

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Биология»



УТВЕРЖДАЮ:  
Первый проректор  
/Змызгова Т.Р./  
«30» августа 2023 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**ИНЖЕНЕРНАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ**  
образовательной программы высшего образования –  
программы бакалавриата

**19.03.01– Биотехнология**

Направленность:  
**Биотехнология**

Формы обучения: заочная

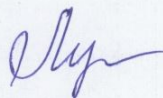
Курган 2023

Рабочая программа дисциплины «Инженерная энзимология» составлена в соответствии с учебными планами по программе бакалавриата Биотехнология (Биотехнология), утвержденными:

- для заочной формы обучения «30» июня 2023 года.

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена на заседании кафедры «Биология» «29» августа 2023 года, протокол № 1

Рабочую программу составил  
Доцент кафедры «Биология»



Т.А. Лушникова

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Биология»



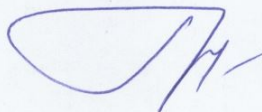
О.В. Козлов

Специалист по учебно-методической работе  
учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник Управления  
образовательной деятельности



И.В. Григоренко

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 4 зачетных единицы трудоемкости (144 академических часа)

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		6
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции	8	8
Практические занятия	4	4
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>132</b>	<b>132</b>
<b>в том числе:</b>		
Контрольная работа	18	18
Подготовка к зачету	18	18
Другие виды самостоятельной работы	96	96
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>зачет</b>	<b>зачет</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>144</b>	<b>144</b>

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина «Инженерная энзимология» относится к части формируемой участниками образовательных отношений дисциплин блока 1. Изучение дисциплины базируется на результатах обучения, сформированных при изучении следующих дисциплин: «Начертательная геометрия и инженерная графика», «Органическая химия», «Введение в биотехнологию», «Генетическая инженерия», Основы биохимии и молекулярной биологии».

Результаты обучения по дисциплине необходимы для освоения последующих дисциплин: «Химия биологически активных веществ», «Биотехнологические процессы в промышленности», «Промышленная микробиология и биотехнология», «Биокаталитические, биосинтетические, биосенсорные технологии», «Основы пищевой биотехнологии».

## **3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**

**Цель освоения дисциплины:** формирование представлений о теоретических основах и основных методах энзимологии, применение полученных знаний и навыков в решении профессиональных задач в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

**Задачами дисциплины** являются формирование комплексного представления об инженерной энзимологии как о прикладной науке, изучающей промышленное применение ферментов; формирование целостного представления о значении энзимов в жизни человека и химической структуре фермента; ознакомление с методами исследования ферментов; овладение навыками и методами количественной оценки кинетических параметров ферментативного катализа; формирование практических навыков и умений экспериментальных манипуляций и методов создания иммобилизованных форм ферментов с заданными свойствами

### **Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:**

- Выполнение работ по внедрению технологических процессов при промышленном производстве лекарственных средств и управление промышленным производством лекарственных средств (ПК-2).
- Организационно-технологическое обеспечение, управление, ведение технологического процесса производства биотехнологической продукции для пищевой промышленности (ПК-6).

### **В результате изучения дисциплины обучающийся должен:**

- **Знать** основы технологических процессов в соответствии с регламентом, основные параметры биотехнологических процессов; закономерности кинетики ферментативного катализа; механизмы действия ферментов; современные аспекты инженерной энзимологии (для ПК-6).
- **Уметь** реализовывать и управлять биотехнологическими процессами; применять современные методы изучения ферментативных реакций на практике; определять ферментативную активность и скорость реакции, интерпретировать экспериментальные результаты, производить необходимые расчеты (для ПК-2).
- **Владеть** современными методами для измерения основных параметров ферментативных реакций (для ПК-2).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план

#### Заочная форма обучения

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем	
		Лекции	Практические работы
1	Тема 1. Общие свойства ферментов	1	-
2	Тема 2. Механизм действия ферментов	1	1
3	Тема 3. Регуляция активности ферментов	1	1
4	Тема 4. Классификация, номенклатура и методы определения активности ферментов	1	1
5	Тема 5. Имобилизованные ферменты, получение и применение	4	1
<b>Всего:</b>		<b>8</b>	<b>4</b>

