

# Белорусский государственный университет



« 30 » июня 2017 г.

Регистрационный № УД- 4064 /уч.

## Биотехнология очистки промышленных отходов

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 01 01 Биология (по направлениям)

направления специальности 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология)

2017 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 01 01-2013 и учебного плана УВО № G31-131/уч. 2013 г.

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Пучкова Татьяна Антоновна, доцент кафедры микробиологии Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

Семашко Татьяна Владимировна, ведущий научный сотрудник лаборатории ферментов ГНУ «Институт микробиологии НАН Беларуси», кандидат биологических наук;

Храмцова Елена Аркадьевна, доцент кафедры генетики Белорусского государственного университета, кандидат биологических наук, доцент

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой микробиологии Белорусского государственного университета (протокол № 21 от 05 мая 2017 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 4 от 11 мая 2017 г.)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа УВО по учебной дисциплине «Биотехнология очистки промышленных отходов» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования первой степени по специальности 1-31 01 01 «Биология (по направлениям)». Учебная дисциплина относится к дисциплинам государственного компонента цикла специальных дисциплин учебного плана.

В программе учебной дисциплины рассматриваются типы загрязнений водной, наземной и воздушной среды и современные биотехнологические подходы к ее очистке; особенности разложения и детоксификации различных загрязняющих веществ клетками микроорганизмов. Анализируются вопросы селекции штаммов-деструкторов, возможностей их конструирования с помощью методов генетической инженерии. Приводятся сведения о технологии биоремедиации и об основных направлениях ее использования.

**Цель учебной дисциплины** – формирование представлений о современном состоянии, основных направлениях и перспективах развития биотехнологии в вопросах охраны окружающей среды, характеристике используемых для этого методов.

**Основной задачей** учебной дисциплины является расширение у студентов представлений об общих особенностях использования биологических объектов для охраны окружающей среды и решения вопросов экологической биотехнологии.

Особое внимание уделяется рассмотрению связей между достижениями в области фундаментальных наук (микробиология, молекулярная генетика, молекулярная биология и т. п.) и прикладными аспектами их использования в решении актуальных задач современного общества.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

**знать:**

- особенности функционирования очистных сооружений различного типа;
- качественный и количественный состав микрофлоры при использовании естественных и искусственных систем очистки промышленных отходов;
- сравнительный анализ разложения загрязняющих веществ в аэробных и анаэробных условиях и работы соответствующих реакторов;
- перспективы использования биотехнологий в целях охраны окружающей среды в Республике Беларусь;

**уметь:**

- осуществлять подбор биологических объектов для утилизации отходов различных производств;
- определять состав микрофлоры активного ила;
- владеть основными методами химического анализа состава загрязняющих веществ;

**владеть:**

- принципами и методами подбора и конструирования биологических объектов для целей охраны окружающей среды;
- способами улучшения производственных и экономических характеристик и показателей бактерий-деструкторов методами *in vivo* и *in vitro*;
- принципами использования показателей БПК и ХПК для оценки био-разлагаемости веществ.

Программа учебной дисциплины составлена с учетом межпредметных связей и программ по смежным учебным дисциплинам («Микробиология», «Введение в биотехнологию» и др.).

Изучение учебной дисциплины «Биотехнология очистки промышленных отходов» должно обеспечить формирование у студента следующих компетенций:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.

АК-4. Уметь работать самостоятельно.

ПК-12. Подбирать соответствующее оборудование, аппаратуру, приборы и инструменты и использовать их при осуществлении производственной деятельности.

ПК-13. Учитывать основные принципы организации производств при выполнении профессиональной деятельности и обоснованно формулировать рекомендации по совершенствованию технологического процесса.

ПК-17. Владеть информацией о производствах, основанных на использовании биологических объектов в Республике Беларусь, странах ближнего и дальнего зарубежья, и использовать ее в производственной деятельности.

В соответствии с учебным планом изучение учебной дисциплины осуществляется в 9 семестре. Программа рассчитана на 68 часов, в том числе 42 часов аудиторных: 30 лекционных часов, 10 часов лабораторных занятий, 2 часа управляемой самостоятельной работы студентов. Форма текущей аттестации по учебной дисциплине – зачет.

