

Учреждение образования  
«Международный государственный экологический институт  
имени А.Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета

УТВЕРЖДАЮ

Директор

МГЭИ им. А.Д. Сахарова БГУ

О.И. Родкин

2023

Регистрационный № УД - 1008-23уч.

## ЗАГРЯЗНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ ВОДОЁМОВ И ВОДОТОКОВ И БИОРЕМЕДИАЦИЯ АКВАТОРИЙ

Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:  
7-06-0521-01 Экология

Профилизация Экологическая биотехнология

2023 г.

Учебная программа составлена на основе образовательного стандарта высшего образования ОСВО 7-06-0521-01-2023 от 18.05.2023 и учебного плана учреждения образования для специальности 7-06-0521-01 Экология Рег.№ 167-23/уч.маг. от 07.04.2023.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Ю. В. Жильцова, доцент кафедры общей биологии и генетики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ, кандидат биологических наук

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Головатый С.Е. – заведующий кафедрой экологического мониторинга и менеджмента учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, д.с.-х.н., профессор;

Глушень Е.М. – заведующая лабораторией природоохранных биотехнологий, кандидат биологических наук государственного научного учреждения «Институт микробиологии национальной академии наук Беларуси», доцент.

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой общей биологии и генетики учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ (протокол № 10 от 25.05.2023 г.);

Научно-методическим советом учреждения образования «Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова» БГУ (протокол № 9 от 31.05.2023 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа по учебной дисциплине «Загрязнение естественных водоёмов и водотоков и биоремедиация акваторий» составлена на основании образовательного стандарта и учебного плана по специальности 7-06-0521-01 Экология, профилизация Экологическая биотехнология.

В связи с интенсивным развитием промышленности, сельского хозяйства, других отраслей экономики процессы самовосстановления и самоочищения акваторий часто не справляются с поступающими в них загрязняющими веществами, в результате чего растёт востребованность технологий очистки водных объектов. Среди существующих методов очистки акваторий от загрязняющих веществ биоремедиационные технологии отличаются рядом преимуществ.

**Цель** дисциплины «Загрязнение естественных водоёмов и водотоков и биоремедиация акваторий»: формирование теоретических и методологических знаний магистрантов о современном состоянии проблемы загрязнения акваторий, перспективах развития и достижениях в биоремедиации водных объектов, направленных на решение экологических проблем, а также используемых для этого биологических объектах и процессах.

**Задачи** дисциплины:

- дать представление о проблеме и масштабах загрязнения естественных водоёмов и водотоков в мире и в Республике Беларусь;
- изучить особенности накопления и трансформации загрязнений в водных объектах и их обитателями;
- овладеть теоретическими знаниями использования методов биоремедиации акваторий.

Учебная дисциплина «Загрязнение естественных водоёмов и водотоков и биоремедиация акваторий» входит в состав модуля «Биоремедиация», тесно связана с учебными дисциплинами «Загрязнение атмосферы и биоремедиация воздуха», «Загрязнение ландшафтов и биоремедиация почв», входящих в тот же модуль, и формирует следующую компетенцию:

СК-5. Оценивать влияние хозяйственной деятельности на состояние ландшафтов, атмосферы, естественных водоемов и водотоков и научно обосновывать, и разрабатывать мероприятия по биоремедиация почв, воздуха, акваторий.

В результате изучения дисциплины магистрант должен

**знать:**

- типы загрязнений естественных водоёмов и водотоков, основные загрязняющие вещества;
- методы и технологии ремедиации акваторий;
- основные факторы, влияющие на выбор способа ремедиации акваторий;

**уметь:**

- ориентироваться в вопросах нормирования загрязняющих веществ в водных объектах;
- применять полученные знания в практической оценке состояния водных ресурсов и принятии решения необходимости проведения ремедиационных работ;
- проводить системный поиск и анализ современных литературных информационных источников по различным аспектам и проблемам биоремедиации акваторий;

**владеть:**

- навыками проведения экологической оценки состояния водных объектов;
- принципами и методами выбора биоремедиационных технологий для восстановления водных ресурсов;

Программа дисциплины включает разделы: введение; проблема загрязнения воды; понятие акваторий, естественные водоёмы и водотоки как экосистемы; методы и технологии ремедиации акваторий; восстановление озёрных экосистем.

Для управления учебным процессом и организации контрольно-оценочной деятельности рекомендуется использовать учебно-методические комплексы, проводить текущий контроль знаний на каждом практическом занятии, а также итоговый контроль – на зачёте.

