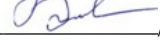


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Утверждено:  
на заседании кафедры биохимии  
и биотехнологии  
протокол № 10 от 11 февраля 2022 г.

Согласовано:  
Председатель УМК биологического  
факультета

 М.И. Гарипова

Зав. кафедрой  /С.А. Башкатов

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина Промышленная энзимология

Часть, формируемая участниками образовательных отношений  
**программа магистратуры**

Направление подготовки (специальность)


06.04.01 Биология

Программа магистратуры

Биохимия и биотехнология

Квалификация

Магистр

Разработчик (составитель) К.б.н., доцент	 /И.А. Шпирная
---	---

Для приема: 2022 г.

Уфа - 2022

Составитель: к.б.н.,доцент кафедры биохимии и биотехнологии И.А. Шпирная

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры биохимии и биотехнологии протокол № 10 от 11 февраля 2022 г.

Заведующий кафедрой

 / С.А. Башкатов

### **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:

<b>Категория (группа) компетенций (при наличии ОПК)</b>	<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине</b>
	ПК-3. Очистка воды и почвы с использованием метаболического потенциала биообъектов	ПК-3.1 Знать научную новизну и важность использования данных по исследованиям очистке воды и почвы с использованием метаболического потенциала биообъектов	Знать современные отрасли производства использующие ферментативные процессы
		ПК-3.2 Уметь выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения	Уметь проводить стандартные измерения активности ферментов
		ПК-3.3 Уметь обрабатывать результаты эксперимента	Владеть навыками обработки данных полученных при исследовании активности ферментов
	ПК- 5 Управление промышленным производством лекарственных средств	ПК-5.1 Знать теоретические основы проведения работ по отбору и учету образцов лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды	Знать теоретические основы проведения работ по отбору и учету образцов производимых с использованием ферментов
		ПК-5.2 Уметь выполнять планирование, проведение, интерпретацию результатов проводимых исследований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования.	Уметь выполнять планирование, проведение, интерпретацию результатов проводимых исследований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования

			промышленных ферментов
		ПК-5.3 Владеть основами руководства испытаниями (лабораторными работами) лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды, руководство процессами контроля качества фармацевтического производства (кроме лабораторных работ)	Владеть основами руководства испытаниями (лабораторными работами) лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды с использованием ферментов
	ПК-6. Управление промышленным производством лекарственных средств	ПК-6.1 Организация контроля за промышленным производством лекарственных средств	Знать принципы организации контроля за промышленным производством лекарственных средств с использованием энзимотехнологий
		ПК-6.2 Разработка новых стадий промышленного производства лекарственных средств	Уметь выбирать актуальные решения для разработки новых стадий промышленного производства лекарственных средств
			Владеть методами исследования для апробации и внедрения новых стадий промышленного производства лекарственных средств

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Промышленная энзимология» относится к обязательной части.

Дисциплина изучается на 2 курсе в 4 семестре. Целью освоения дисциплины «Промышленная энзимология» является получение студентами знаний о строении биологических катализаторов - ферментов, механизмах действия и регуляции ими жизненных процессов, а также знакомство с практическими аспектами энзимологии.

## 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы)

**обучающихся)**

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

**4. Фонд оценочных средств по дисциплине**

**4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и формулировка компетенции ПК-3. Очистка воды и почвы с использованием метаболического потенциала биообъектов

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Не зачтено»
ПК-3.1 Знать научную новизну и важность практического использования данных по исследованиям очистке воды и почвы с использованием метаболического потенциала биообъектов	Знать современные отрасли производства использующие ферментативные процессы	Обучающийся владеет всеми основополагающими знаниями, выделенными в качестве требований к знаниям в области изучаемой дисциплины; показывает достаточную глубину понимания учебного материала, но возможна недостаточная системность и аргументированность знаний по дисциплине; допускает незначительные неточности в употреблении понятийно-категориального аппарата по дисциплине; демонстрирует практические умения и навыки в области деятельности. Освоение знаний/умений/навыков как минимум на удовлетворительном уровне или выше.	Обучающийся имеет разрозненные, неполные знания по изучаемой дисциплине или знания у него практически отсутствуют, не сформированы практические умения и навыки в области профессиональной деятельности.
ПК-3.2 Уметь выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения	Уметь проводить стандартные измерения активности ферментов		
ПК-3.3 Уметь обрабатывать результаты эксперимента	Владеть навыками обработки данных полученных при исследовании		