## **СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА**

### **1. ВВЕДЕНИЕ**

Общие представления об очистке окружающей среды. Развитие исследований по очистке промышленных отходов. Научно-технический прогресс и загрязнение окружающей среды. Влияние антропогенных факторов на биогеохимические циклы элементов: углерода, азота, серы, фосфора. Основные тенденции и перспективные направления развития биотехнологии очистки окружающей среды в Республике Беларусь.

## **2. ТИПЫ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Локальные, региональные и глобальные загрязнения и их характеристика. Создание малоотходных и безотходных производств как способ решения проблем техногенного загрязнения. Понятие о предельно допустимой концентрации (ПДК) отдельных веществ. Виды ПДК для воздушной, водной и почвенной среды. Особенности загрязнения данных экосистем ксенобиотиками, токсикантами и другими химическими веществами. Методы определения биоразлагаемости веществ. Биохимическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК).

## **3. ХИМИЧЕСКОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ**

Источники и пути попадания загрязняющих веществ в почву. Биологические объекты и типы разложения химических веществ. Кометаболизм как процесс разложения токсических веществ микроорганизмами. Особенности процессов разложения пестицидов микроорганизмами, роль процессов и реакций периферического и центрального метаболизма клетки. Зависимость протекания реакций биodeградации от условий окружающей среды. Нефть и отходы ее переработки как один из основных факторов загрязнения окружающей среды. Состав нефти и токсичность для клеток ее отдельных компонентов. Закономерности трансформации нефти и нефтепродуктов биологическими объектами и возможные направления использования микроорганизмов для этих целей. Технологии биоремедиации и возможности их использования. Биоремедиация, биостимуляция и биоаугментация – основные направления использования биологических объектов для разложения органических веществ. Технологии биоремедиации загрязненных почв: *in situ*, *ex situ*. Основные направления использования фиторемедиации: фитоэкстракция, фитodeградация, ризodeградация, фитостабилизация, фитоиспарение). Преимущества и недостатки использования различных технологий биоремедиации.

## **4. СЕЛЕКЦИЯ ШТАММОВ-ДЕСТРУКТОРОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ**

Основные направления селекции штаммов: хемотратная селекция, использование Д-плазмид, конструирование штаммов-деструкторов *in vitro* и создание новых катаболитных путей, белковая инженерия ферментов биodeградации. Характеристика плазмид биodeградации и их биологические особенности. Генетически модифицированные микроорганизмы (ГММ) и их интродукция в природные ценозы, анализ и методы контроля поведения в экосистеме. Выделение микроорганизмов из природных экониш, понятие о биомаркерных и биорепортерных генах. Молекулярная экология и проблемы некультивируемого состояния клеток.

## **5. БИОТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ**

Характеристика и методы очистки газовой воздушной среды. Преимущества и недостатки биологической очистки воздуха. Факторы, влияющие на очистку выбросов. Основные типы реакторов для очистки воздуха.

## **6. БИОЛОГИЧЕСКАЯ (БИОХИМИЧЕСКАЯ) ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД**

Характеристика сточных вод и методов их очистки. Сравнительная оценка биологических методов очистки сточных вод с механическими, физико-химическими и химическими. Характеристика процессов аэробной очистки сточных вод как важнейшей отрасли биотехнологии. Типы очистных сооружений в естественных (поля орошения, поля фильтрации и биологические пруды) и искусственных (биофильтры, аэротенки) условиях. Характеристика и состав микробиоты активного ила и биопленки. Основные группы организмов и их роль в процессах очистки. Факторы, влияющие на эффективность аэробной очистки воды. Способы утилизации активного ила. Процессы анаэробной очистки (разложения органического вещества) и образование биогаза. Основные стадии процесса (гидролиз, кислотогенез, ацетогенез и метаногенез) разложения органического вещества в анаэробных условиях и группы микроорганизмов, их осуществляющие. Образование гранулированной биомассы и ее состав. Факторы, влияющие на эффективность анаэробной очистки воды. Сравнительный анализ разложения загрязняющих веществ в аэробных и анаэробных условиях.

