

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики**

**Д.В. Кузьмин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Технологии биопереработки твердых отходов
<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биотехнология и биомедицинская информатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра биотехнологий и инженерии биосистем
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 60 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: В.В. Миронов, д-р техн. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры биотехнологий и инженерии биосистем 26.02.2025

## Аннотация

Курс посвящен изучению существующих и передовых методов утилизации и обезвреживания биоорганических отходов производства и потребления с получением полезных и безопасных продуктов.

Студенты познакомятся с видами биоорганических отходов, классификацией способов, машинно-аппаратурной реализацией технологических процессов, нормативными требованиями, тенденциями совершенствования технологий, контролем качества процесса и продукции, моделированием, теоретическими основами физико-химических и биологических процессов, микробными сообществами, биопрепаратами, перспективными направлениями научных исследований

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Получение профессиональных компетенций в области существующих и передовых методов утилизации и обезвреживания биоорганических отходов производства и потребления с получением полезных и безопасных продуктов.

#### Задачи дисциплины

Дать представление о биотехнологиях, основанных на деструкции органических веществ.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для постановки и решения научно-исследовательских задач в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-1.3 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.4 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.5 Способен создавать программные средства и базы данных, используемые в биоинженерии и биоинформатике
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- морфологический состав биоорганической фракции ТКО, компостирование, деструкция органического вещества в теле полигона ТКО и свалочный газ.

уметь:

- подбирать оптимальные технологии утилизации биоорганических отходов;
- подбирать оптимальные методы контроля качества процесса и продукта переработки отходов.

владеть:

- навыками выбора биологических методов утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Виды биоорганических отходов	3	4		15
2	Общая стратегия в обращении с отходами и правовое регулирование деятельности в области обращения с отходами в Российской Федерации	4	4		7
3	Сбор, транспортировка и переработка отходов	4	3		9
4	Состав и свойства твердых биоорганических отходов	4	4		10
5	Обращение с биоорганическими отходами	4	3		10
6	Компостирование биоорганических отходов	4	4		8
7	Полигоны ТКО и свалочный газ	4	4		8
8	Биофильтрация газовых выбросов	3	4		8
Итого часов		30	30		75
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

###### 1. Виды биоорганических отходов

Механически сортированная органическая фракция твердых коммунальных отходов (мс-ОФТКО, отсеб ТКО, биоорганическая фракция), избыточный активный ил очистных сооружений, пищевые отходы, отходы сельского хозяйства и перерабатывающих производств.

###### 2. Общая стратегия в обращении с отходами и правовое регулирование деятельности в области обращения с отходами в Российской Федерации

Основные принципы государственной политики в области обращения с отходами. Лицензирование деятельности по сбору, использованию, обезвреживанию, транспортировке, размещению опасных отходов. Паспортизация опасных отходов. Определение класса опасности отходов для окружающей среды. Правовое регулирование деятельности в области обращения с отходами в Российской Федерации. Федеральный закон от 24 июня 1998 г. № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» Нормативные документы, регулирующие обращение с отходами в РФ.

### 3. Сбор, транспортировка и переработка отходов

Сбор и транспортировка отходов. Комплекс по переработке отходов. Сортировка ТКО, технологическая схема. Отсев ТКО: технологическая схема получения, объем.

### 4. Состав и свойства твердых биоорганических отходов

Компонентный (морфологический) отходы: методика анализа. Физико-химические свойства. Биотестирование на определение класса опасности. Специализированные лаборатории. Методы отбора, оформления и доставки проб.

### 5. Обращение с биоорганическими отходами

Компостирование. Анаэробное сбраживание. Размещение (захоронение) отходов на полигоне.

### 6. Компостирование биоорганических отходов

Машинно-аппаратурное реализация технологических процессов. Тенденции совершенствования технологий. Контроль качества процесса и продукта: температурный и газовый режимы, pH, электропроводность, аммонийный азот, индекс прорастания, статический и динамический индексы дыхательной активности, Роттеград. Моделирование. Теоретические основы физико-химических и биологических процессов. Микробные сообщества. Способы ускорения биоразложения. Биопрепараты. Массовый баланс производства: расчет входного сырья, потерь, фильтрата, эмиссии летучих веществ. Определение степени разложения пластмасс в установленных условиях компостирования в процессе пробных испытаний. Перспективные направления научных исследований.

