биологической очистки сточных вод.
23. Требования к сточным водам, подаваемым на очистку в аэротенки.
24. Стадии аэробной очистки сточных вод в аэротенке.

25. Классификации аэротенков. Аэротенк-смеситель и аэротенк-вытеснитель.
26. Методы очистки сточных вод с использованием водорослей и водных макрофитов. Бионакопление и биотрансформация загрязнений растениями и водорослями.
27. Этапы анаэробного метанового сбраживания сложных биологических соединений.
28. Биологическая очистка сточных вод с одновременным удалением азота и фосфора:  $A^2/O$  процесс (анаэробно-аноксидно-оксидная обработка), пятисекционный процесс Барденфо и УСТ процесс.
29. Преимущества и недостатки сооружений для биологического удаления соединений азота и фосфора.
30. Апаттох-технология.
31. Многостадийная биологическая очистка сточных вод.

### **Правило выставления оценки на зачете.**

Преподаватель задает десять вопросов из списка вопросов к зачету по своему усмотрению, охватывая все темы дисциплины. Студент должен отвечать на вопросы без подготовки. По итогам зачета выставляется одна из двух оценок: «зачтено» - если студент правильно отвечает на не менее чем 7 вопросов из 10, «незачтено» - если студент дает правильные ответы на менее чем 7 вопросов из 10.

**Приложение № 2**  
**к рабочей программе дисциплины**  
**«Биотехнологии очистки сточных вод»**

**Методические указания для студентов по освоению дисциплины.**

Обязательным условием освоения дисциплины является систематическое посещение курса лекций и 100% посещаемость практических занятий. Зачет проводится в устной форме. Для успешного освоения дисциплины важно знание лекционного материала, которое по ключевым темам проверяется с помощью устного опроса, заданий для самостоятельной работы и защиты рефератов. Основными критериями оценки при выполнении самостоятельной работы в процессе текущей аттестации являются своевременность выполнения работы, глубина проведенного анализа, предложенные студентом пути решения поставленных в работе задач, обоснованность выводов, способность студента вступать в дискуссии с преподавателем по теме самостоятельной работы, отстаивать свою точку зрения, приводить доводы в пользу тех или иных положений, искать противоречия в выдвинутых преподавателем тезисах, видеть слабые и сильные стороны обсуждаемых вопросов.