Самостоятельная работа магистрантов включает подготовку к практическим занятиям, решение практических заданий, подготовку к зачёту. Магистрант изучает лекции преподавателя, основную и дополнительную литературу, интернет-ресурсы. Среди эффективных педагогических методик и технологий, которые способствуют вовлечению магистрантов в поиск и управление знаниями, приобретению опыта самостоятельного решения разнообразных задач, следует выделить:

- технологию проблемно-модульного обучения;
- технологию учебно-исследовательской деятельности;
- интенсивное обучение;
- моделирование проблемных ситуаций и их решение.

В целях формирования современных и социально-профессиональных компетенций выпускника вуза в практику проведения занятий целесообразно внедрять методики активного обучения и дискуссионные формы.

Дисциплина рассчитана на 90 часов, в том числе 42 аудиторных часа (лекции – 30 ч., практические занятия – 12 ч.).

Форма получения образования – очная (дневная).

Форма аттестации по дисциплине «Загрязнение естественных водоёмов и водотоков и биоремедиация акваторий» – зачёт в 1 семестре.

Трудоёмкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Понятия экологическая биотехнология и биоремедиация естественных водоёмов и водотоков. История развития биоремедиации акваторий как метода. Преимущества и недостатки биоремедиации водных объектов как метода.

### 2. ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ

Общее понятие о загрязнении акваторий. Химическое, физическое и биологическое загрязнения. Локальные, региональные и глобальные загрязнения и их характеристика. Качество природной среды и его градации.

Основные загрязнители водных объектов: углеводороды, полициклические ароматические углеводороды, хлорорганические соединения, тяжёлые металлы, радионуклиды. Особенности воздействия, условия трансформации в водной среде. Природные и антропогенные источники загрязнения естественных водоёмов и водотоков. Проблема загрязнения естественных водоёмов и водотоков в мире и в Республике Беларусь. Эвтрофирование. Кислотные дожди.

Понятие о нормировании загрязняющих веществ в естественных водоёмах и водотоках: особенности санитарно-гигиенического и экологического нормирования. Виды санитарно-гигиенических показателей для водных объектов. Понятие о предельно допустимой концентрации веществ.

### 3. ПОНЯТИЕ АКВАТОРИЙ. ЕСТЕСТВЕННЫЕ ВОДОЁМЫ И ВОДОТОКИ КАК ЭКОСИСТЕМЫ

Классификация акваторий. Водная среда и её характеристики. Температура. Свет. Прозрачность. Солевой состав пресных и морских вод. Растворенные в воде газы. Экологически наиболее значимые газы. Биогенные элементы. Аммонификация. Нитрификация. Денитрификация. Диффузные и точечные источники фосфора. Фосфор и уровни трофии водоемов.

Сообщества водных экосистем. Нейстон, планктон, фитопланктон, зоопланктон, зоо- и фитобентос, перифитон, бактериопланктон, сестон и детрит. Фильтрационная активность. Вклад сообществ водных экосистем в продуктивность и процессы самоочищения водоемов. Роль сообществ водных экосистем в процессах формирования качества вод. Соотношение между сообществами в водоемах разного типа и степени загрязнения. Понятие сопробности.

### 4. МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ РЕМЕДИАЦИИ АКВАТОРИЙ

Основные факторы, влияющие на выбор способа ремедиации водных объектов.

Использование растений и водорослей для очистки загрязнённых вод. Особенности накопления и трансформации загрязнений растениями и водорослями. Методы очистки и обезвреживания загрязнённых вод с использованием водорослей и растений. Биопруды и гидрботанические площадки. Водоросли и растения-макрофиты биопрудов и гидрботанических площадок. Основные механизмы фиторемедиации: фитозэкстракция, фитостабилизация, фитодезактивация, фитодеградация, фитотрансформация, фитоиспарение (фитоволатилизаци), ризосферная биоремедиация, фитозаградительные барьеры, изолирующий растительный покров, поля орошения, фитостимуляция. Выбор и пути совершенствования фитометодов очистки вод.

Биосорбционная очистка природных вод. Основные стадии. Биосорберы.

Проведение ремедиационных и рекультивационных работ при загрязнении поверхности водоемов нефтью и нефтепродуктами, тяжёлыми металлами и радионуклидами. Особенности и способы очистки. Особенности проведения очистных работ при загрязнении подземных горизонтов и грунтовых вод.

## **5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОЗЁРНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

Методы восстановления экосистем озёр. Предотвращение эвтрофикации. Борьба с заилением и зарастанием макрофитами и водорослями. Борьба с загрязнением органическими ксенобиотиками и тяжелыми металлами. Восстановление закисленных озёр. Устранение теплового загрязнения. Снижение негативного влияния рекреации.

### УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Управляемая самостоятельная работа	Иное	
1	Введение	2	-					Устный опрос, Тестовые задания
2	Проблема загрязнения воды	6	4					Устный опрос, Тестовые задания
3	Понятие акваторий. Естественные водоёмы и водотоки как экосистемы	6	2					Устный опрос, Тестовые задания
4	Методы и технологии ремедиации акваторий	8	2					Устный опрос, Тестовые задания
5	Восстановление озёрных экосистем	8	4					Устный опрос, Тестовые задания
	<b>ИТОГО:</b>	<b>30</b>	<b>12</b>					

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

### Инновационные подходы и методы преподавания учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используются:

*методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

*метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме.

Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

### Рекомендуемая литература

#### Основная

1. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия / Р. Шмид; пер. с нем. А. А. Виноградовой и А. А. Синюшина; под ред. Т. П. Мосоловой и А. А. Синюшина. - 3-е изд., испр. – Москва : Лаборатория знаний, 2020. - 324 с.

#### Дополнительная

1. Биотехнология : учебник и практикум для вузов / под ред. Н. В. Загоскиной, Л. В. Назаренко. – 4-е изд., испр. и доп. – М. : Изд-во Юрайт, 2023. – 384 с.
2. Ксенофонтов, Б. С. Основы микробиологии и экологической биотехнологии : учеб. пособие / Б. С. Ксенофонтов. – М. : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2017. – 224 с.
3. Кузнецов, А.Е. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т. Т. 1 / А. Е. Кузнецов [и др.]. – 4-е изд., электрон. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 672 с.
4. Кузнецов, А.Е. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие : в 2 т. Т. 2 / А. Е. Кузнецов [и др.]. – 4-е изд., электрон. – М. : Лаборатория знаний, 2020. – 492 с.
5. Ленивко, С. М. Экологическая биотехнология : учеб.-метод. комплекс / С. М. Ленивко ; Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина. – Брест : БрГУ, 2020. – 144 с.
6. Неклюдов А.Д., Иванкин А.Н. Экологические основы биотехнологии: Учебник для студентов спец. 180301. – М.: МГУЛ, 2016. – 416 с.
7. Нетрусов, А. И. Микробиология: теория и практика. В 2 частях. Ч. 1 : учебник для вузов / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – Москва : Юрайт, 2023. – 315 с.
8. Нетрусов, А. И. Микробиология: теория и практика. В 2 частях. Ч. 2 : учебник для вузов / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – Москва : Юрайт, 2023. – 332 с.
9. Pravo.by. Водный кодекс Республики Беларусь от 30 апреля 2014 г. № 149-З. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pravo.by/document/?guid=12551&p0=Hk1400149&p1=1>. – Дата доступа: 05.06.2021.
10. Ручай, Н. С. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н. С. Ручай, Р. М. Маркевич. – Минск : БГТУ, 2006. – 312 с.



## ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Для диагностики компетенций используются следующие формы:**

1. Устная форма.
2. Письменная форма.
3. Устно-письменная форма.
4. Техническая форма.

*К устной форме диагностики компетенций относятся:*

1. Собеседования.
2. Коллоквиумы.
3. Доклады на конференциях.
4. Устный зачет.

*К письменной форме диагностики компетенций относятся:*

1. Тесты.
2. Контрольные опросы.
3. Решение ситуационных задач.
4. Рефераты.

*К устно-письменной диагностике относятся:*

1. Зачет.

*К технической форме диагностике компетенций относятся:*

1. Электронные тесты.

### Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине

*Время, отведенное на самостоятельную работу, используется обучающимися на:*

- подготовку к лекциям и лабораторным занятиям;
- подготовку к зачету;
- проработку вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение;
- выполнение творческих и исследовательских заданий;
- подготовку тематических рефератов и презентаций.

*Основные методы организации управляемой самостоятельной работы студентов:*

- написание и презентация реферата;
- выступление с докладом;
- изучение тем и вопросов, не выносимых на лекции;
- конспектирование научной литературы.

*Контроль управляемой самостоятельной работы студентов может осуществляться в виде:*

- тестов, контрольной письменной работы и устного собеседования;
- проверки конспектов лекций;
- итогового занятия, коллоквиума в виде устного собеседования, тестирования или письменной работы.

