

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО**  
**ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Василенко В.Н.  
(подпись) (ф.и.о.)

«25» мая 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**ДИСЦИПЛИНЫ**

**Инженерная энзимология**

Направление подготовки

19.03.01 Биотехнология

Направленность (профиль)

Промышленная и пищевая биотехнология

Квалификация выпускника  
Бакалавр

Воронеж

### 1. Цели и задачи дисциплины.

Целями освоения дисциплины «Инженерная энзимология» является формирование у обучающихся основных принципов и теоретических положений инженерной энзимологии; понимания особенностей биотехнологических процессов с участием ферментов; усвоение основ конструирования и последующего использования в биотехнологии биокатализаторов с заданными свойствами.

Задачи дисциплины: научно-исследовательская деятельность – изучение научно-технической информации, выполнение литературного и патентного поиска по тематике исследования; применение современных подходов, характерных для биоинженерии и биоинформатики, для решения проблем, стоящих как перед фундаментальной, так и прикладной наукой; использование полученных знаний и профессиональных навыков для грамотного анализа большого массива информации по биологическим объектам; участие в конструировании модифицированных или новых биологических объектов. Объектами профессиональной деятельности являются: микроорганизмы, ферменты, биологически активные химические вещества, установки и оборудование для проведения биотехнологических процессов.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины в соответствии с предусмотренными компетенциями обучающийся должен:

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (результат освоения)	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-9	способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	основные принципы и теоретические положения инженерной энзимологии; отличительные особенности протекания биотехнологических процессов с участием ферментов; основные методы конструирования ферментов с заданными свойствами	конструировать биоорганические катализаторы с заданными свойствами на основе ферментов или полиферментных комплексов	методами получения чистых и иммобилизованных ферментных препаратов, клеток, полимерных материалов

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Дисциплина (модуль) «Инженерная биотехнология» относится к блоку 1 ОП и ее вариативной части.

Изучение дисциплины основано на знаниях, умениях и навыках, полученных при изучении обучающимися дисциплин Учебная практика, практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности; Производственная практика,

практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности.

Дисциплина является предшествующей для изучения дисциплин Сельскохозяйственная биотехнология, Основные принципы селекции микроорганизмов.

#### 4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы.

Виды учебной работы	Всего часов	Семестр
	акад. ч.	акад. ч.
Общая трудоемкость дисциплины (модуля)	144	144
<b>Контактная работа, в т.ч. аудиторные занятия:</b>	<b>47,95</b>	<b>47,95</b>
Лекции	15	15
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	15	15
Практические занятия (ПЗ)	30	30
<i>в том числе в форме практической подготовки</i>	30	30
Консультации текущие	0,75	0,75
Проведение консультаций перед экзаменом	2	2
Виды аттестации (экзамен)	0,2	0,2
<b>Самостоятельная работа:</b>	<b>62,25</b>	<b>62,25</b>
Проработка материалов по конспекту лекций	20,25	20,25
Проработка материалов по учебникам, учебным пособиям	21	21
Подготовка к практическим работам	21	21
<b>Подготовка к экзамену (контроль)</b>	<b>33,8</b>	<b>33,8</b>

5. Содержание дисциплины, структурированное по разделам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 5.1 Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела	Общая трудоемкость, час
1	Введение	Задачи, принципы, направления инженерной энзимологии. Области применения достижений инженерной энзимологии	14,25
2	Современные методы конструирования ферментов с необходимыми свойствами	Химическая модификация ферментов. Комбинаторные методы, генетическая и белковая инженерия, методы направленной эволюции	15
3	Алгоритмы компьютерные технологии инженерной энзимологии	и в Основные международные базы данных биологической информации. Алгоритмы поиска. Технологии множественного выравнивания, моделирование структуры ДНК и белков, Молекулярная динамика ферментов.	18
4	Ферменты органическом синтезе	в Особенности получения L-аминокислот из их рацемических смесей. Получение L-аспарагиновой кислоты иммобилизованными клетками E. coli. Получение L-аланина. Получение глюкозо-фруктозных сиропов иммобилизованными клетками микроорганизмов. Получение молочной кислоты с помощью	15

		иммобилизованных молочнокислых бактерий. Получение антибиотиков с применением биокатализаторов (на примере 6-аминопенициллановой кислоты)	
5	Ферменты в аналитической химии	Особенности ферментативного анализа метаболитов (на примере определения глюкозы, мочевины, мочевой, молочной, муравьиной кислот). Биосенсоры и принципы их конструирования. Биосенсоры на основе ферментов. Биосенсоры на основе клеток. Иммуноферментный анализ: основа метода, селективные агенты. Поликлональные и моноклональные антитела. Гомогенный ИФА. Биолюминисцентный микроанализ (окисление люминола, окисление люциферина)	15
6	Биокаталитические методы защиты окружающей среды	Биокатализаторы как способ конверсии ксенобиотиков. Особенности кинетики биокаталитических процессов	15
7	Перспективные направления развития и сферы применения инженерной энзимологии.	Наноиндустрия ферментов. Биологические компьютеры. Перспективные медицинские технологии. Нетрадиционные ГМО-продукты. Вопросы биоэтики и международного законодательства.	15