	активности ферментов		
--	----------------------	--	--

Код и формулировка компетенции ПК- 5 Управление промышленным производством лекарственных средств

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	Критерии оценивания результатов обучения
		«Зачтено»	«Зачтено»
ПК-5.1 Знать теоретические основы проведения работ по отбору и учету образцов лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды	Знать теоретические основы проведения работ по отбору и учету образцов производимых с использованием ферментов	Обучающийся владеет всеми основополагающим и знаниями, выделенными в качестве требований к знаниям в области изучаемой дисциплины;	Обучающийся владеет всеми основополагающим и знаниями, выделенными в качестве требований к знаниям в области изучаемой дисциплины;
ПК-5.2 Уметь выполнять планирование, проведение, интерпретацию результатов проводимых исследований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования.	Уметь выполнять планирование, проведение, интерпретацию результатов проводимых исследований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования промышленных ферментов	показывает достаточную глубину понимания учебного материала, но возможна недостаточная системность и аргументированность знаний по дисциплине;	показывает достаточную глубину понимания учебного материала, но возможна недостаточная системность и аргументированность знаний по дисциплине;
ПК-5.3 Владеть основами руководства испытаниями (лабораторными работами) лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды, руководство процессами контроля качества фармацевтического производства (кроме лабораторных работ)	Владеть основами руководства испытаниями (лабораторными работами) лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды с использованием ферментов	допускает незначительные неточности в употреблении понятийно-категориального аппарата по дисциплине; демонстрирует практические умения и навыки в области деятельности. Освоение знаний/умений/навыков как минимум на удовлетворительном уровне или выше.	допускает незначительные неточности в употреблении понятийно-категориального аппарата по дисциплине; демонстрирует практические умения и навыки в области деятельности. Освоение знаний/умений/навыков как минимум на удовлетворительном уровне или выше.

Код и формулировка компетенции ПК-6. Управление промышленным производством лекарственных средств

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Зачтено»	«Зачтено»
ПК-6.1 Организация контроля за промышленным производством лекарственных средств	Знать принципы организации контроля за промышленным производством	Обучающийся владеет всеми основополагающими знаниями,	Обучающийся владеет всеми основополагающими знаниями,

	лекарственных средств с использованием энзимотехнологий	выделенными в качестве требований к знаниям в области изучаемой дисциплины; показывает достаточную глубину понимания учебного материала, но возможна недостаточная системность и аргументированность знаний по дисциплине; допускает незначительные неточности в употреблении понятийно-категориального аппарата по дисциплине; демонстрирует практические умения и навыки в области деятельности. Освоение знаний/умений/навыков как минимум на удовлетворительном уровне или выше.	выделенными в качестве требований к знаниям в области изучаемой дисциплины; показывает достаточную глубину понимания учебного материала, но возможна недостаточная системность и аргументированность знаний по дисциплине; допускает незначительные неточности в употреблении понятийно-категориального аппарата по дисциплине; демонстрирует практические умения и навыки в области деятельности. Освоение знаний/умений/навыков как минимум на удовлетворительном уровне или выше.
ПК-6.2 Разработка новых стадий промышленного производства лекарственных средств	Уметь выбирать актуальные решения для разработки новых стадий промышленного производства лекарственных средств		
	Владеть методами исследования для апробации и внедрения новых стадий промышленного производства лекарственных средств		

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	Оценочные средства
ПК-3.1 Знать научную новизну и важность практического использования данных по исследованиям очистке воды и почвы с использованием метаболического потенциала биообъектов	Знать современные отрасли производства использующие ферментативные процессы	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
ПК-3.2 Уметь выбирать методы диагностики веществ и материалов, проводить стандартные измерения	Уметь проводить стандартные измерения активности ферментов	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа



ПК-3.3 Уметь обрабатывать результаты эксперимента	Владеть навыками обработки данных полученных при исследовании активности ферментов	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
ПК-5.1 Знать теоретические основы проведения работ по отбору и учету образцов лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды	Знать теоретические основы проведения работ по отбору и учету образцов производимых с использованием ферментов	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
ПК-5.2 Уметь выполнять планирование, проведение, интерпретацию результатов проводимых исследований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования.	Уметь выполнять планирование, проведение, интерпретацию результатов проводимых исследований и экспериментальных работ с использованием современных методов исследования промышленных ферментов	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
ПК-5.3 Владеть основами руководства испытаниями (лабораторными работами) лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды, руководство процессами контроля качества фармацевтического производства (кроме лабораторных работ)	Владеть основами руководства испытаниями (лабораторными работами) лекарственных средств, исходного сырья и упаковочных материалов, промежуточной продукции и объектов производственной среды с использованием ферментов	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
ПК-6.1 Организация контроля за промышленным производством лекарственных средств	Знать принципы организации контроля за промышленным производством лекарственных средств с использованием энзимотехнологий	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
ПК-6.2 Разработка новых стадий промышленного производства лекарственных средств	Уметь выбирать актуальные решения для разработки новых стадий промышленного производства лекарственных средств	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
	Владеть методами исследования для апробации и внедрения новых стадий промышленного производства лекарственных средств	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа

Критериями оценивания являются оценки, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения разделов дисциплины.

Система контроля за ходом и качеством усвоения студентами содержания данной дисциплины включает следующие виды:

- 1) текущий контроль – проводится систематически с целью установления уровня овладения студентами учебного материала в течение семестра. К формам текущего контроля относятся: индивидуальный опрос, проверка рабочих тетрадей с выполненными практическими работами и домашними заданиями. Выполнение этих работ является обязательным для всех студентов, а результаты являются основанием для допуска к следующим формам контроля.
- 2) промежуточный контроль – оценка уровня освоения материала по разделам

дисциплины. В качестве форм контроля выступают контрольная работа, тестирования по материалам дисциплины.

3) итоговый контроль – оценка уровня освоения дисциплины по окончании ее изучения в форме зачета.

Шкалы оценивания:

«не зачтено» - магистрант не освоил программу дисциплины, плохо ориентируется в материале, допускает грубые ошибки;

«зачтено» - магистрант демонстрирует базовые знания в области изучаемой дисциплины, хотя может допускать несущественные ошибки в толковании основных понятий.

### ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ:

1. Фундаментальные и прикладные аспекты ферментной биотехнологии.
2. Структура, свойства и механизм действия биокатализаторов. Сходство и отличие биологических катализаторов от синтетических.
3. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах.
4. Ферменты в экстремальных условиях. Инактивация ферментов. Факторы, инициирующие денатурацию ферментов.
5. Моделирование и кинетика процессов инактивации ферментов.
6. Регенерация ферментативных систем, применяемых в биотехнологии.
7. Стабилизация ферментов в биотехнологических системах.
8. Химическая модификация ферментов. Иммунизация ферментов. 9. Экстремозимы и источники их получения.
10. Способы культивирования микроорганизмов.
11. Термозимы. Структурные и термодинамические основы функционирования термозимов при высоких температурах.
12. Использование экстремозимов в биотехнологии.
13. Кинетическая основа ферментативного микроанализа. Методы детекции в ферментативном микроанализе. Использование в микроанализе сопряженных ферментативных систем.
14. Иммунизированные ферменты в микроанализе. Аналитические проточные реакторы.
15. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды. Иммуноферментные датчики.
16. БиOLUMИнесцентный микроанализ. Соиммунизированные полиферментные системы в биOLUMИнесцентном анализе.
17. Энзимопатология. Энзимодиагностика. Энзимотерапия.
18. Иммунизированные ферменты как лекарственные препараты. Антигенные и иммуногенные свойства иммунизированных ферментов. Ферментные препараты типа –контейнер|. Использование липосом в качестве –контейнера|.
19. Применение иммунизированных ферментов в стоматологии, офтальмологии, хирургии.
20. Перспективные направления развития ферментной терапии.
21. Ферменты в химической промышленности.
22. Ферменты в фармацевтической промышленности.
23. Ферменты в пищевой промышленности.
24. Ферменты как компоненты моющих средств. Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы.
25. Перспективы развития индустриального биокатализа.
26. Ферментативное превращение рацематов в энантиомеры. Биокаталитическое получение пропаноидов.

