

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования "Пермский
государственный национальный исследовательский
университет"

Кафедра микробиологии и иммунологии

Авторы-составители: **Максимов Александр Юрьевич**

Рабочая программа дисциплины
ЭНЗИМОБИОТЕХНОЛОГИЯ
Код УМК 99028

Утверждено
Протокол №5
от «15» мая 2023 г.

Пермь, 2023

1. Наименование дисциплины

Энзимобиотехнология

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина входит в обязательную часть Блока « Б.1 » образовательной программы по направлениям подготовки (специальностям):

Направление подготовки: **19.03.01** Биотехнология

направленность Микробные и клеточные технологии

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины **Энзимобиотехнология** у обучающегося должны быть сформированы следующие компетенции:

19.03.01 Биотехнология (направленность : Микробные и клеточные технологии)

ОПК.7 Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико- химические, химические, биологические, микробиологические методы

Индикаторы

ОПК.7.1 Демонстрирует знание современных биотехнологических методов и технологий

ПК.1 Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок

Индикаторы

ПК.1.2 Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования

4. Объем и содержание дисциплины

Направление подготовки	19.03.01 Биотехнология (направленность: Микробные и клеточные технологии)
форма обучения	очная
№№ триместров, выделенных для изучения дисциплины	10
Объем дисциплины (з.е.)	3
Объем дисциплины (ак.час.)	108
Контактная работа с преподавателем (ак.час.), в том числе:	42
Проведение лекционных занятий	28
Проведение практических занятий, семинаров	14
Самостоятельная работа (ак.час.)	66
Формы текущего контроля	Защищаемое контрольное мероприятие (1) Итоговое контрольное мероприятие (1) Письменное контрольное мероприятие (1)
Формы промежуточной аттестации	Зачет (10 триместр)

5. Аннотированное описание содержания разделов и тем дисциплины

Учение о ферментах, их структура, свойства, классификация. Основные положения инженерной энзимологии.

Основы учения о ферментах и биокатализе. История исследования ферментационных процессов. Фундаментальные и прикладные аспекты энзимологии.

Структурно-функциональные особенности биокатализа, преимущества перед химическим катализом абиогенными катализаторами.

Структура, свойства и механизм действия ферментов. Сходство и отличие биологических катализаторов от абиогенных, главным образом, неорганических.

Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах.

Классификация ферментов. Характеристика их основных групп, структурно-функциональные особенности.

Классификация ферментов, характеристика классов, подклассов, отдельных представителей, их структурно-функциональные особенности.

I класс – Оксидоредуктазы.

II класс – Трансферазы.

III класс – Гидролазы.

IV класс – Лиазы.

V класс – Изомеразы.

VI класс – Лигазы.

Корреляция и неоднозначность соответствия структурных групп и функциональной классификации по типам реакций.

Кофакторы ферментов. Ферментативная кинетика.

Кофакторы ферментов, их классификация, соответствие выполняемым реакциям. Свойства и биосинтез кофакторов ферментов.

Кинетика ферментативных реакций. Зависимость скорости реакций от сродства фермента к субстрату и продукту, температуры, кислотности, концентрации компонентов среды, субстратов и продуктов, массообмена.

Экспериментальный анализ последовательности и пространственной структуры ферментов.

LC-MS. Кристаллография. Двумерная ЯМР-спектроскопия.

Предсказание структуры ферментов с помощью компьютерных методов молекулярного моделирования.

Квантовомеханические методы. Метод молекулярной динамики.

Компьютерная визуализация пространственной структуры ферментов. .

Селекция и конструирование продуцентов ферментов.

Использование ресурсов Internet в инженерной энзимологии. Компьютерные базы данных. Базы данных аминокислотной последовательности белков. Базы данных трехмерной структуры белков. Интегральные базы данных. Метаболические базы данных.

Белковая инженерия ферментов. Рациональный дизайн промышленных ферментов.

Сайт-специфический мутагенез субтилизина.