## 5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекции, час	ПЗ, час	СРО, час
1	Введение	2	4	8,25
2	Современные методы конструирования ферментов с необходимыми свойствами	2	4	9
3	Алгоритмы и компьютерные технологии в инженерной энзимологии.	3	6	9
4	Ферменты в органическом синтезе	2	4	9
5	Ферменты в аналитической химии	2	4	9
6	Биокаталитические методы защиты окружающей среды	2	4	9
7	Перспективные направления развития и сферы применения инженерной энзимологии	2	4	9

### 5.2.1 Лекции

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тематика лекционных занятий	Трудоемкость, час
1	Введение	Цели, задачи, достижения инженерной энзимологии. Базы данных биологической информации.	2
2	Современные методы конструирования ферментов с необходимыми свойствами	Химическая модификация ферментов. Комбинаторные методы, генетическая и белковая инженерия, методы направленной эволюции	2
3	Алгоритмы и компьютерные технологии в инженерной энзимологии.	Основные международные базы данных биологической информации. Алгоритмы поиска. Технологии множественного выравнивания, моделирование структуры ДНК и белков, Молекулярная динамика ферментов.	3
4	Ферменты в органическом синтезе	Особенности получения L-аминокислот из их рацемических смесей. Получение L-аспарагиновой кислоты иммобилизованными клетками E. coli. Получение L-аланина. Получение глюкозо-фруктозных сиропов иммобилизованными клетками микроорганизмов. Получение молочной кислоты с помощью иммобилизованных молочнокислых бактерий. Получение антибиотиков с применением биокатализаторов (на примере 6-аминопенициллановой кислоты)	2
5	Ферменты в аналитической химии	Особенности ферментативного анализа метаболитов (на примере определения глюкозы, мочевины, мочевой, молочной, муравьиной кислот). Биосенсоры и принципы их конструирования. Биосенсоров на основе ферментов. Биосенсоры на основе клеток. Иммуноферментный анализ: основа метода, селективные агенты. Поликлональные и моноклональные антитела. Гомогенный ИФА. Биолюминисцентный микроанализ (окисление люминола, окисление люциферина)	2
6	Биокаталитические методы защиты окружающей среды	Биокаталитические методы защиты окружающей среды. Особенности кинетики биокаталитических процессов	2
7	Перспективные направления развития и сферы применения	Наноиндустрия ферментов. Биологические компьютеры. Перспективные медицинские	2

	инженерной энзимологии.	технологии. Нетрадиционные ГМО-производители ферментов. Вопросы биоэтики и международного законодательства.	
--	-------------------------	---	--

### 5.2.2 Практические занятия:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Наименование практических занятий	Трудоемкость, час
1	Введение	Поиск генетической информации в международных базах данных	2
		Сравнительный анализ генов	2
2	Современные методы конструирования ферментов с необходимыми свойствами	Проектирование праймеров для синтеза генов ферментов	2
		точечный мутагенез, повышающий стабильность ферментов	2
3	Алгоритмы компьютерные технологии инженерной энзимологии.	Филогенетический анализ генов ферментов	2
		Филогенетический анализ белковой структуры ферментов	2
		Моделирование ферментов методами молекулярной динамики ферментов	2
4	Ферменты органического синтеза	Биоакатализ в получении минорных сахаров	2
		Инверсия углеводов с помощью ферментов	2
5	Ферменты аналитической химии	Иммуноферментный анализ	2
		Вестерн-блоттинг	2
6	Биокаталитические методы защиты окружающей среды	Биологическая нефтеструкция (ч1)	2
		Биологическая нефтеструкция (ч2)	2
7	Перспективные направления развития и сферы применения инженерной энзимологии.	Проектирование перспективных ГМО-производителей	2
		Анализ законодательства в области ГМО-технологий	2

### 5.2.3 Лабораторный практикум: не предусмотрен.

### 5.2.4 Самостоятельная работа обучающихся (СРО)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Вид СРО	Трудоемкость, час
1	Введение	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование)	2,25
		Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование)	3
		Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3