27. Ферментативная модификация нуклеиновых кислот, синтез олиго- и полинуклеотидов.
28. Ферментативный синтез сахаров.
29. Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья.
30. Конструирование биокатализаторов и их использование в биотехнологии
31. Экспериментальный анализ пространственной структуры ферментов.
- Кристаллография. Двумерная ЯМР-спектроскопия. Предсказание структуры ферментов с помощью компьютерных методов молекулярного моделирования. Квантовомеханические методы. Метод молекулярной динамики.
32. Использование ресурсов Internet в инженерной энзимологии. Компьютерные базы данных.
33. Белковая инженерия ферментов. Рациональный дизайн промышленных ферментов.
34. Направленная эволюция промышленных ферментов (эволюция *in vitro*). Создание библиотеки ферментов. Случайный мутагенез. Случайная рекомбинация фрагментов гена *in vitro*. Отбор ферментов с улучшенными свойствами. Критерии отбора промышленных ферментов.
35. Получение химерных и бифункциональных ферментов. Получение полусинтетических ферментов и их использование в качестве промышленных биокатализаторов.
36. Каталитические антитела (абзимы). Черты сходства и отличия абзимов и ферментов. Способы получения абзимов. Практическое значение абзимов.
37. Рибозимы.
38. Направления и перспективы развития молекулярного дизайна биокатализаторов.

#### Лабораторные работы по дисциплине «Промышленная энзимология»

Работа № 1 (6 часов) «Иммобилизация ферментов в ПААГ».

Работа № 2 (4 часа) «Проектирование биотехнологического производства».

#### **Защита проектов по теме:**

#### **«Проектирование биотехнологического производства ферментов»**

Включает в себя анализ информации и подготовку доклада с презентацией к публичной защите. Структура проекта должна включать в себя следующие элементы:

- 1) Актуальность, экономическая целесообразность, анализ рынка, возможности производства *конкретного фермента*.
- 2) Выбор метода контроля ферментативной активности на всех стадиях производства.
- 3) Анализ продуцентов.
- 4) Отбор штамма продуцента, методы трансформации.
- 5) Анализ сред, параметров роста культуры.
- 6) Подготовка засевного материала.
- 7) Способ стерилизации сред и оборудования.
- 8) Масштабирование процесса производства.
- 9) Концентрирование, стадии очистки ферментного препарата (ультрафильтрация, осаждение и пр.).
- 10) Получение товарной формы продукта (дозирование, ампулирование, лиофилизация и пр.).

Примеры ферментов:

Кератиназы, Хитиназы, Фитазы, Ксиланазы, Протеиназы для СМС, Галактозидаза, Пенициллинамидаза и др.

#### **Критерии оценивания:**

Защита каждой лабораторной работы оценивается максимально в 5 баллов

5 баллов выставляется студенту, если выполнил лабораторную работу, продемонстрировал уверенное владение методикой. Ответил на все вопросы

3-4 баллов выставляется студенту, если выполнил лабораторную работу, продемонстрировал уверенное владение методикой. Ответил на все вопросы. При ответе на вопросы допускает негрубые ошибки и неточности.

1-2 баллов выставляется студенту, если выполнил лабораторную работу, продемонстрировал уверенное владение методикой.

0 баллов выставляется студенту, если НЕ выполнил лабораторную работу.

### **Программа дисциплины «Промышленная энзимология»**

Фундаментальные и прикладные аспекты ферментной биотехнологии. Связь с другими дисциплинами. Основные направления развития.

#### **СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ БИОКАТАЛИЗА**

Структура, свойства и механизм действия биокатализаторов. Сходство и отличие биологических катализаторов от синтетических. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах.

#### **ФЕРМЕНТЫ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Инактивация ферментов. Факторы, инициирующие денатурацию ферментов. Физические. Механические. Химические. Биологические. Механизмы инактивации ферментов. Моделирование и кинетика процессов инактивации ферментов. Регенерация ферментативных систем, применяемых в биотехнологии. Реактивация инактивированных ферментов. Утилизация и регенерация кофакторов (коферментов). Ферментативные, химические и электрохимические методы регенерации. Стабилизация ферментов в биотехнологических системах. Традиционные методы стабилизации. Стабилизирующие добавки. Химическая модификация ферментов. Иммунизация ферментов. Экстремозимы и источники их получения. Термозимы. Структурные и термодинамические основы функционирования термозимов при высоких температурах. Использование экстремозимов в биотехнологии. Амилазы и пуллулаказы. Протеиназы. ДНК-полимеразы. Ферментативные реакции в системах с органическими растворителями. Их прикладное значение.