Направленная эволюция промышленных ферментов (эволюция in vitro). Биоинформационные библиотеки белков, ферментов. Мутагенез и мутагенные факторы. Генетическая рекомбинация. Отбор ферментов с улучшенными свойствами. Критерии отбора промышленных ферментов. Изменение с

помощью направленной эволюции стабильности (термостабильности и устойчивости к органическим растворителям), активности, субстратной специфичности, энантиоселективности и связывающих свойств ферментов.

Получение химерных и бифункциональных ферментов. Получение полусинтетических ферментов и их использование в качестве промышленных биокатализаторов.

Каталитические антитела (абзимы). Черты сходства и отличия абзимов и ферментов. Способы получения абзимов. Абзимы, каталитическая активность которых основана на стабилизации переходного состояния реакции. Абзимы, каталитическая активность которых связана с использованием нуклеофильного катализа. Практическое значение абзимов. РНК-биокатализаторы, Рибозимы.

Получение ферментных препаратов. Гомогенные и гетерогенные процессы.

Методы получения ферментных препаратов.

Методы разрушения клеток и тканей.

Фракционирование и очистка ферментов.

Гомогенные и гетерогенные биотехнологические процессы.

Ферменты в промышленности и промышленные биокаталитические процессы.

Ферменты в промышленности и промышленные биокаталитические процессы.

Ферментативные процессы в переработке и утилизации биогенного сырья.

Ферментативные процессы в переработке и утилизации биогенного сырья.

Трансформация техногенных органических соединений..

Трансформация техногенных органических соединений.

Ферменты в медицине, ветеринарии, сельскохозяйственной биотехнологии

Ферменты в медицине, ветеринарии, сельскохозяйственной биотехнологии

6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Освоение дисциплины требует систематического изучения всех тем в той последовательности, в какой они указаны в рабочей программе.

Основными видами учебной работы являются аудиторные занятия. Их цель - расширить базовые знания обучающихся по осваиваемой дисциплине и систему теоретических ориентиров для последующего более глубокого освоения программного материала в ходе самостоятельной работы. Обучающемуся важно помнить, что контактная работа с преподавателем эффективно помогает ему овладеть программным материалом благодаря расстановке необходимых акцентов и удержанию внимания интонационными модуляциями голоса, а также подключением аудио-визуального механизма восприятия информации.

Самостоятельная работа преследует следующие цели:

- закрепление и совершенствование теоретических знаний, полученных на лекционных занятиях;
- формирование навыков подготовки текстовой составляющей информации учебного и научного назначения для размещения в различных информационных системах;
- совершенствование навыков поиска научных публикаций и образовательных ресурсов, размещенных в сети Интернет;
- самоконтроль освоения программного материала.

Обучающемуся необходимо помнить, что результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем во время проведения мероприятий текущего контроля и учитываются при промежуточной аттестации.

Обучающимся с ОВЗ и инвалидов предоставляется возможность выбора форм проведения мероприятий текущего контроля, альтернативных формам, предусмотренным рабочей программой дисциплины. Предусматривается возможность увеличения в пределах 1 академического часа времени, отводимого на выполнение контрольных мероприятий.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации.

При проведении текущего контроля применяются оценочные средства, обеспечивающие передачу информации, от обучающегося к преподавателю, с учетом психофизиологических особенностей здоровья обучающихся.

7. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

При самостоятельной работе обучающимся следует использовать:

- конспекты лекций;
- литературу из перечня основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля);
- текст лекций на электронных носителях;
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимые для освоения дисциплины;
- лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение из перечня информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине;
- методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная:

1. Луканин, А. В. Инженерная биотехнология: основы технологии микробиологических производств : учебное пособие / А.В. Луканин. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 304 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/18209. - ISBN 978-5-16-011479-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система Znanium : [сайт]. <https://znanium.com/catalog/product/1893661>
2. Максимова Ю. Г., Максимов А. Ю. Биоресурсы и биотехнологии. Основы биотехнологии: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Биология"/Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2019, ISBN 978-5-7944-3298-5.-1031.-Библиогр.: с. 101-103 <https://elis.psu.ru/node/592372>

Дополнительная:

1. Плакунов, В. К. Основы энзимологии / В. К. Плакунов. — Москва : Логос, 2011. — 127 с. — ISBN 5-94010-027-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. <http://www.iprbookshop.ru/70702>
2. Максимова Ю. Г., Максимов А. Ю. Иммобилизованные клетки и ферменты в биотехнологии: учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров "Биотехнология"/Ю. Г. Максимова, А. Ю. Максимов.-Пермь:ПГНИУ,2018, ISBN 978-5-7944-3183-4.-88.-Библиогр.: с. 80-82

9. Перечень ресурсов сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

При освоении дисциплины использование ресурсов сети Интернет не предусмотрено.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Образовательный процесс по дисциплине **Энзимобиотехнология** предполагает использование следующего программного обеспечения и информационных справочных систем:

- презентационные материалы (слайды по темам лекционных и практических занятий);
- доступ в режиме on-line в Электронную библиотечную систему (ЭБС);
- доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

Перечень необходимого лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения:

- 1) Офисный пакет приложений «Microsoft Office»;
- 2) программа демонстрации видеоматериалов (проигрыватель);
- 3) приложение, позволяющее просматривать и воспроизводить медиаконтент PDF-файлов;
- 4) программы для просмотра и редактирования цифровых изображений;
- 5) программы для просмотра и редактирования DjVu-файлов.

При освоении материала и выполнения заданий по дисциплине рекомендуется использование материалов, размещенных в Личных кабинетах обучающихся ЕТИС ПГНИУ (**student.psu.ru**).

При организации дистанционной работы и проведении занятий в режиме онлайн могут использоваться:

- система видеоконференцсвязи на основе платформы BigBlueButton (<https://bigbluebutton.org/>).
- система LMS Moodle (<http://e-learn.psu.ru/>), которая поддерживает возможность использования текстовых материалов и презентаций, аудио- и видеоконтент, а так же тесты, проверяемые задания, задания для совместной работы.
- система тестирования Indigo (<https://indigotech.ru/>).

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория, оснащенная специализированной мебелью, демонстрационным оборудованием (проектор, экран, компьютер/ноутбук) с соответствующим программным обеспечением, меловой (и) или маркерной доской.

Для проведения мероприятий текущего контроля и промежуточной аттестации, групповых и индивидуальных консультаций необходима аудитория, оснащенная специализированной мебелью, меловой (и) или маркерной доской.

Для самостоятельной работы необходимы помещения Научной библиотеки ПГНИУ. Помещения Научной библиотеки ПГНИУ, обеспечивают доступ к локальной и глобальной сетям.

Помещения научной библиотеки ПГНИУ для обеспечения самостоятельной работы обучающихся:

1. Научно-библиографический отдел, корп.1, ауд. 142. Оборудован 3 персональными компьютера с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

2. Читальный зал гуманитарной литературы, корп. 2, ауд. 418. Оборудован 7 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

3. Читальный зал естественной литературы, корп.6, ауд. 107а. Оборудован 5 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

4. Отдел иностранной литературы, корп.2 ауд. 207. Оборудован 1 персональным компьютером с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

5. Библиотека юридического факультета, корп.9, ауд. 4. Оборудована 11 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

6. Читальный зал географического факультета, корп.8, ауд. 419. Оборудован 6 персональными компьютерами с доступом к локальной и глобальной компьютерным сетям.

Все компьютеры, установленные в помещениях научной библиотеки, оснащены следующим программным обеспечением:

Операционная система ALT Linux;

Офисный пакет Libreoffice.

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс»

**Фонды оценочных средств для аттестации по дисциплине
Энзимобиотехнология**

**Планируемые результаты обучения по дисциплине для формирования компетенции.
Индикаторы и критерии их оценивания**

ОПК.7

Способен проводить экспериментальные исследования и испытания по заданной методике, наблюдения и измерения, обрабатывать и интерпретировать экспериментальные данные, применяя математические, физические, физико- химические, химические, биологические, микробиологические методы