2	Современные методы конструирования ферментов необходимыми свойствами	с	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование, кейс-задания)	3
			Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование, кейс-задания)	3
			Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3
3	Алгоритмы и компьютерные технологии в инженерной энзимологии.		Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, тестирование)	3
			Проработка материалов по учебнику (собеседование, тестирование)	3
			Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3
4	Ферменты органическом синтезе	в	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, кейс-задание)	3
			Проработка материалов по учебнику (собеседование, кейс-задание)	3
			Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3
5	Ферменты аналитической химии	в	Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, кейс-задание, тестирование)	3
			Проработка материалов по учебнику (собеседование, кейс-задание, тестирование)	3
			Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3
6	Биокаталитические методы защиты окружающей среды		Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, кейс-задание)	3
			Проработка материалов по учебнику (собеседование, кейс-задание)	3
			Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3
7	Перспективные направления развития и сферы применения инженерной энзимологии.		Проработка материалов по конспекту лекций (собеседование, кейс-задание)	3
			Проработка материалов по учебнику (собеседование, кейс-задание)	3
			Подготовка к защите практической работы (собеседование)	3

## 6 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 6.1 Основная литература:

1. Биссвангер, Х. Практическая энзимология [Текст] / Х. Биссвангер; пер. с англ. Т. П. Мосоловой ; предисловие А. В. Левашова. - М. : БИНОМ ; Лаборатория знаний, 2012. - 328 с. - (Методы в биологии). - ISBN 978-5-94774-940-3 : 380-00.

2. Гамаюрова В.С., Зиновьева М.Е. Ферменты: лабораторный практикум. Учебное пособие. — Проспект Науки <http://www.iprbookshop.ru/35819>

3. Конструирование биореакторов будущего пищевых технологий (научно-прикладные аспекты) : учебник для вузов / С. Т. Антипов, С. А. Бредихин, А. И. Ключников [и др.] ; Под редакцией В. А. Панфилова. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 524 с. — ISBN 978-5-8114-9350-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/221213>

## 6.2 Дополнительная литература

1. Корнеева, О. С. Карбогидразы: препаративное получение, структура и механизм действия на олиго- и полисахариды [Текст] / О. С. Корнеева. - Воронеж : Изд-во ВГУ, 2001. - 184 с. - Библиогр.: с. 157-181. - ISBN 5-9273-0125-8 : 50-00.
2. Березин, И. В. Исследования в области ферментативного катализа и инженерной энзимологии [Текст] : избранные труды / И. В. Березин. - М. : Наука, 1990. - 382 с. : рис., граф., табл. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 5-02-004065-7 : 5-60.
3. Плакунов В.К. Основы энзимологии: учебное пособие.— М.: Логос <http://www.iprbookshop.ru/9118>, 2002
4. Кретович, В. Л. Введение в энзимологию [Текст] / В. Л. Кретович; АН СССР ; Ин-т биохимии ; отв. ред. С. Е. Северин . - 3-е изд., доп. и перераб. и испр. - М. : Наука, 1986. - 330 с.

## 6.3 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

1. Инженерная энзимология [Текст] : методические указания для самостоятельной работы обучающихся / Воронеж. гос. ун-т инж. технол.; сост. О. Ю. Гойкалова, О. С. Корнеева. – Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 11 с. Режим доступа: <http://education.vsu.ru/mod/resource/view.php?id=52120>
2. Инженерная энзимология [Текст] : методические указания к лабораторным работам / Воронеж. гос. ун-т инж. технол.; сост. О. Ю. Гойкалова, О. С. Корнеева. – Воронеж : ВГУИТ, 2016. - 11 с. Режим доступа: <http://education.vsu.ru/mod/resource/view.php?id=52505>

## 6.4 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>
Научная электронная библиотека	<a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a>
Национальная исследовательская компьютерная сеть России	<a href="https://niks.su/">https://niks.su/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам»	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Электронная библиотека ВГУИТ	<a href="http://biblos.vsu.ru/megapro/web">http://biblos.vsu.ru/megapro/web</a>
Сайт Министерства науки и высшего образования РФ	<a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>
Портал открытого on-line образования	<a href="https://npoed.ru/">https://npoed.ru/</a>
Электронная информационно-образовательная среда ФГБОУ ВО «ВГУИТ»	<a href="https://education.vsu.ru/">https://education.vsu.ru/</a>

## 6.5 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплин (модулей) в ФГБОУ ВО ВГУИТ [Электронный ресурс] : методические указания для обучающихся на всех уровнях высшего образования / М. М. Данылиев, Р. Н. Плотникова; ВГУИТ, Учебно-методическое управление. - Воронеж : ВГУИТ, 2016. – Режим доступа :

## 6.6 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Используемые виды информационных технологий:

- Microsoft Windows XP, Microsoft Windows 7 (64-разрядная профессиональная), Microsoft Office 2007 Standart, Microsoft Office профессиональный 2010.

- «сетевая»: локальная сеть университета и глобальная сеть Internet.

## 7 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Обеспеченность процесса обучения техническими средствами полностью соответствует требованиям ФГОС по направлению подготовки. Материально-техническая база приведена в лицензионных формах и расположена по адресу <http://vsuet.ru>.