## **7. БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ**

Методы биологической обработки органических отходов. Утилизация твердых бытовых отходов. Биотехнологическая переработка отходов промышленности (отходы целлюлозно-бумажного, пищевых производств) и сельского хозяйства (навоз, солома, древесина). Получение биоразлагаемых полимеров как способ избавления от синтетических полимерных отходов.

## УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	<b>Введение.</b>							
1	Научно-технический прогресс и загрязнение окружающей среды	2						
II	<b>Типы загрязнений окружающей среды.</b>							
2	Нормирование загрязнений воздушной, водной и почвенной среды	2			2			Устный опрос, Предоставление отчетов по лабораторной работе
III	<b>Химическое загрязнение почв.</b>							
3	Типы микробиологической трансформации загрязняющих веществ	2						
4	Нефть и продукты ее переработки как загрязняющие вещества	2						
5	Технологии биоремедиации с использованием микроорганизмов	2						
6	Технологии фиторемедиации	2			2			Устный опрос, Предоставление отчетов по лабораторной работе
IV	<b>Селекция штаммов-деструкторов загрязняющих веществ</b>							
7	Основные направления селекции штаммов-деструкторов	2						

1	2	3	4	5	6	7	8	9
V	<b>Биотехнология очистки воздушной среды</b>							
8	Биотехнология очистки воздушной среды	2						
VI	<b>Биологическая (биохимическая) очистка сточных вод</b>							
9	Характеристика сточных вод и методов очистки	2						
10	Характеристика процессов аэробной очистки сточных вод	2			2			Устный опрос, Предоставление отчетов по лабораторной работе
12	Характеристика и состав микробиоты активного ила и биопленки	2						
13	Характеристика процессов анаэробной очистки сточных вод	2						
VII	<b>Биологическая обработка органических отходов</b>							
14	Биотехнологии использования промышленных отходов	2			2			Устный опрос, Предоставление отчетов по лабораторной работе
15	Биотехнологии использования отходов сельского хозяйства	2			2		2	Устный опрос, Предоставление отчетов по лабораторной работе Письменная контрольная работа



# ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

## ЛИТЕРАТУРА

### *Основная:*

1. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие: в 2 т. / А.Е. Кузнецов [и др.]. – М.: БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010.
2. Экологическая биотехнология : учеб. пособие для студентов специальности «Биоэкология» / Н.С. Ручай, Р.М. Маркевич, Мн. : БГТУ, 2006.
3. Биотехнология: В 8 кн. / под ред. Н.С. Егорова и В.Д. Самуилова. М.: Высшая школа, 1986.
4. Глик Б. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак. М.: Мир, 2002.
5. Егорова Т. А. Основы биотехнологии: Учеб. пособие для высших педагогических учебных заведений / Т. А. Егорова, С. М. Клунова, Е. А. Живухина. – М.: Изд. Центр «Академия», 2003.

### *Дополнительная:*

6. Беспямятнов Г. П., Кротов А. Ю. Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде / Беспямятнов Г. П., Кротов А. Ю. Л.: Химия, 1985.
7. Заварзин А. Г. Лекции по природоведческой микробиологии / Заварзин А. Г. М.: Наука, 2003.
8. Промышленная микробиология: Учеб. Пособие для вузов / З. А. Аркадьева, А. М. Безбородов, И.Н. Блохина и др.; Под ред. Н. С. Егорова. – М.: Высш. шк., 1989.
9. Ермишин А. П. Биотехнология. Биобезопасность. Биоэтика / Ермишин А.П. – Мн.: Тэхналогія, 2005.
10. Glazer A.N. Microbial biotechnology. Fundamentals of applied microbiology / A.N. Glazer, H. Nicaido [Электронный ресурс] // [www.cambridge.org/9780521842105](http://www.cambridge.org/9780521842105). Cambridge University Press, 2007.
11. Okator N. Modern industrial microbiology and biotechnology [Электронный ресурс] / Science Publishers, 2007.

### Web-сайты:

[www.ecology.psu.ru/iegmcol/strain](http://www.ecology.psu.ru/iegmcol/strain)

[www.asmtusa.org](http://www.asmtusa.org)

[www.microbes.org](http://www.microbes.org)

## **ПЕРЕЧЕНЬ КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Промежуточный зачет по разделу «Биологическая обработка органических отходов» (2 часа).