### 4.2. Содержание лекционных занятий

#### *Тема 1. Общие свойства ферментов*

Введение. Место энзимологии среди других научных направлений и ее связь с химическими и биологическими дисциплинами. История открытия и изучения ферментов. Строение и общие свойства ферментов. Химическая природа ферментов. Молекулярная структура ферментов. Активный и аллостерический центры. Контактный и каталитический участки активного центра. Функциональные отличия ферментов от низкомолекулярных катализаторов. Проферменты. Апоферменты и простетические группы сложных ферментов. Коферменты, кофакторы и их роль в каталитическом процессе. Мультимолекулярные ферментные комплексы. Изоферменты и их биологическое значение. Синтез ферментов и его регуляция. Индукция и репрессия синтеза. Посттрансляционная модификация ферментов. Роль ограниченного протеолиза в активации ферментов. Получение ферментов в очищенном виде. Методы фракционирования и выделения ферментов. Методы исследования структуры ферментов и строения активного центра. Молекулярные аспекты специфичности ферментов. Теории сродства фермента и субстрата. Природа физико-химических взаимодействий молекул субстрата с активными центрами ферментов. Строение и функции биологических мембран, их роль в компартментализации разнонаправленных биохимических процессов в тканях. Локализация ферментов в клетках и тканях живых организмов. Роль ферментов в живых системах и в биотехнологических технологиях. Условия функционирования ферментов в клеточных и бесклеточных биологических системах.

#### *Тема 2. Механизм действия ферментов*

Кинетика ферментативного катализа. Теории катализа. Отличительные черты ферментативного катализа. Эффективность действия ферментов. Образование фермент-субстратных комплексов. Зависимость скорости реакции от концентрации субстрата. Теория Михаэлиса – Ментен. Кинетика ферментативных реакций. Константы скоростей образования и распада фермент-субстратных комплексов (малые константы). Интегральные константы ферментативной реакции: максимальная скорость реакции, константа сродства и константа Михаэлиса. Уравнения ферментативной реакции.

#### *Тема 3. Регуляция активности ферментов*

Энергия химической реакции. Уравнение Аррениуса. Энергетический барьер реакции и энергия активации неферментативных и ферментативных реакций. Зависимость активности фермента от температуры. Температурный оптимум ферментативной реакции. Термостабильные и термолабильные ферменты. Активность ферментов при низких температурах. Зависимость

скорости реакции от значения рН раствора. Влияние рН на заряд ионогенных групп в молекулах белка. Изменения структуры фермента и реакционной способности активного центра при разных значениях рН. Оптимальное значение рН для ферментов и его биологическое значение. Энзимозлектрофорез.

Активность нативных ферментов. Роль тетичной и четвертичной структур молекулы фермента. Специфические факторы, повышающие активность ферментов. Классификация, механизмы действия. Роль анионов и катионов металлов в активации ферментов. Аллостерическая регуляция активности фермента, действие промежуточных и конечных продуктов реакции. Регуляция скорости многоэтапных биохимических процессов путем обратной отрицательной связи. Ингибиторы ферментов: классификация, механизмы действия. Обратимые и необратимые ингибиторы. Константы ингибирования. Конкурентное и аллостерическое ингибирование ферментов. Белковые ингибиторы ферментов. Ковалентная модификация структуры и активности ферментов.

#### **Тема 4. Классификация, номенклатура и методы определения активности ферментов**

Принципы классификации ферментов. Шифр фермента. Характеристика класса оксидоредуктаз. Подклассы, наиболее важные представители и энергетическое значение катализируемых оксидоредуктазами реакций. Механизмы реакций ферментативного окисления и восстановления субстратов. Трансферазы. Важнейшие представители этого класса и механизмы их действия. Биологическое значение трансферазных реакций. Коферменты трансфераз. Характеристика класса гидролаз. Особенности строения и механизмы действия гидролаз. Лиазы. Особенности каталитического действия. Важнейшие представители. Изомеразы. Роль реакций изомерного превращения в биологических процессах. Механизм действия изомераз, примеры реакций. Синтетазы. Механизмы действия. Зависимость от источников энергии. Значение в процессах анаболизма. Отдельные представители. Принципы и способы количественного определения активности ферментов.

#### **Тема 5. Имобилизованные ферменты, получение и применение**

Ферменты в биотехнологии. Становление инженерной биотехнологии. Источники ферментов. Технология культивирования микроорганизмов — продуцентов ферментов. Технология выделения и очистки ферментных препаратов. Имобилизованные ферменты, их достоинства и недостатки. Имобилизация ферментов, понятие, методы. Носители для иммобилизации ферментов. Физические методы иммобилизации ферментов. Химические методы иммобилизации ферментов. Имобилизация клеток.