Номер аудитории	Наименование объекта, подтверждающего наличие материально-технического обеспечения, с перечнем основного оборудования	Перечень основного оборудования
418	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (для всех направлений и специальностей)	Ферментный анализатор ПЛАГ-И, баня водяная UT 4329E, насос вакуумный Комовского, поляриметр СМ-3, ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран
414	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (для всех направлений и специальностей)	Аквадистиллятор ДЭ-10М, термостат с охлаждением TCO-1/80, насос вакуумный Vacum-Sel, баня водяная UT 4329E, насос вакуумный Комовского, испаритель ротационный Heidolph Hei-VAP Value, прибор Сокслета-01 КШ 9/32, прибор Элекс-7М аналог прибора Чижовой, холодильник, ноутбук, мультимедийный, проектор ACER, экран
403	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной	Ноутбук, мультимедийный проектор ACER, экран.

	аттестации (для всех направлений и специальностей)	
415	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, лабораторных и практических занятий, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (для всех направлений и специальностей)	Ячейка BioRad для блота Mini Trans-Blot с камерой комплект, аквадистиллятор АЭ-10 VIO, баня водяная LT-2 двухместная, вертикальная камера для электрофореза, термостат жидкостной 5 ОК-20/0,05, устройство для намотки ватных пробок, рН-метр рН-150 МИ, насос вакуумный 2VP-2, водяной термостат Дольфин ОБН-8, фотометр планшетный Start Fax 2100, принтер внешний Awareness Technology для ФП анализатора Start Fax 2100, рефрактометр ИРФ 454 Б 2М, центрифуга CR3i, горизонтальные весы, прецизионные весы, микроцентрифуга вортекс «Microspin» FV-2400, центрифуга MiniSpin Eppendorf, термостат твердотельный с таймером ТТ-2-«Термит», источник питания Эльф-4, трансиллюминатор ETX-20С, электрофорезная камера Sub-Cell Sistem горизонтальная, термостат с охлаждением ТСО-1/80, термостат 93 л (инкубатор), шейкер-инкубатор Multitron с платформой, термоциклер для амплификации нуклеиновых кислот 1000, шкаф холодильный DM-105S (ШХ-0.5ДС), термостат воздушный 1/20, автоклав автоматический MLS-3020U, стерилизатор паровой ВК-75, морозильник ММ-180 «Позис», сушилка лиофильная ЛС-500, бокс ультрафиолетовый УФ-1, ферментер автоклавируемый с программно-аппаратным комплексом на базе компьютера с монитором Ф-301, ноутбук ASUS, мультимедийный, проектор ACER, экран.

Самостоятельная работа обучающихся может осуществляться при использовании:

Зал научной литературы ресурсного центра ВГУИТ: компьютеры Regard - 12 шт.  
Студенческий читальный зал ресурсного центра ВГУИТ: моноблоки - 16 шт.

## **8 Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

8.1 **Оценочные материалы (ОМ)** для дисциплины (модуля) включают в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

8.2 Для каждого результата обучения по дисциплине (модулю) определяются показатели и критерии оценивания сформированности компетенций на различных этапах их формирования, шкалы и процедуры оценивания.

ОМ представляются отдельным комплектом и **входят в состав рабочей программы дисциплины (модуля)**.

Оценочные материалы формируются в соответствии с П ВГУИТ «Положение об оценочных материалах».

Документ составлен в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 19.03.01 Биотехнология

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

по дисциплине

**Инженерная энзимологи**

В ходе изучения дисциплины **«Инженерная энзимология»** студент осваивает следующую компетенцию:

- владение основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов (ПК-9).

### **Этапы формирования компетенций.**

#### **Формирование компетенции ПК-9 осуществляется в процессе освоения:**

- дисциплин Метрология и стандартизация, Общая и санитарная микробиология, Биотехнология растений, Сельскохозяйственная биотехнология, Основные принципы селекции микроорганизмов, Селекция микроорганизмов – продуцентов, а также в ходе преддипломной практики и ГИА.

### **1. Перечень оцениваемых компетенций**

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции	В результате изучения учебной дисциплины обучающийся должен:		
			знать	уметь	владеть
1	ПК-9	Владение основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов	основные принципы и теоретические положения инженерной энзимологии; отличительные особенности протекания биотехнологических процессов с участием ферментов; основные методы конструирования ферментов с заданными свойствами	конструировать биоорганические катализаторы с заданными свойствами на основе ферментов или полиферментных комплексов	методами получения чистых и иммобилизованных ферментных препаратов, клеток, полимерных материалов

