

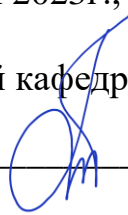
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Тульский государственный университет»

Естественнонаучный институт  
Кафедра «Биотехнологий»

Утверждено на заседании кафедры  
«Биотехнологий»  
«30» января 2023г., протокол № 6

Заведующий кафедрой

  
\_\_\_\_\_ О.Н. Понаморева

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«Биодеградация ксенобиотиков»**

**основной профессиональной образовательной программы  
высшего образования – программы бакалавриата**

по направлению подготовки  
**19.03.01 Биотехнология**

с направленностью (профилем)  
**Экобиотехнология**

Форма обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 190301-01-22

Тула 2023 год

**ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ**  
**рабочей программы дисциплины (модуля)**

**Разработчик(и):**

Акатова Е.В., доцент, к.б.н

---

(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)



---

(подпись)

## **1 Цель и задачи освоения дисциплины (модуля)**

**Целью** освоения дисциплины (модуля) является формирование представлений о деградации органических ксенобиотиков и роли микроорганизмов в этом процессе; приобретение основных понятий о различных процессах биodeградации органических ксенобиотиков для исследования и решения прикладных задач по защите окружающей среды.

**Задачами** освоения дисциплины (модуля) являются:

- изучение фундаментальных аспектов утилизации органических загрязнителей микроорганизмами;
- овладение основными законами и путями биodeградации ксенобиотиков;
- овладение методами и приемами работы с микроорганизмами-деструкторами ксенобиотиков;

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина (модуль) относится к части ОПОП ВО, формируемой участниками образовательных отношений.

Дисциплина (модуль) изучается в 8 семестре.

## **3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)**

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы (формируемыми компетенциями) и индикаторами их достижения, установленными в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы, приведён ниже.

В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:

### **Знать:**

- 1) Основные типы устойчивых ксенобиотиков-полютантов и процессы их трансформации микроорганизмами (код компетенции – ПК-3, код индикатора –ПК-3.4).
- 2) Основные микроорганизмы способные к деградации устойчивых ксенобиотиков (код компетенции – ПК-3, код индикатора –ПК-3.4).

### **Уметь:**

- 1) выделять микроорганизмы-деструктор из природной среды; производить посев биологического материала; проверять однородность чистой культуры штамма микроорганизма-продуцента по морфологическим и физиологическим признакам (код компетенции – ПК-3, код индикатора –ПК-3.4).).
- 2) проводить ферментативные анализы для установления наиболее перспективного микроорганизма-деструктора (код компетенции – ПК-3, код индикатора –ПК-3.4)

### **Владеть:**

- 1) навыками работы с микроорганизмами-деструкторами ксенобиотиков (код компетенции – ПК-3, код индикатора –ПК-3.4).
- 2) технологическими аспектами очистки объектов окружающей среды применением микроорганизмов деструкторов (код компетенции – ПК-6, код индикатора –ПК-6.3).

Полные наименования компетенций и индикаторов их достижения представлены в общей характеристике основной профессиональной образовательной программы.

## 4 Объем и содержание дисциплины (модуля)

### 4.1 Объем дисциплины (модуля), объем контактной и самостоятельной работы обучающегося при освоении дисциплины (модуля), формы промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

| Номер семестра         | Формы промежуточной аттестации | Общий объем в зачетных единицах | Общий объем в академических часах | Объем контактной работы в академических часах |                                    |                     |                                  |              |                          | Объем самостоятельной работы в академических часах |
|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|---|------------------------------------|---------------------|----------------------------------|--------------|--------------------------|--|
|                        |                                |                                 |                                   | Лекционные занятия                            | Практические (семинарские) занятия | Лабораторные работы | Клинические практические занятия | Консультации | Промежуточная аттестация |  |
| Очная форма обучения   |                                |                                 |                                   |   |                                    |                     |                                  |              |                          |  |
| 8                      | ДЗ                             | 3                               | 108                               | 24  | 24                                 | 24                  | -                                | -            | 0,25                     | 35,75  |
| Итого                  | —                              | 3                               | 108                               | 24  | 24                                 | 24                  | -                                | -            | 0,25                     | 35,75  |
| Заочная форма обучения |                                |                                 |                                   |   |                                    |                     |                                  |              |                          |  |
| 8                      | ДЗ                             | 3                               | 108                               | 2   | 6                                  | 4                   | -                                | -            | 0,25                     | 95,75  |
| Итого                  | —                              | 3                               | 108                               | 2   | 6                                  | 4                   | -                                | -            | 0,25                     | 95,75  |

Условные сокращения: Э – экзамен, ЗЧ – зачет, ДЗ – дифференцированный зачет (зачет с оценкой), КП – защита курсового проекта, КР – защита курсовой работы.