Биотехнологические промышленные процессы с использованием иммобилизованных ферментов и клеток. Ферментативная конверсия целлюлозы в глюкозу. Получение глюкозо-фруктозных сиропов. Получение L-аминокислот и L-яблочной кислоты. Применение иммобилизованных ферментов в тонком органическом синтезе. Имобилизованные ферменты в анализе. Иммуноферментный анализ, его использование. Имобилизованные ферменты в медицине. Имобилизованные ферменты как лекарственные средства. Биотехнологическое производство лекарственных средств. Биотехнологические процессы в пищевой промышленности. Биотехнология производства метаболитов. Производство белка. Использование иммобилизованных клеток прокариот и эукариот.

### **4.3. Практические занятия**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование практической работы	Норматив времени, час.
			Заочная форма обучения
1	Общие свойства ферментов	Строение и общие свойства ферментов.	-
2	Механизм действия ферментов	Кинетика ферментативного катализа.	1

3	Регуляция активности ферментов	Регуляция активности ферментов	1
4	Тема 4. Классификация, номенклатура и методы определения активности ферментов	Принципы и способы количественного определения активности ферментов.	1
5	Тема 5. Иммуобилизованные ферменты, получение и применение	Иммуобилизация ферментов и клеток.	1
<b>Всего</b>			<b>4</b>

#### 4.4. Контрольная работа

Контрольная работа посвящена более глубокому изучению тем: «Общие свойства ферментов», «Механизм действия ферментов», «Регуляция активности ферментов», «Классификация, номенклатура и методы определения активности ферментов», «Иммуобилизованные ферменты, получение и применение». Контрольная работа оформляется в редакторе Word. Формат книжный, А4. Поля: оформлением полей: левое – 30мм, правое – 10 мм, нижнее – 20 мм, верхнее – 20 мм. Абзацный отступ – 1,25 см. Шрифт – Times New Roman 14, интервал 1,5. В конце работы идет пронумерованный список источников и литературы в алфавитном порядке.

### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей практической работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Залогом качественного выполнения практических работ является самостоятельная подготовка к ним накануне путем повторения материалов лекций. Рекомендуется подготовить вопросы по неясным моментам и обсудить их с преподавателем в начале практической работы.

Преподавателем запланировано применение на практических занятиях технологий развивающего обучения, коллективного взаимодействия, разбора конкретных ситуаций. Поэтому приветствуется групповой метод выполнения практических работ, защиты отчетов, а также самооценка и обсуждение результатов выполнения практических работ.

Рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим работам, выполнение контрольной работы, подготовку к зачету.

#### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.
	Заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>92</b>
Тема 1. Общие свойства ферментов	15

Тема 2. Механизм действия ферментов	15
Тема 3. Регуляция активности ферментов	15
Тема 4. Классификация, номенклатура и методы определения активности ферментов	15
Тема 5. Имобилизованные ферменты, получение и применение	32
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 2 часа на каждое занятие)	4
<b>Контрольная работа</b>	18
<b>Подготовка к зачету</b>	18
<b>Всего:</b>	<b>132</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Отчеты студентов по практическим работам.
2. Вопросы к зачету.
- 3 Контрольная работа

### 6.2. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Зачет (по итогам семестра) проводится в форме устного собеседования. Вопросы к зачету содержатся в экзаменационных билетах, включающих по 3 теоретических вопроса. На подготовку к ответу студенту дается минимум 45 минут.

Результаты текущего контроля успеваемости и зачета заносятся преподавателем в зачетную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день зачёта, а также выставляются в зачетную книжку студента.

### 6.3. Примеры оценочных средств для зачета

#### Перечень вопросов к зачету

1. Биоиндустрия ферментов. Применение ферментов. Источники ферментов.
2. Биосенсоры на основе иммобилизованных ферментов
3. Иммобилизация ферментов и клеток, понятие, методы.
4. Иммобилизованные ферменты в биотехнологических производствах.
5. Иммобилизованные ферменты как лекарственные средства.
6. Иммобилизованные ферменты в анализе.
7. Иммобилизованные ферменты в медицине. Иммобилизованные ферменты как лекарственные средства.
8. Иммуноферментный анализ, его использование
9. Инженерная энзимология, ее задачи, история становления и современный этап.
10. Источники ферментов. Технология культивирования микроорганизмов — продуцентов ферментов.
11. Микробиологическое производство лекарственных средств.
12. Носители для иммобилизации ферментов
13. Применение иммобилизованных ферментов в тонком органическом синтезе.
14. Сравните ферментные препараты и иммобилизованные ферменты, их достоинства и недостатки.
15. Ферментативная конверсия целлюлозы в глюкозу.
16. Физические методы иммобилизации ферментов. Химические методы иммобилизации ферментов.
17. Химическая структура ферментов. Строение активного центра. Регуляторные и аллостерические ферменты.
18. Множественные формы ферментов. Изоферменты. Мультиферментные комплексы (характеристика, особенности, значение, примеры).