## 2. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

№ п/п	Контролируемые модули/разделы/темы дисциплины	Индекс контролируемой компетенции (или ее части)	Оценочные средства		Технология оценки (способ контроля)
			наименование	№№ заданий	
1.	Введение	ПК-9	Тест	27-31	Процентная шкала
			Подготовка к практическому занятию	1-5	Отметка по 5-ти бальной шкале
			Собеседование (экзамен)	88	Отметка по 5-ти бальной шкале
2.	Современные методы конструирования ферментов с необходимыми свойствами	ПК-9	Тест	32-37	Процентная шкала
			Кейс-задача	73-75	Уровневая шкала
			Собеседование (экзамен)	89	Отметка по 5-ти бальной шкале
3.	Ферменты в нетрадиционных средах	ПК-9	Тест	35-59	Процентная шкала
			Подготовка к практическому занятию	6-9	Отметка по 5-ти бальной шкале
			Кейс-задача	76	Уровневая шкала
			Собеседование (экзамен)	90-99	Отметка по 5-ти бальной шкале
4.	Ферменты в органическом синтезе	ПК-9	Подготовка к практическому занятию	10-15	Отметка по 5-ти бальной шкале
			Кейс-задача	77-78	Уровневая шкала
			Собеседование (экзамен)	100-105	Отметка по 5-ти бальной шкале
5.	Ферменты в аналитической химии	ПК-9	Тест	60-72	Процентная шкала
			Подготовка к практическому занятию	16-18	Отметка по 5-ти бальной шкале
			Кейс-задача	79-82	Уровневая шкала
			Собеседование (экзамен)	106-109	Отметка по 5-ти бальной шкале
6.	Ферменты как лекарственные препараты	ПК-9	Подготовка к практическому занятию	19-23	Отметка по 5-ти бальной шкале
			Кейс-задача	83-85	Уровневая шкала
			Собеседование	110-111	Отметка по 5-

			(экзамен)		ти бальной шкале
7.	Биокаталитические методы защиты окружающей среды	ПК-9	Подготовка к практическому занятию	24-26	Отметка по 5-ти бальной шкале
			Кейс-задача	86-87	Уровневая шкала
			Собеседование (экзамен)	112	Отметка по 5-ти бальной шкале

### 3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

#### 3.1 Вопросы для подготовки к практическому занятию

**ПК-9 Выпускник должен владеть основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов**

№ задания	Формулировка задания
1.	Приведите основные направления инженерной энзимологии в РФ.
2.	Обозначьте проблемы развития инженерной энзимологии в РФ.
3.	Приведите примеры современных достижений инженерной энзимологии.
4.	Укажите наименования организаций, где реализуются научно-исследовательские работы в области инженерной энзимологии.
5.	Назовите фамилии ученых, работающих в области инженерной энзимологии.
6.	Как классифицируются носители для иммобилизации ферментов?
7.	Какие способы иммобилизации Вам известны?
8.	Что означает понятие «сопряженные ферментативные системы»?
9.	Как применяются сопряженные ферментативные системы?
10.	Из чего состоит целлюлоза?
11.	Механизм действия целлюлаз.
12.	Целлюлолитические микроорганизмы.
13.	Что такое ферментативная модификация?
14.	Для какой цели проводят ферментативную модификацию?
15.	Процессы синтеза с использованием гидролаз.
16.	В чем состоит различие химических и биологических сенсоров?
17.	Укажите преимущества биологических сенсоров.
18.	Приведите примеры биосенсоров отечественного производства.
19.	Направления развития медицинской энзимологии в РФ.
20.	Что такое энзимотерапия? Приведите примеры энзимотерапии.
21.	Что такое антитела?
22.	Как антитела применяются в медицинской энзимологии?
23.	Приведите примеры терапии с применением иммобилизованных ферментов.
24.	Чем занимается биогеотехнология?
25.	Приведите примеры микроорганизмов, применяемых в биогеотехнологии.
26.	Как иммобилизованные клетки применяют для иммобилизации отходов?

#### КИМ к текущему опросу

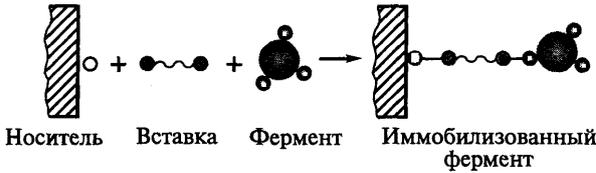
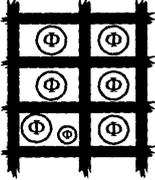
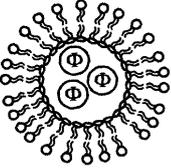
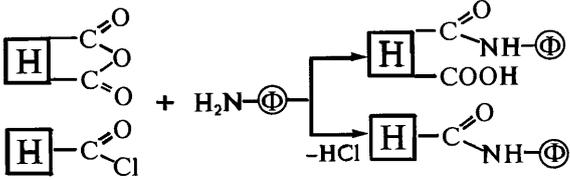
Параметр	Баллы
Студент ответил на все вопросы, допустил не более 1 ошибки в ответе	5
Студент ответил на все вопросы, допустил более 1, но менее 3 ошибок	4
Студент ответил не на все вопросы, но в тех, на которые дал ответ не допустил ошибки	3
Студент ответил не на все вопросы, допустил более 5 ошибок	2