### 4.2 Содержание лекционных занятий

#### Очная форма обучения

| № п/п            | Темы лекционных занятий   |
|------------------|---|
| <b>8 семестр</b> |   |
| 1                | Введение. Терминология. Основные приоритетные загрязнители окружающей среды. Систематизация информации по деградации ксенобиотиков.   |
| 2                | Структура и функции экосистем. Понятие "биосфера", "биогеоценоз", "экосистема". Стабильность и устойчивость экосистем. Самоочищение экосистем.  |
| 3                | Основные процессы трансформации устойчивых поллютантов. Ферменты и их классификация. Гидролитические процессы. Дегалогенирование. Дегидрогалогенирование. Окислительное дегалогенирование. Восстановление. Окисление. Эпоксидация. Дезалкилирование О и N-атомов. |
| 4                | Биодоступность ксенобиотиков. Понятие биодоступности. Влияние строения ксенобиотиков на биодоступность.   |

| №<br>п/п | Темы лекционных занятий  |
|----------|--|
| 5        | Полиароматические углеводороды как поллютанты. Абиотическая деградация ПАУ. Микроорганизмы, осуществляющие конверсию ПАУ. Пути метаболизма ПАУ бактериями. Пути превращения нафталина. Трансформация фенантрена. Микробная трансформация флуорена, салицилата, флуорантена.  |
| 6        | Галогенированные ароматические соединения (хлорфенолы). Штаммы-деструкторы хлорфенолов. Основные пути аэробного превращения хлорароматических соединений (хлорфенолов) микроорганизмами. Хлорфенолгидроксилазы. Пути расщепления катехола и галогенированных катехолов. Катехол- и хлоркатехол 1,2-диоксигеназы – ключевые ферменты <i>орто</i> -путей: общее строение и функции ферментов. Опероны, кодирующие <i>орто</i> -пути расщепления катехола и его хлорпроизводных. <i>Мета</i> -путь расщепления катехола и хлоркатехола. |
| 7        | Микробная трансформация пестицидов (гербицидов, инсектицидов, фунгицидов, регуляторов роста). Трансформация хлорфеноксиуксусных кислот (2,4-дихлорфеноксиуксусной (2,4-D) и 2,4,5-трихлорфеноксиуксусной (2,4,5-T) кислот), дихлордифенилтрихлорэтана (ДДТ).   |
| 8        | Ароматические амины (анилин и дихлоранилины). Превращение анилина микроорганизмами.  |
| 9        | Биодеградация взрывчатых веществ. Биодеградация тринитротолуола (ТНТ). Пути превращения ТНТ микроорганизмами в аэробных и анаэробных условиях. Фиторемедиация.   |
| 10       | Плазмиды биодеградации и их участие в биодеградации полициклических ароматических углеводородов. Биодеградация нафталина. Структурно-генетическая организация плазмид. Опероны. Генетический контроль биодеградации ПАУ. Модель координированной регуляции экспрессии <i>nah</i> -генов.   |
| 11       | Метаболические пути биодеградации ксенобиотиков, созданные методами генной инженерии. Перенос плазмид. Изменение генов. Модификация природных систем биодеградации. Рекомбинантные штаммы.   |
| 12       | Мутагенез и выделение мутантов. Спонтанные мутации. Мутагенные соединения. Обработка мутагеном. Гены-мутаторы. Фаг мю-1. Горячие точки.  |

### Заочная форма обучения

| №<br>п/п         | Темы лекционных занятий  |
|------------------|--|
| <b>8 семестр</b> |  |
| 1                | Введение. Терминология. Основные приоритетные загрязнители окружающей среды. Систематизация информации по деградации ксенобиотиков. Биодоступность ксенобиотиков. Понятие биодоступности. Влияние строения ксенобиотиков на биодоступность.          |
| 2                | Полиароматические углеводороды как поллютанты. Абиотическая деградация ПАУ. Микроорганизмы, осуществляющие конверсию ПАУ. Пути метаболизма ПАУ бактериями. Пути превращения нафталина. Трансформация фенантрена. Микробная трансформация салицилата. |