19. Механизм ферментативной реакции.
20. Основные понятия химической кинетики. Скорость химической реакции. Зависимость скорости от концентрации фермента и субстрата, от времени, температуры и pH.
21. Ингибиторы ферментативных реакций: определение, классификация, примеры. Влияние ингибиторов на основные кинетические параметры.
22. Технология выделения и очистки ферментных препаратов. Методы проверки чистоты и активности фермента.

#### **6.4. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценивания образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

### **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

#### **7.1. Основная учебная литература**

1. Бландов, А. Н. Кинетика ферментативных реакций: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / А. Н. Бландов. – Электрон.текстовые данные. – СПб.: Университет ИТМО, 2015. – 30 с. – URL:<http://www.iprbookshop.ru/66505.html>. – Режим доступа: для авторизир.пользователей.
2. Виноградова, Т. В. Кинетика простых гомогенных реакций : учебное пособие [Электронный ресурс] / Т. В. Виноградова ; под редакцией В. Ф. Марков. – Электрон. текстовые данные. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 75 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/66160.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Егорова Т.А. Основы биотехнологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 208с.
4. Плакунов, В. К. Основы энзимологии [Электронный ресурс] / В. К. Плакунов. – Электрон. текстовые данные. – М. : Логос, 2011. – 127 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/70702.html>. – Режим доступа: для авторизир.пользователей.

#### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Михайлова, Р. В. Мацерирующие ферменты мицелиальных грибов в биотехнологии : монография [Электронный ресурс] / Р. В. Михайлова. - Электрон. текстовые данные. – Минск : Белорусская наука, 2007. – 407 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/10101.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Основы биотехнологии [Электронный ресурс]/Кузьмина Н.А.: - М.: Абрис, 2012.- (Учеб. пособие) - доступ из ЭБС «Консультант студента»).
3. Уилсон, К., Уолкер, Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. Доступ через ЭБС «Лань»: <http://e.lanbook.com/books>

### **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Бландов, А. Н. Кинетика ферментативных реакций : учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / А. Н. Бландов. – Электрон.текстовые данные. – СПб. : Университет ИТМО, 2015. – 30 с. – URL:<http://www.iprbookshop.ru/66505.html>. – Режим доступа: для авторизир.пользователей.
2. Виноградова, Т. В. Кинетика простых гомогенных реакций : учебное пособие [Электронный ресурс] / Т. В. Виноградова ; под редакцией В. Ф. Марков. – Электрон. текстовые данные. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2014. – 75 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/66160.html>. – Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Егорова Т.А. Основы биотехнологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 208с.

4. Плакунов, В. К. Основы энзимологии [Электронный ресурс] / В. К. Плакунов. – Электрон. текстовые данные. – М. : Логос, 2011. – 127 с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/70702.html>. – Режим доступа: для авторизир.пользователей.

## 9.

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

Ресурсы сети Интернет, необходимые для освоения дисциплины:

1. ЭБС «Лань»
2. ЭБС «Консультант студента»
3. ЭБС «Znanium.com»
4. «Гарант» – справочно-правовая система

### **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение по реализации дисциплины осуществляется в соответствии с требованиями ФГОС ВО по данной образовательной программе.

### **12. ДЛЯ СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

При использовании электронного обучения дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью и/или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределения нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1, распределение баллов п. 6.2 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до обучающихся.

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Инженерная энзимология»**

образовательной программы высшего образования –  
 программы бакалавриата

**19.03.01– Биотехнология**

Направленность:

**Биотехнология**

Трудоемкость дисциплины: 4 ЗЕ (144 академических часа)

Семестр: 6 (заочная форма обучения)

Форма промежуточной аттестации: зачет

**Содержание дисциплины**

Химическая структура ферментов. Строение активного центра. Регуляторные и аллостерические ферменты. Множественные формы ферментов. Изоферменты. Мультиферментные комплексы (характеристика, особенности, значение, примеры). Механизм ферментативной реакции. Основные понятия химической кинетики. Скорость химической реакции. Зависимость скорости от концентрации фермента и субстрата, от времени, температуры и pH. Ингибиторы ферментативных реакций: определение, классификация, примеры. Влияние ингибиторов на основные кинетические параметры. Технология выделения и очистки ферментных препаратов. Методы проверки чистоты и активности фермента. Инженерная энзимология. Иммунизация ферментов и клеток. Иммунизированные ферменты в биотехнологических процессах, в органическом синтезе, в анализе. Иммунизированные ферменты как лекарственные средства. Иммуноферментный анализ. Микробиологическое производство лекарственных средств.