## **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ**

Учебными планами специальности в качестве формы итогового контроля по учебной дисциплине рекомендован зачет. Оценка учебных достижений студента осуществляется на зачете и производится с учетом текущей успеваемости и выполнения заданий УСР.

Для текущего контроля качества усвоения знаний студентами можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;
- проведение коллоквиума;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса.

Студент допускается к сдаче зачета при условии отработки лабораторных занятий и получения отметки не ниже 4 баллов по аудиторному контролю УСР.

## **ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ**

1. Типы загрязнений окружающей среды (2 часа).
2. Технологии биоремедиации (2 часа).
3. Аэробная очистка сточных вод (2 часа).
4. Переработка отходов промышленности и сельского хозяйства (2 часа).
5. Проблемы переработки твердых бытовых отходов (2 часа).

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

## Темы рефератов

- 1) Экологическая биотехнология и основные направления ее развития. Основные тенденции и перспективные направления развития биотехнологии очистки окружающей среды в Республике Беларусь.
- 2) Особенности загрязнения воздушной, водной и почвенной среды ксенобиотиками, токсикантами и другими химическими веществами.
- 3) Источники и пути попадания загрязняющих веществ в почву. Биологические объекты и типы разложения химических веществ.
- 4) Технология биоремедиации и возможности ее использования. Ассоциации микроорганизмов и их использование в процессах очистки объектов окружающей среды.
- 5) Проблемы, связанные с микробиологической деградацией токсических веществ (стабильность микробоценозов, исследование путей деградации, управление естественной микрофлорой и др.).
- 6) Закономерности трансформации нефти и нефтепродуктов биологическими объектами и возможные направления использования микроорганизмов для этих целей.
- 7) Принципы селекции микроорганизмов. Положительные и отрицательные стороны использования микроорганизмов, созданных методами генной инженерии.
- 8) Генетически модифицированные организмы и их роль в экологической биотехнологии.
- 9) Основные направления селекции штаммов-деструкторов загрязняющих веществ.
- 10) Характеристика плазмид биодegradации и их биологические особенности.
- 11) Перспективы использования генетически модифицированных микроорганизмов для биодegradации поллютантов.
- 12) Дegradация ксенобиотиков. Основные принципы микробной трансформации ксенобиотиков. Трансгенные микроорганизмы – эффективные биодеструкторы ксенобиотиков и нефтепродуктов.
- 13) Характеристика процессов аэробной очистки сточных вод как важнейшей отрасли биотехнологии.
- 14) Характеристика и состав микрофлоры активного ила и биопленки. Основные группы организмов и их роль в процессах очистки.
- 15) Основные стадии процесса разложения органического вещества в анаэробных условиях (гидролиз, кислотогенез, ацетогенез и метаногенез) и группы микроорганизмов, их осуществляющие.
- 16) Методы биологической обработки органических отходов.

## **МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ**

Текущая аттестация по учебной дисциплине проводится в соответствии со следующими нормативными документами:

1) ПРАВИЛА проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования, утвержденные Постановлением Министерства образования Республики Беларусь 29.05.2012 № 53;

2) ПОЛОЖЕНИЕ о рейтинговой системе оценки знаний по дисциплине в Белорусском государственном университете, утвержденное Приказом ректора БГУ от 18.08.2015 № 382-ОД;

3) Критерии оценки и компетенций студентов по 10-ти балльной шкале, утвержденные Приказом Министерства образования Республики Беларусь от 22.12.2003 №21-04-1/105.

## ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу
Микробиология	Микробиологии	Отсутствуют Зав. кафедрой В.А. Прокулевич	Утвердить согласование протокол № 21 от 05 мая 2017 г.
Введение в биотехнологию	Молекулярной биологии	Отсутствуют Зав. кафедрой А.Н. Евтушенков	Утвердить согласование протокол № 21 от 05 мая 2017 г.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО**  
на \_\_\_\_/\_\_\_\_ учебный год

№№ ПП	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (название кафедры) (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)