### 4.3 Содержание практических (семинарских) занятий

#### Очная форма обучения

| №<br>п/п         | Темы практических (семинарских) занятий  |
|------------------|--|
| <b>8 семестр</b> |  |
| 1                | Структура и функции экосистем. Основные приоритетные загрязнители окружающей среды   |
| 2                | Основные процессы трансформации устойчивых поллютантов. Биодоступность ксенобиотиков.  |
| 3                | Контрольная работа №1  |
| 4                | Полиароматические углеводороды как поллютанты. Пути превращения нафталина  |
| 5                | Пути превращения фенантрена и салицилата. Галогенированные ароматические соединения Пути расщепления катехола и галогенированных катехолов |
| 6                | Пестициды – как основные загрязнители сельскохозяйственных территорий. Микробная деградация основных пестицидов.                           |
| 7                | Ароматические амины. Основные пути поступления ароматических аминов в окружающую среду. Распад аминов в природе.                           |
| 8                | Генетический контроль деградации ксенобиотиков. Генетические кластеры путей деградации.  |
| 9                | Генная инженерия для создания бактерий-деструкторов с заданными свойствами   |
| 10               | Мутагенез и создание мутантов, как инструмент исследования и получения микроорганизмов с заданными свойствами.                             |
| 11               | Контрольная работа №2  |
| 12               | Доклады презентацией   |

#### Заочная форма обучения

| №<br>п/п         | Темы практических (семинарских) занятий                                  |
|------------------|--|
| <b>8 семестр</b> |  |
| 1                | Базы данных по путям деградации ксенобиотиков                            |
| 2                | Основные процессы трансформации устойчивых поллютантов.                  |
| 3                | Биодеградация полиароматических углеводородов как основных загрязнителей |

#### 4.4 Содержание лабораторных работ

##### Очная форма обучения

| №<br>п/п         | Наименования лабораторных работ  |
|------------------|--|
| <b>8 семестр</b> |  |
| 1                | Приготовление и стерилизация питательных сред и посуды для культивирования бактерий деградирующих ксенобиотики |
| 2                | Получение накопительных культур микроорганизмов-деструкторов   |
| 3                | Выделение чистых культур микроорганизмов-деструкторов  |
| 4                | Определение активностей ферментов, участвующих в деградации нафталина  |
| 5                | Определения биохимического пути деградации нафталина   |
| 6                | Определение активности ферментов, участвующих в деградации капролактама  |
| 7                | Выделение плазмидной ДНК   |
| 8                | Выделение тотальной ДНК  |
| 9                | Визуализация препаратов плазмидной и тотальной ДНК. Электрофорез в агарозном геле                              |

#### Заочная форма обучения

| №<br>п/п         | Наименования лабораторных работ                                       |
|------------------|---|
| <b>8 семестр</b> |   |
| 1                | Определение активностей ферментов, участвующих в деградации нафталина |

#### 4.5 Содержание клинических практических занятий

Занятия указанного типа не предусмотрены основной профессиональной образовательной программой.

#### 4.6 Содержание самостоятельной работы обучающегося

##### Очная форма обучения

| №<br>п/п         | Виды и формы самостоятельной работы                           |
|------------------|---|
| <b>8 семестр</b> |   |
| 1                | Подготовка к практическим (семинарским) занятиям              |
| 2                | Подготовка к лабораторным работам                             |
| 3                | Подготовка презентации, доклада по дополнительным темам курса |
| 4                | Подготовка к контрольным работам №1 и №2                      |
| 5                | Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение        |

##### Заочная форма обучения

| №<br>п/п         | Виды и формы самостоятельной работы                    |
|------------------|--|
| <b>8 семестр</b> |  |
| 1                | Подготовка к лабораторным работам                      |
| 2                | Подготовка к практическим (семинарским) занятиям       |
| 3                | Выполнение контрольного задания                        |
| 4                | Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение |

**5 Система формирования оценки результатов обучения по дисциплине (модулю) в рамках текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося**

##### Очная форма обучения

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося |                          |   | Максимальное количество баллов |
|--|--------------------------|---|--------------------------------|
| <b>8 семестр</b>   |                          |   |                                |
| Текущий контроль успеваемости  | Первый рубежный контроль | <b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b> |                                |
|  |                          | Посещение лекционных занятий                          | 3                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №1                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №2                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №3                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №4                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №5                     | 2                              |
|  |                          | Контрольная работа №1                                 | 17                             |