#### **ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ**

Методы детекции в ферментативном микроанализе. Использование в микроанализе сопряженных ферментативных систем. Иммунизированные ферменты в микроанализе. Аналитические проточные реакторы. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды. Иммуноферментные датчики. Билюминесцентный микроанализ. Соиммунизированные полиферментные системы в билюминесцентном анализе.

#### **МЕДИЦИНСКАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ**

Энзимопатология. Энзимодиагностика. Энзимотерапия. Терапия воспалительных процессов трипсином и химотрипсином. Тромболитическая терапия фибринолизином и стрептокиназой. Ферментная терапия вирусных заболеваний РНКазой, ДНКазой. Заместительная терапия пищеварительными ферментами. Терапия гиалуронидазой и коллагеназой. Лечение онкологических заболеваний аспарагиназой. Иммунизированные ферменты как лекарственные препараты. Антигенные и иммуногенные свойства иммунизированных ферментов. Ферментные препараты типа –контейнер|. Использование липосом в качестве –контейнера|. Применение иммунизированных ферментов в стоматологии, офтальмологии, хирургии. Перспективные направления развития ферментной терапии.

#### **ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ БИОКАТАЛИЗ**

Ферменты в химической промышленности. Получение L-аминокислот с помощью аминоксилы. Биохимическая основа процесса. Ферменты в фармацевтической промышленности. Получение 6-аминопенициллановой кислоты с помощью пенициллинамидазы.

Ферменты в пищевой промышленности. Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Технологическая схема производства. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, галактозидаз.

Ферменты как компоненты моющих средств. Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы. Перспективы развития индустриального биокатализа.

#### УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ФЕРМЕНТОВ

Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья.

#### КОНСТРУИРОВАНИЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Экспериментальный анализ пространственной структуры ферментов. Кристаллография. Двумерная ЯМР-спектроскопия. Направленная эволюция индустриальных ферментов (эволюция *in vitro*). Создание библиотеки ферментов. Случайный мутагенез. Случайная рекомбинация фрагментов гена *in vitro*. Отбор ферментов с улучшенными свойствами. Критерии отбора индустриальных ферментов. Получение химерных и бифункциональных ферментов. Получение полусинтетических ферментов и их использование в качестве индустриальных биокатализаторов.

Каталитические антитела (абзимы). Черты сходства и отличия абзимов и ферментов. Способы получения абзимов. Практическое значение абзимов. Рибозимы.

#### Примеры тестовых заданий

1. Какие из приведенных аминокислот способствуют образованию альфа-спирали?
  - 1) лейцин
  - 2) глутаминовая кислота
  - 3) аспарагин
  - 4) метионин
  - 5) аланин
  - 6) валин
  - 7) изолейцин
  - 8) глицин
  - 9) пролин
2. Какие из приведенных аминокислот способствуют образованию  $\uparrow$ -структуры?
  - 1) лейцин
  - 2) глутаминовая кислота
  - 3) аспарагин
  - 4) метионин
  - 5) аланин
  - 6) валин
  - 7) изолейцин
  - 8) глицин
  - 9) пролин
3. Какие из приведенных аминокислот обычно расположены в местах изгиба цепи?
  - 1) лейцин
  - 2) глутаминовая кислота
  - 3) аспарагин
  - 4) метионин
  - 5) аланин
  - 6) валин

7) изолейцин

8) глицин

9) пролин

4. Какие ферменты используются в качестве компонентов моющих средств:

1) гиалуронидаза

2) целлюлаза

3) каталаза

4) липаза

5) глюкозоизомераза

6) амилаза

7) глюкозооксидаза

8) аспарагиназа

9) щелочная фосфатаза

5. За счет чего достигается термостабильность термозимов?