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ОПК.7.1 Демонстрирует знание современных биотехнологических методов и технологий	Знание основ энзимологии, структуры ферментов, свойств, классификации, кофакторов, основ ферментативной кинетики. Умение определять активность, стабильность и другие основные свойства ферментов, кинетические данные, Владение терминологией, используемой в энзимологии.	Неудовлетворител Отсутствие знаний. Отсутствие умений. Не знает основ дисциплины. Не владеет терминологией по профилю дисциплины. Удовлетворительн Частично сформированные знания о ферментах, их структуре, свойствах, классификации, кофакторах. Умение определять активность и некоторые энзимологические свойства белков, частичные знания основ ферментативной кинетики. Фрагментарное владение терминологией, используемой в энзимологии. Хорошо Хорошие структурированные знания о ферментах, их структуре, свойствах, классификации, кофакторах. Умение анализировать основные энзимологические свойства белков, активность белков и основные особенности ферментативной кинетики. Отсутствие грубых ошибок в понимании материала. Владение терминологией, используемой в энзимологии. Отлично Глубокие структурированные знания о ферментах, их структуре, свойствах, классификации, кофакторах. Умение детально анализировать энзимологические свойства белков, ферментативную кинетику и энзиматические свойства. Отличное владение терминологией, используемой в энзимологии.

ПК.1

Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
ПК.1.2 Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования	Знание основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов. Знание ферментов, применяемых в промышленности и промышленных биокаталитических процессов.	Неудовлетворител Отсутствие знаний. Отсутствие умений. Не знает основ дисциплины. Не владеет терминологией по профилю дисциплины. Удовлетворительн Фрагментарные частично систематизированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов, основных ферментов, применяемых в промышленности и основных промышленных биокаталитических процессов. Частичное владение терминологией, используемой в энзимологии. Хорошо Хорошие структурированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов, основных ферментов, применяемых в промышленности и основных промышленных биокаталитических процессов. Умение проводить подбор методов конструирования продуцентов ферментов, методов получения ферментных препаратов. Хорошее владение терминологией, используемой в энзимологии. Отлично Глубокие структурированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов, основных ферментов, применяемых в промышленности и основных промышленных биокаталитических процессов. умение

Компетенция (индикатор)	Планируемые результаты обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		Отлично проводить подбор методов конструирования продуцентов ферментов, методов получения ферментных препаратов, анализировать результаты. Отличное владение терминологией, используемой в энзимологии.

Оценочные средства текущего контроля и промежуточной аттестации

Схема доставки : Базовая

Вид мероприятия промежуточной аттестации : Зачет

Способ проведения мероприятия промежуточной аттестации : Оценка по дисциплине в рамках промежуточной аттестации определяется на основе баллов, набранных обучающимся на контрольных мероприятиях, проводимых в течение учебного периода.

Максимальное количество баллов : 100

Конвертация баллов в отметки

«отлично» - от 81 до 100

«хорошо» - от 61 до 80

«удовлетворительно» - от 46 до 60

«неудовлетворительно» / «незачтено» менее 46 балла

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ОПК.7.1 Демонстрирует знание современных биотехнологических методов и технологий	Селекция и конструирование продуцентов ферментов. Письменное контрольное мероприятие	Основные энзимологические термины, основы структуры белков. Структурно-функциональные особенности ферментов, их свойства, классификация ферментов и кофакторов, основы ферментативной кинетики.
ПК.1.2 Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования	Ферментативные процессы в переработке и утилизации биогенного сырья. Защищаемое контрольное мероприятие	Мутагенез и рекомбиногенез, основные методы, селекции и конструирования продуцентов ферментов <i>in vivo</i> . Основные методы генной инженерии. Методы разрушения клеток и тканей. Методы фракционирования и очистки ферментов. Гомогенные и гетерогенные процессы в биотехнологии: особенности, преимущества, методы проведения. Применение ферментов в промышленности. Биокаталитические процессы в промышленности.

Компетенция (индикатор)	Мероприятие текущего контроля	Контролируемые элементы результатов обучения
ПК.1.2 Использует в профессиональной деятельности экспериментальные и полевые методы научного исследования ОПК.7.1 Демонстрирует знание современных биотехнологических методов и технологий	Ферменты в медицине, ветеринарии, сельскохозяйственной биотехнологии Итоговое контрольное мероприятие	Учение о ферментах, их структура, свойства, классификация. Основные положения инженерной энзимологии. Структурно-функциональные особенности биокатализа, преимущества перед химическим катализом абиогенными катализаторами. Классификация ферментов. Характеристика их основных групп, структурно-функциональные особенности. Кофакторы ферментов. Ферментативная кинетика. Селекция и конструирование продуцентов ферментов. Получение ферментных препаратов. Гомогенные и гетерогенные процессы. Ферменты в промышленности и промышленные биокаталитические процессы. Ферментативные процессы в переработке и утилизации биогенного сырья. Трансформация техногенных органических соединений. Ферменты в медицине, ветеринарии, сельскохозяйственной биотехнологии.