### 3.2 Тесты

**ПК-9 Выпускник должен владеть основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов**

№ задания	Формулировка задания
27.	Раздел биохимии, изучающий ферменты и реакции, катализируемые ими - _____.
28.	С чем связывают появление инженерной энзимологии? 1) с накоплением биологической информации 2) необходимостью интенсификации биотехнологических процессов 3) необходимостью разработки биологических конструкций нового поколения
29.	Основная задача инженерной энзимологии – это разработка биотехнологических процессов с использованием _____.
30.	Перечислите основные направления исследований инженерной энзимологии. 1) _____ 2) _____ 3) _____
31.	Перечислите основные области применения достижений инженерной энзимологии: 1) _____ 2) _____ 3) _____
32.	Для изменения заряда белковой молекулы применяют метод: 1) химической модификации 2) направленной эволюции 3) генетической инженерии
33.	Верно ли, что методами химической модификации можно обеспечить возможность включения белков в мембраны? 1) да 2) нет
34.	Проведение случайных замен на уровне генов с последующим отбором мутантных вариантов является методом _____ эволюции, позволяющим изменять те или иные фрагменты белков молекулы.
35.	Изменение специфичности фермента, характера зависимости скорости реакции можно осуществлять методом : 1) генетической инженерии 2) химической модификации
36.	В естественных условиях ферменты работают в водной среде или на границе раздела фаз _____ - водная среда.
37.	Одна из первых работ в области направленной эволюции была выполнена в лаборатории 1) Штемлера В. 2) Арнольда Ф. 3) Левашова А. 4) Мартиника К.
38.	Полярные группы обращенных мицелл солюбилизируют и стабилизируют микро-капельки воды за счет взаимодействия аполярных _____ частей детергента с органическим растворителем. 1) гидрофильных 2) гидрофобных 3) нейтральных
39.	Возможность осуществления ферментативных реакций в органических растворителях имеет особый интерес, т.к. многие важные ферментативные реакции термодинамически возможны лишь в системах 1) с малым содержанием воды 2) с большим содержанием воды

	<b>3) в безводных средах</b>
40.	Результатом полимеразной цепной реакции является большой набор родственных молекул _____, содержащих значительное число мутаций. 1) РНК 2) ДНК 3) ДНК и РНК
41.	Особый интерес в инженерной энзимологии представляет возможность осуществления ферментативных реакций в _____.
42.	Верно ли, что ферменты не денатурируют в органических растворителях? 1) да 2) нет
43.	Перечислите основные подходы, позволяющие провести ферментативную реакцию в органических растворителях: 1) _____ 2) _____ 3) _____
44.	Верно ли, что фермент, включенный в мицеллу, обладает большей активностью, по сравнению с таковой активностью его раствора? 1) да 2) нет
45.	Можно ли регулировать активность фермента, варьируя размер обращенной мицеллы? 1) да 2) нет
46.	Впервые ковалентные связывания амилазы с нерастворимым носителем осуществили: 1) Гриффин Е. 2) Шлейт Д. 3) Арнольда Ф. 4) Порат Дж.
47.	Перечислите некоторые преимущества иммобилизованных ферментов. 1) _____ 2) _____ 3) _____
48.	Какими свойствами должны обладать материалы, предназначенные для иммобилизации ферментов? 1. Растворимость 2. Нерастворимость 3. Гидрофобность 4. Гидрофильность 5. Проницаемость
49.	Целлюлоза и декстран относят к носителям: 1) неорганическим 2) органическим 3) синтетическим
50.	Высокая иммуногенность является недостатком _____ как носителей для иммобилизации ферментов.
51.	В качестве природных аминсахаридов как носителей для иммобилизации применяют _____.
52.	Материалы из стекла, керамики, силикагеля относятся к _____ носителям.
53.	Какие протеины применяются в качестве носителей для иммобилизации ферментов? 1) коллаген 2) желатин 3) альбумин 4) казеин
54.	Основным преимуществом носителей неорганической природы является:

	<p>1) существование различных физических форм  2) <b>легкость регенерации</b>  3) биodeградируемость</p>
55.	<p>Укажите какой метод иммобилизации представлен на схеме?</p>  <p>Носитель + Вставка + Фермент → Иммобилизованный фермент</p>
56.	<p>Какой метод иммобилизации указан на рисунке?</p>  <p>1) Адсорбция  2) Инкапсулирование  3) <b>Включение в гель</b>  4) Включение в липосому</p>
57.	<p>Может ли повысить прочность связывания фермента с носителем его обработка ионами металлов?</p> <p>1) <b>Да</b>  2) Нет</p>
58.	<p>Верно ли, что метод иммобилизации фермента, представленный на рисунке, относится к химическому.</p>  <p>1) Да  2) <b>Нет</b></p>
59.	<p>К какому виду иммобилизации соответствует данная реакция?</p>  <p>1) Иммобилизация ферментов на носителях, обладающих аминогруппами  2) <b>Иммобилизация на носителях, обладающих активированными производными карбоксильной группы</b>  3) Иммобилизация на носителях, обладающих сульфгидрильными группами</p>
60.	<p>Напишите схему индикаторной реакции на определение мочевины. Укажите наименование фермента, катализирующего данную реакцию.  Ответ: _____</p>
61.	<p>Примером какого аналитического метода служит данная ферментативная реакция?</p> $\text{CH}_3-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{COOH} + \text{НАД}^+ \rightleftharpoons \text{CH}_3-\overset{\text{O}}{\text{C}}-\text{COOH} + \text{НАДН}$ <p>1) <b>Определение молочной кислоты</b>  2) Определение уксусной кислоты  3) Определение пировиноградной кислоты</p>

62.	<p>Какие ферменты применяют при аналитическом определении гликогена?</p> <p>1) <b>Амилоглюкозидазу</b></p> <p>2) Формиатдегидрогеназу</p> <p>3) <b>Глюкозооксидазу</b></p> <p>4) лактатдегидрогеназу</p>
63.	<p>Схема какого метода изображена ниже? В чем заключаются преимущества данного метода?</p> <p><math>E-Ab + Ag \leftrightarrow E + Ag-Ab</math></p>
64.	<p>Верно ли, что индикаторную реакцию на молочную кислоту проводят с помощью уреазы?</p> <p>1) Да</p> <p>2) <b>Нет</b></p>
65.	<p>Определение какого вещества представлено реакцией:</p> <p><math>(NH_2)_2CO \rightarrow 2NH_3 + CO_2</math></p> <p>1) Мочевая кислоты</p> <p>2) <b>Мочевина</b></p> <p>3) Гипоксантин</p>
66.	<p>Биосенсор состоит из двух элементов: биоселективная мембрана и физический преобразователь сигнала - _____.</p>
67.	<p>Укажите название фермента, катализирующего данную реакцию:</p> <p>Ацетилхолин <math>\rightarrow</math> Холин + Уксусная кислота</p> <p>Ответ: _____.</p>
68.	<p>Какой фермент катализирует реакцию: Глюкоза + <math>O_2 =</math> Глюконовая кислота + <math>H_2O_2</math></p> <p>1) Глюкоамилаза</p> <p>2) Глюкозооксидаза</p> <p>3) Пероксидаза</p>
69.	<p>АТФ-зависимое окисление люциферина катализирует:</p> <p>1) Люцифераза светляков</p> <p>2) Пероксидаза</p> <p>3) люциферазой светящихся бактерий с участием ФМН</p>
70.	<p>При иммуноферментном анализе фермент является химическим _____ сигнала.</p> <p>1) Преобразователем</p> <p>2) <b>Усилителем</b></p> <p>3) Ингибитором</p>
71.	<p>Укажите критерии, которые учитывают при выборе фермента для проведения иммуноферментного анализа:</p> <p>1) _____</p> <p>2) _____</p> <p>3) _____</p>
72.	<p>Как называют гибрид иммуноглобулинпроизводящих клеток – В-лимфоцитов и опухолевых, раковых клеток, миеломным лимфоцитов? Ответ: _____</p>

КИМ  
для тестового задания

Выполнение теста на 90-100 % - «отлично»  
 Выполнение теста на 75-89,99 % - «хорошо»  
 Выполнение теста на 60-74,99 % - «удовлетворительно»  
 Выполнение теста на 59 % и ниже – «неудовлетворительно»