1) благодаря нетипичным для обычных белков структурным элементам

2) вследствие оптимизации распределения зарядов

3) за счет новых форм слабых взаимодействий

4) в результате уменьшения гидрофобной области поверхности белка доступной растворителю

5) за счет минимизации отношения поверхность белка/объем белка

6) благодаря более высокому по сравнению с обычными белками содержанию глицина

6. Двухфазная система вода-не смешивающийся с водой органический растворитель позволяет целенаправленно сдвигать равновесие прямой ферментативной реакции:

1) за счет удаления конечных продуктов из реакционной среды;

2) благодаря ингибированию обратной реакции;

3) за счет локализации фермента на границе раздела фаз.

7. Термодинамически невыгодная ферментативная реакция может протекать благодаря ее сопряжению:

1) с экзергонической реакцией;

2) с эндергонической реакцией.

8. Выберите способ иммобилизации фермента, субстратом которого является высокомолекулярное соединение:

1) адсорбция фермента на носителе

2) инкапсулирование

3) механическое включение фермента в гелевые структуры

4) химическая иммобилизация фермента

9. Гиалуронидаза используется в медицине

Для терапии вирусных заболеваний

Для ускорения всасывания лекарственных препаратов, вводимых внутримышечно

Для растворения тромбов в кровеносных сосудах

Как противоопухолевое средство

С целью облегчения процесса пищеварения

10. Аспарагиназа используется

Для терапии вирусных заболеваний

В микроанализе

При заместительной терапии пищеварительными ферментами

Для лечения онкологических заболеваний

Для лечения ишемической болезни сердца и артритов

11. Супероксиддисмутаза используется

Для терапии вирусных заболеваний

В микроанализе

Для лечения ишемической болезни сердца и артритов

При заместительной терапии пищеварительными ферментами

Для лечения онкологических заболеваний

12. При производстве сыра на стадии створаживания молока используется протеаза

Папаин

Химотрипсин

Пепсин

Реннин

13. альфа-амилазы катализируют

неупорядоченный разрыв →-1,4-гликозидных связей в амилозе и амилопектине с образованием олигосахаридов разной длины цепи

разрыв →-1,6-гликозидных связей на невозстанавливаемых концевых участках полимерной цепи

14. При образовании упорядоченной структуры белка конформационная энтропия

Уменьшается

Увеличивается

Не изменяется

15. Образованием внутримолекулярных ковалентных и нековалентных связей при сворачивании белка

увеличивает энтальпию фолдинга

снижает энтальпию фолдинга

не изменяет энтальпию фолдинга

16. Домены формируются

участками разных полипептидных цепей при формировании четвертичной структуры белка

различными отрезками одной и той же полипептидной цепи

участком одной и той же полипептидной цепи, состоящим из 10-30 аминокислотных остатков

17. Энергия пептидной связи составляет

35–40 кДж/моль

350–400 кДж/моль

850-650 кДж/моль

18. Дисульфидная связь образуется между двумя остатками

Метионина

Цистина

Цистеина

19. Изгибы полипептидной цепи вызывает

Гистидин

Пролин

Триптофан

Валин

20. Дисульфидные связи легко восстанавливаются

При нагревании

меркаптоэтанолом

этанолом

Катионами тяжелых металлов

### Контрольная работа

Средство рубежного контроля остаточных знаний и умений, состоящее из трех вопросов или заданий, которые студент должен решить, выполнить. Контрольная работа выполняется письменно на практическом занятии под контролем преподавателя.

За ответы на вопросы студент может получить максимально 15 баллов за 3 вопроса. Каждый ответ на вопрос оценивается отдельно в 5 баллов, после чего все баллы суммируются в итоговую оценку.

- 15 баллов выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответ на теоретические вопрос билет, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов.
- 10-14 балла выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий.
- 5-9 баллов выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами.
- 3-8 баллов выставляется студенту, если ответ студент плохо ориентируется в вопросе, допускает грубые ошибки.
- 0 баллов выставляется студенту, если ответа на вопрос нет.