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося |                          |   | Максимальное количество баллов |
|--|--------------------------|---|--------------------------------|
|  | Второй рубежный контроль | Итого   | 30                             |
|  |                          | <b>Оцениваемая учебная деятельность обучающегося:</b> |                                |
|  |                          | Посещение лекционных занятий                          | 3                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №6                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №7                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №8                     | 2                              |
|  |                          | Выполнение лабораторной работы №9                     | 2                              |
|  |                          | Контрольная работа №2                                 | 9                              |
|  |                          | Презентации, доклада по дополнительным темам курса    | 10                             |
|  |                          | Итого   | 30                             |
| Промежуточная аттестация   | Дифференцированный зачет |   | 40 (100*)                      |

\* В случае отказа обучающегося от результатов текущего контроля успеваемости

### Заочная форма обучения

| Мероприятия текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающегося |                          | Максимальное количество баллов |
|--|--------------------------|--------------------------------|
| <b>8 семестр</b>   |                          |                                |
| Текущий контроль успеваемости  | Не предусмотрен          |                                |
| Промежуточная аттестация   | Дифференцированный зачет | 100                            |

### Шкала соответствия оценок в стобалльной и академической системах оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)

| Система оценивания результатов обучения  | Оценки              |                   |         |          |
|--|---------------------|-------------------|---------|----------|
| Стобалльная система оценивания   | 0 – 39              | 40 – 60           | 61 – 80 | 81 – 100 |
| Академическая система оценивания (экзамен, дифференцированный зачет, защита курсового проекта, защита курсовой работы) | Неудовлетворительно | Удовлетворительно | Хорошо  | Отлично  |
| Академическая система оценивания (зачет)   | Не зачтено          | Зачтено           |         |          |

### 6 Описание материально-технической базы (включая оборудование и технические средства обучения), необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) требуются:  
 -учебная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием и оборудованная доской для написания мелом (лекционных занятий),



-помещение для проведения учебных занятий, оснащенное лабораторным оборудованием, включая: спектрофотометр, центрифугу, весы аналитические, термостатом, шейкер-инкубатором, бокс с ламинарным вертикальным потоком воздуха, микроволновая печь, холодильник, аквадистиллятор, автоматические пипетки, химическую посуду и химические реактивы (лабораторные занятия).

## **7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **7.1 Основная литература**

1. Биотехнология защиты окружающей среды : учеб. пособие / О. Н. Пономарева [и др.] — Тула: Изд-во ТулГУ, 2006 .— 115 с.
2. Генетические методы биотехнологии защиты окружающей среды : учеб.- метод. пособие / И. Ф. Пунтус [и др.] — Тула : Изд-во ТулГУ, 2008 .— 123 с.
3. Роль микроорганизмов в трансформации устойчивых органических поллютантов : учеб. пособие для вузов / Л. А. Головлева [и др.] — Тула : Изд-во ТулГУ, 2008 .— 100 с.

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Глик, Б. Молекулярная биотехнология: Принципы и применение / Б.Глик, Дж.Пастернак; Пер.с англ.: Н.В.Баскаковой и др., под ред. Н.К. Янковского .— М. : Мир, 2002 .— 589с.
2. Щелкунов, С.Н. Генетическая инженерия : Учеб.пособие для вузов / С.Н.Щелкунов .— 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Сибирск.университет.изд-во, 2004 .— 496с.

## **8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС «Лань», доступ авторизованный
2. <https://urait.ru/> - Образовательная платформа «Юрайт», доступ авторизованный
3. <https://www.iprbookshop.ru/> - Цифровой образовательный ресурс IPR SMART, доступ авторизованный
4. <https://tsutula.bookonline.ru/> - ЭБС ТулГУ «BookOnLime» учебные издания ТулГУ по всем дисциплинам, доступ авторизованный
5. <https://dlib.eastview.com/browse/udb/12> - Политематическая база данных периодических изданий [East View](#), доступ авторизованный
6. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» , доступ свободный
7. <https://www.elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека [eLibrary.ru](#), доступ свободный

## **9 Перечень информационных технологий, необходимых для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **9.1 Перечень необходимого ежегодно обновляемого лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

1. Текстовый редактор Microsoft Word;

2. Программа для работы с электронными таблицами Microsoft Excel;
3. Программа подготовки презентаций Microsoft PowerPoint;
4. Пакет офисных приложений «МойОфис».

## **9.2 Перечень необходимых современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

КонсультантПлюс: справочная правовая система / Компания «Консультант Плюс». –  
Версия Проф, сетевая. - Режим доступа : Компьютерная сеть НБ ТулГУ, свободный. -  
Загл. с экрана.