### Примерная тематика рефератов и докладов

1. Загрязнение водных ресурсов Республики Беларусь различными поллютантами (тяжелыми металлами/ нефтепродуктами/ пестицидами/ нитратами/ фосфатами/ радионуклидами/ стойкими органическими загрязнителями и т.д.)
2. Динамика загрязнения водных ресурсов Республики Беларусь различными загрязнителями

3. Проблема загрязнения водных ресурсов различными поллютантами (тяжёлыми металлами/ нефтепродуктами/ пестицидами/ нитратами/ фосфатами/ радионуклидами/ стойкими органическими загрязнителями и т.д.) в мире (любая страна на выбор)
4. Пути решения загрязнения водных ресурсов различными поллютантами (тяжёлыми металлами/ нефтепродуктами/ пестицидами/ нитратами/ фосфатами/ радионуклидами/ стойкими органическими загрязнителями и т.д.) биотехнологическими методами в Республике Беларусь
5. Пути решения загрязнения водных ресурсов различными поллютантами (тяжёлыми металлами/ нефтепродуктами/ пестицидами/ нитратами/ фосфатами/ радионуклидами/ стойкими органическими загрязнителями и т.д.) биотехнологическими методами в мире (любая страна на выбор)
6. Биотестирование водных объектов с помощью растений
7. Процессы самовосстановления природной экосистемы и самоочищения водных объектов
8. Сравнение биоремедиационных технологий водных ресурсов
9. Сравнение способности растений к аккумуляции загрязнителей
10. Информативные показатели состояния водного объекта
11. Использование биотестирования для определения загрязнения водных объектов
12. Очистка экосистем от фосфорных и других (на выбор) загрязнений
13. ГМ-технологии для биodeградации стойких загрязняющих веществ
14. ГМ-технологии для биоремедиации водных экосистем с радиоактивным загрязнением
15. Базы данных организмов, используемых в биоремедиации водных объектов
16. Биоиндикаторы загрязнения водных ресурсов нефтепродуктами/ тяжёлыми металлами/ стойкими органическими загрязнителями/ радионуклидами
17. Биобезопасность биопрепаратов, используемых при биоремедиации водных ресурсов
18. Основной порядок получения разрешения на производство биопрепарата для природоохранных работ
19. Основные виды микроорганизмов-деструкторов, осуществляющих биотрансформацию и биodeградацию нефтяного загрязнения/ поверхностно-активных веществ/ пестицидов в водных ресурсах
20. Анализ соотношения между сообществами в водоемах разного типа и степенью загрязнения водных объектов
21. Оценка качества воды по составу индикаторных организмов: методы Пантле и Букка, Зелинки и Марвана и др.
22. Использование высших водных растений (*Eihhornia crassipes* Ssolms., *Lema minor* L.) для доочистки от ионов тяжелых металлов

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ИЗУЧАЕМОЙ  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название учебной дисциплины с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (дата, протокол)
Загрязнение ландшафтов и биоремедиация почв	Общей биологии и генетики	нет	Утверждено, протокол № <u>10</u> от <u>25.05.</u> 2023
Загрязнение атмосферы и биоремедиация воздуха	Общей биологии и генетики	нет	Утверждено, протокол № <u>10</u> от <u>25.05.</u> 2023
Биотехнологические методы переработки отходов	Общей биологии и генетики	нет	Утверждено, протокол № <u>10</u> от <u>25.05.</u> 2023
Экологические проблемы и роль биотехнологии в их решении	Общей биологии и генетики	нет	Утверждено, протокол № <u>10</u> от <u>25.05.</u> 2023

Заведующий кафедрой  
к.с.-х.н., доцент

  
 А.Г. Чернецкая

## ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ

на 20 23 / 20 24 учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание
1	В 2023-2024 уч. году дополни- тельной и измкненной не предусмотрена лекция	протокол № 10 от 25.05.23

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
общей биологии и генетики (протокол № 10 от 25.05.2023 г.)

Заведующий кафедрой

К.С.-Х.Н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)



(подпись)

А.Т.Чернышова  
(И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

К.Х.Н., доцент  
(ученая степень, ученое звание)



(подпись)

А.Т.Сага  
(И.О.Фамилия)

**Сведения об авторах (составителях) учебной программы**

Фамилия, имя, отчество	Жильцова Юлия Валентиновна
Должность, ученая степень, ученое звание	Доцент кафедры общей биологии и генетики учреждения образования «Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова» Белорусского государственного университета, к.б.н.
☎ служебный	+375 17 3856847
<i>E-mail:</i>	<a href="mailto:Zhyltsova@mail.ru">Zhyltsova@mail.ru</a>