### **Примеры вопросов для контрольной работы:**

1. Классификация ферментов.
2. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах.
3. Утилизация промышленных отходов с помощью ферментов
4. Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья.
5. Каталитические антитела (абзимы). Черты сходства и отличия абзимов и ферментов. Способы получения абзимов. Практическое значение абзимов.
6. Рибозимы.
7. Направления и перспективы развития молекулярного дизайна биокатализаторов.
8. Стереохимическая специфичность действия ферментов.
9. Ферментативный микроанализ. Кинетическая основа ферментативного микроанализа. Методы детекции в ферментативном микроанализе.
10. Аналитические проточные реакторы.
11. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды.
12. Иммуноферментные датчики. Билюминесцентный микроанализ.
13. Экстремозимы и источники их получения. Термозимы. Структурные и термодинамические основы функционирования термозимов при высоких температурах.
14. Использование экстремозимов в биотехнологии. Амилазы и пуллулазы. Протеиназы. ДНК-полимераза. Ферментативные реакции в системах с органическими растворителями. Их прикладное значение.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. Авдеева, Л.В. Биохимия: Учебник / Л.В. Авдеева, Т.Л. Алейникова, Л.Е. Андрианова; Под ред. Е.С. Северина. - М.: ГЭОТАР-МЕД, 2015. - 768 с.
2. Биссвангер, Ханс. Практическая энзимология = Practical Enzymology / Х. Биссвангер; пер. с англ. Т. П. Мосоловой. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 328 с.



3. Таганович А. Д. Биологическая химия [Электронный ресурс] : учебник / А. Д. Таганович [и др.] .— Минск : Высшэйшая школа, 2013 .— 672 с. —<URL:<http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=235731&sr=1#>>.

#### Дополнительная литература:

1. Киреева Н. А., Бакаева М. Д. Биохимия витаминов : учеб. пособие /; БашГУ .— Уфа : РИЦ БашГУ, 2010 .— 124 с.
2. Кнорре Д.Г. Биологическая химия : учеб.для хим., биол. и мед. специальностей вузов / Д. Г. Кнорре, С. Д. Мызина .— 3-е изд., испр. — М. : Высшая школа, 2000 .— 480 с. — Библиогр.: с. 466
3. Комов В. П., Шведова В. Н. Биохимия : учебник /.— М. : Дрофа, 2004 .— 638 с.
4. Филиппович Ю.Б. Основы биохимии : учебник для студ. хим. и биолог. спец. пед. ун-тов и ин-тов / Ю. Б. Филиппович .— 3-е изд., перераб. и доп. — М. : Высш.шк., 1993 .— 495 с.
5. Шамраев А. В. Биохимия [Электронный ресурс] : учеб.пособие / А. В. Шамраев .— Оренбург : ОГУ, 2014.— 186 с. URL:<[<http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=270262&sr=1>>](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=270262&sr=1).

#### 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Электронная библиотечная система «ЭБ БашГУ» - <https://elib.bashedu.ru/>
2. Электронная библиотечная система издательства «Лань» - <https://e.lanbook.com/>
3. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» - <https://biblioclub.ru/>
4. Научная электронная библиотека - elibrary.ru (доступ к электронным научным журналам) - [https://elibrary.ru/projects/subscription/rus\\_titles\\_open.asp](https://elibrary.ru/projects/subscription/rus_titles_open.asp)
5. Электронный каталог Библиотеки БашГУ - <http://www.bashlib.ru/catalogi/>
6. Электронная библиотека диссертаций РГБ -<http://diss.rsl.ru/>
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования SCOPUS - <http://www.gpntb.ru>.
8. Государственная публичная научно-техническая библиотека России. База данных международных индексов научного цитирования WebofScience - <http://www.gpntb.ru>

#### Перечень лицензионного программного обеспечения:

1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензия бессрочная.
2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензия бессрочная.
3. Statistica Advanced for Windows v.12 English / v.10 Russian Academic. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензия бессрочная.

#### 6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий	Вид занятий	Наименование оборудования, программного обеспечения
1	2	3
Аудитория № 332	Учебные аудитории для проведения занятий лекционного	Оборудование: учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор Panasonic PT-LB78VE, экран настенный Classic Norma.