### 7. Полигоны ТКО и свалочный газ

Анаэробное сбраживание. Деструкция органического вещества в теле полигона. Дегазация. Фильтрат. Биогазовый потенциал

### 8. Биофильтрация газовых выбросов

Основные группы летучих веществ в отработанном при компостировании воздухе. Биологическая очистка газовых выбросов. Аппаратурное оформление. Методы контроля. Микроорганизмы и микробные сообщества

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

Основная литература

#### Основная литература:

Литература предоставляется базовой кафедрой:

1. Вайсман Я.И. и др. Изменение микробиоценозов полигонов захоронения твердых бытовых отходов на различных этапах их жизненного цикла - Пермь: ПНИПУ, 2004 - 102 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/160320>
2. Миннихметов И.С. и др. Рекультивация земель: учебное пособие - Уфа: БГАУ, 2021 - 136 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/201029>
3. Голованов А.И. и др. Рекультивация нарушенных земель: 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2022 - 336 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211925>

#### Дополнительная литература

Дополнительная литература:

Литература предоставляется базовой кафедрой:

1. Ерофеев В.Т. и др. Микробиологическое разрушение материалов: учебно-методическое пособие - Москва: АСВ, 2008 - 128 с. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930935516.html>
2. Житин Ю. И. и др. Приемы использования отходов производства в агроэкосистемах Центрального Черноземья - Воронеж: ВГАУ, 2015 - 218 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/178848>
3. Котелевцев С.В. и др. Экологическая токсикология и биотестирование водных экосистем: Учебное пособие: 1 - Москва: ООО 'Научно-издательский центр ИНФРА-М', 2015 - 252 с. - URL: <http://znanium.com/catalog/document?id=240803>

#### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

#### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Для части занятий потребуется Zoom. Google Drive для доступа к материалам курса.

Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Биотехнология  
**профиль подготовки:** Биотехнология и биомедицинская информатика  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
кафедра биотехнологий и инженерии биосистем  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

**Разработчик:** В.В. Миронов, д-р техн. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен использовать специализированные знания фундаментальных разделов математики, физики, химии и биологии для постановки и решения научно-исследовательских задач в области биоинженерии и биоинформатики
	ПК-1.3 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.4 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
	ПК-1.5 Способен создавать программные средства и базы данных, используемые в биоинженерии и биоинформатике
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен самостоятельно планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Технологии биопереработки твердых отходов» обучающийся должен:

### знать:

- морфологический состав биоорганической фракции ТКО, компостирование, деструкция органического вещества в теле полигона ТКО и свалочный газ.

### уметь:

- подбирать оптимальные технологии утилизации биоорганических отходов;
- подбирать оптимальные методы контроля качества процесса и продукта переработки отходов.

### владеть:

- навыками выбора биологических методов утилизации и обезвреживания отходов производства и потребления.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Виды биоорганических отходов.
2. Основные принципы государственной политики в области обращения с отходами.
3. Сбор и транспортировка отходов.
4. Комплекс по переработке отходов.
5. Состав твердых биоорганических отходов.
6. Свойства твердых биоорганических отходов.



7. Методы утилизации биоорганических отходов.
8. Компостирование биоорганических отходов: машинно-аппаратурное реализация технологических процессов.
9. Компостирование биоорганических отходов: тенденции совершенствования технологий.
10. Контроль качества процесса и продукта.

Во время занятий могут проходить интерактивные обсуждения в чатах курса, что будет являться домашним заданием. Возможно выполнение патентного поиска в качестве самостоятельной задачи. Успешное выполнение всех заданий по курсу и выполнение контрольных срезов знаний дает преимущество на дифференцированном зачете.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Билеты составляют из типовых вопросов курса:

1. Компостирование биоорганических отходов: теоретические основы физико-химических и биологических процессов и моделирование.
2. Компостирование биоорганических отходов: микробные сообщества, биопрепараты и способы ускорения биоразложения.
3. Компостирование биоорганических отходов: массовый баланс, расчет входного сырья, потерь, фильтрата, эмиссии летучих веществ.
4. Определение степени разложения пластмасс в установленных условиях компостирования в процессе пробных испытаний.
5. Компостирование биоорганических отходов: перспективные направления научных исследований.
6. Деструкция органического вещества в теле полигона.
7. Анаэробное сбраживание.
8. Биогазовый потенциал.
9. Биофильтрация газовых выбросов.
10. Микроорганизмы и микробные сообщества.

Примеры билетов:

Билет №1

1. Деструкция органического вещества в теле полигона.
2. Анаэробное сбраживание

Билет №2

1. Биофильтрация газовых выбросов.
2. Микроорганизмы и микробные сообщества.

#### **Критерии оценивания**

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.