Спецификация мероприятий текущего контроля

Селекция и конструирование продуцентов ферментов.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы самостоятельной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

Показатели оценивания	Баллы
Глубокие структурированные систематизированные знания структуры белков, структурно-функциональных особенностей ферментов, их свойств, классификации ферментов и кофакторов, основ ферментативной кинетики. Умение проводить анализ активности ферментов, кинетических параметров, выбирать и использовать методы изучения ферментных препаратов. Отличное владение терминологией, используемой в энзимологии.	30
Хорошие структурированные систематизированные знания структуры белков, структурно-функциональных особенностей ферментов, их свойств, классификации ферментов и кофакторов, основ ферментативной кинетики. Умение проводить анализ	20

активности ферментов, выбирать методы изучения ферментных препаратов. Хорошее владение терминологией, используемой в энзимологии.	
Фрагментарные частично систематизированные знания структуры белков, структурно-функциональных особенностей ферментов, их свойств, классификации ферментов и кофакторов, основ ферментативной кинетики. Частичное владение терминологией, используемой в энзимологии.	14
Отсутствие знаний. Отсутствие умений. Не знает основ дисциплины. Не владеет терминологией по профилю дисциплины.	0

Ферментативные процессы в переработке и утилизации биогенного сырья.

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **30**

Проходной балл: **14**

Показатели оценивания	Баллы
Глубокие структурированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов, основных ферментов, применяемых в промышленности и основных промышленных биокаталитических процессов. умение проводить подбор методов конструирования продуцентов ферментов, методов получения ферментных препаратов, анализировать результаты. Отличное владение терминологией, используемой в энзимологии.	30
Хорошие структурированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов, основных ферментов, применяемых в промышленности и основных промышленных биокаталитических процессов. Умение проводить подбор методов конструирования продуцентов ферментов, методов получения ферментных препаратов. Хорошее владение терминологией, используемой в энзимологии.	20
Фрагментарные частично систематизированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, принципов и особенностей гомогенных и гетерогенных процессов, основных ферментов, применяемых в промышленности и основных промышленных биокаталитических процессов. Частичное владение терминологией, используемой в энзимологии	14
Отсутствие знаний. Отсутствие умений. Не знает основ дисциплины. Не владеет терминологией по профилю дисциплины.	0

Ферменты в медицине, ветеринарии, сельскохозяйственной биотехнологии

Продолжительность проведения мероприятия промежуточной аттестации: **2 часа**

Условия проведения мероприятия: **в часы аудиторной работы**

Максимальный балл, выставляемый за мероприятие промежуточной аттестации: **40**

Проходной балл: **18**

Показатели оценивания	Баллы
Глубокие структурированные систематизированные знания основ селекции и	40

конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, основ энзимологии и применения ферментов в биотехнологии. Отличное владение навыками подбора и осуществления методов конструирования продуцентов ферментов, получения ферментных препаратов, энзимологических исследований. Отличное владение терминологией, используемой в энзимологии.	
Хорошие структурированные систематизированные знания основ селекции и конструирования продуцентов ферментов, принципов и методов получения ферментных препаратов, основ энзимологии и применения ферментов в биотехнологии. Умение проводить подбор методов конструирования продуцентов ферментов, получения ферментных препаратов, энзимологических исследований. Хорошее владение терминологией, используемой в энзимологии.	30
Фрагментарные частично систематизированные знания основ энзимологии и применения ферментов в биотехнологии Частичное умение выбора методов анализа ферментативных процессов. Частичное владение терминологией, используемой в энзимологии.	18
Отсутствие знаний. Отсутствие умений. Не знает основ дисциплины. Не владеет терминологией по профилю дисциплины.	0