	типа	
Аудитория № 328	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа	Учебная мебель, доска, лабораторный инвентарь, весы VIC, колориметр КФК УХЛ 4.2, концентратор центробежный Centri Var Solvent System Labconco, ферментер, холодильник бытовой Бирюса, шкаф вытяжной – 2 шт.
Аудитория № 321 Лаборатория молекулярной биотехнологии	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа	Учебная мебель, лабораторный инвентарь, учебно-наглядные пособия, pH-метр ST2100-F, дозатор (пипетка) переменного объема ЛАЙТ – 10 шт., автоклав 23л МК, Tuttnauer, амплификатор многоканальный "Терцик", аппарат для гель-электрофореза, бокс микробиологической безопасности БМБ-"Ламинар-С"-1,2, весы HL-200, видеоокуляр TourCam 5.1 МП, TourTek, 2 кВт микроцентрифуга-Вортекс 1.5тыс.об/мин, сушижаровой шкаф 80 л, термостат 80 л, термостат твердотельный "Термит», трансиллюминатор ЕСХ-20 М, холодильник лабораторный ХЛ-340 "Позис", центрифуга MiniSpin Eppendorf, шейкер LOIP LS-110, шкаф вытяжной лабораторный ШВ-1,3-Ламинар-С.
Аудитория № 327	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа	Оборудование: учебная мебель, доска, проектор BenQMX525 DLP3200LmXGA13000, экран Classic Solution Norma настенный.
Аудитория № 319	Учебная аудитория для текущего контроля и промежуточной аттестации	Лаборатория ИТ Оборудование: учебная мебель, доска, персональный компьютер: Intel Core i5-3470, 3,2 ГГц, ОЗУ 8,00 ГБ, Windows 7 профессиональная x64, ПЗУ 360 Гб (15 шт.)
Аудитория № 329	Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа	Учебная мебель, доска, лабораторный инвентарь, термостат ТСО 1/80 СПУ охлаждающий, центрифуга ОПН 3М, магнитная мешалка ММ-4, шкаф вытяжной – 2 шт.
Читальный зал №2	Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-	Научный и учебный фонд, научная периодика, ПК (моноблок) – 10 шт., неограниченный доступ к электронным БД и ЭБС, количество посадочных мест – 40 Перечень лицензионного программного обеспечения: 1. Windows 8 Russian. Windows Professional 8 Russian Upgrade. Договор № 104 от 17.06.2013 г. Лицензия бессрочная. 2. Microsoft Office Standard 2013 Russian. Договор № 114 от 12.11.2014 г. Лицензия бессрочная.

	образовательной среде	
--	--------------------------	--

**ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Промышленная энзимология на 4 семестр  
очная форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	2/72
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	8
практических/ семинарских	10
лабораторных	-
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	0,2
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	-
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	53,8
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	-
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	-

Форма(ы) контроля:

Зачет 4 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	<b>Структурно-функциональные особенности биокатализа</b> Структура, свойства и механизм действия биокатализаторов. Сходство и отличие биологических катализаторов от синтетических. Преимущества и недостатки биокатализа при его использовании в технологических процессах. Принципы номенклатуры коммерческих препаратов ферментов.				10	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, тестированию, контрольной работе	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
2	<b>Ферменты в экстремальных условиях</b> Инактивация ферментов. Факторы, инициирующие денатурацию ферментов. Физические. Механические. Химические. Биологические. Механизмы инактивации ферментов. Моделирование и кинетика процессов инактивации ферментов. Регенерация ферментативных систем, применяемых в биотехнологии. Ферментативные, химические и электрохимические методы регенерации. Стабилизация ферментов в биотехнологических системах. Химическая модификация ферментов. Имобилизация ферментов.	2		6	11	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, тестированию, контрольной работе	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
3	<b>Ферментативный микроанализ. Медицинская энзимология</b> Ферментные препараты типа “контейнер”. Использование липосом в качестве “контейнера”. Применение иммобилизованных ферментов в стоматологии, офтальмологии, хирургии. Перспективные направления развития ферментной терапии.	2			11	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, тестированию, контрольной работе	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
4	<b>Ферменты в пищевой промышленности</b>	2		4	11	Подготовка к	Выполнение и

	Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Технологическая схема производства. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, β-галактозидаз.					выполнению и защите лабораторных работ, тестированию , контрольной работе	защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
5	<b>Индустриальный биокатализ. Использование ферментов в тонком химическом синтезе</b> Ферменты в химической промышленности. Получение L-аминокислот с помощью аминоксилазы. Биохимическая основа процесса. Ферменты как компоненты моющих средств. Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы.	2			10,8	Подготовка к выполнению и защите лабораторных работ, тестированию , контрольной работе	Выполнение и защита лабораторных работ; Тестирование; Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	8	-	10	53,8		