### 3.3 Кейс-задачи

**ПК-9 Выпускник должен владеть основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов**

№ задания	Формулировка задания
73.	Объясните, как можно регулировать электрофоретическую подвижность белка с использованием современных методов конструирования ферментов?
74.	Объясните, как можно регулировать устойчивость (температурную) фермента с помощью современных методов конструирования ферментов?
75.	Объясните, как можно регулировать активность фермента, включенного в обращенную мицеллу?
76.	Объясните какой метод иммобилизации целесообразно использовать при получении глюкозо-фруктозных сиропов? Кратко представьте схему процесса.
77.	Объясните, почему для промышленного получения L-аланина в качестве продуцентов используют не только <i>Pseudomonas dacunhae</i> , <i>Alcaligenes faecalis</i> , но и <i>E.coli</i> , продуцирующую аспартатаммиаклиазу?
78.	Объясните, какое значение имеет процесс получения L-аминокислот из их рацемических смесей с использованием иммобилизованных ферментов? Какие ферменты подвергают иммобилизации?
79.	Объясните, почему при биохимическом определении глюкозы с применением глюкозооксидазы применяют электрохимические методы?
80.	Объясните, почему при биохимическом определении мочевины применяют потенциометрический метод?
81.	Объясните, почему при биохимическом определении гликогена применяется глюкозооксидазный метод?
82.	Объясните, как может применяться ацетилхолинэстераза при определении ядовитых веществ?
83.	Объясните, как можно использовать гидроксиэтилметакрилат в получении сосудорасширяющих лекарственных препаратов?
84.	Объясните, почему при промышленном способе получения 6-аминопенициллановой кислоты целесообразнее применять иммобилизованные клетки бактерий?
85.	Укажите, какой метод иммобилизации применяют при изготовлении противоопухолевых составов? Приведите примеры противоопухолевых веществ.
86.	Объясните, как можно интенсифицировать процесс добычи нефти микроорганизмами с использованием питательных веществ (мелассы, молочной сыворотки)?
87.	Объясните, почему при добыче угля, его предварительно обрабатывают бактериями <i>Thiobacillus ferrooxidans</i> ?

### 3.4 Вопросы к экзамену

**ПК-9 Выпускник должен владеть основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов**

№ задания	Формулировка задания
88.	Инженерная энзимология: задачи, принципы, направления.
89.	Современные методы конструирования ферментов с необходимыми свойствами: химическая модификация, комбинаторные методы
90.	Мицеллярная энзимология и ее преимущества. Регуляция каталитической активности ферментов
91.	Иммобилизованные ферменты и преимущества их использования

92.	Классификация носителей для иммобилизации ферментов. Преимущества и недостатки носителей
93.	Физические методы иммобилизации ферментов (адсорбция на нерастворимых носителях, включение в гель)
94.	Иммобилизация ферментов в полупроницаемые структуры. Основные модификации метода
95.	Краткая характеристика химических методов иммобилизации ферментов
96.	Основная схема иммобилизации фермента химическим методом
97.	Иммобилизация клеток и клеточных структур (особенности иммобилизации, применение, характеристика реакторов)
98.	Биотрансформация углеводов с использованием иммобилизованных клеток.
99.	Окислительная и восстановительная трансформация
100.	Особенности получения L-аминокислот из их рацемических смесей
101.	Получение L-аспарагиновой кислоты иммобилизованными клетками E. coli.
102.	Получение L-аланина
103.	Получение глюкозо-фруктозных сиропов иммобилизованными клетками микроорганизмов. Схема получения
104.	Получение молочной кислоты с помощью иммобилизованных молочнокислых бактерий. Схема получения
105.	Получение антибиотиков с применением биокатализаторов (на примере 6-аминопенициллановой кислоты). Характеристика продуцента, особенности иммобилизации
106.	Особенности ферментативного анализа метаболитов (на примере определения глюкозы, мочевины, мочевой, молочной, муравьиной кислот)
107.	Биосенсоры и принципы их конструирования. Области применения
108.	Иммуноферментный анализ (ИФА): основа метода, селективные агенты. Поликлональные и моноклональные антитела. Гомогенный ИФА
109.	Биолюминисцентный микроанализ (окисление люминола, окисление люциферина). Основа метода и области применения микроанализа
110.	Ферменты как лекарственные препараты
111.	Иммобилизация лекарственных препаратов
112.	Биокаталитические методы защиты окружающей среды

#### 4. Матрица соответствия результатов обучения, показателей, критерием и шкал оценки

Результаты обучения (на основе обобщённых компетенций)	Предмет оценки (продукт или процесс)	Показатель оценки	Критерии оценки	Шкала оценки	
				Академическая оценка (зачтено/незачтено)	Уровень освоения компетенции
<p><b>ПК-9 Владение основными методами и приемами проведения экспериментальных исследований в своей профессиональной деятельности; способностью проводить стандартные и сертификационные испытания сырья, готовой продукции и технологических процессов</b></p>					
<p><b>Знать</b> основные принципы и теоретические положения инженерной энзимологии; отличительные особенности протекания биотехнологических процессов с участием ферментов; основные методы конструирования ферментов с заданными свойствами</p>	Тест	Результат тестирования	менее 60 % правильных ответов	Неудовлетворительно	Не освоена
			Собеседование (экзамен)	Уровень владения материалом	60-74,9 % правильных ответов
	75-89,9 % правильных ответов	Хорошо			Освоена
	90-100% правильных ответов	Отлично			Освоена
<p><b>Уметь</b> конструировать биоорганические катализаторы с заданными свойствами на основе ферментов или полиферментных комплексов</p>	Практическое занятие	Дискуссия по теме практического занятия	Студент не может осуществлять стадии конструирования биоорганических катализаторов, не может оценить уровень их активности	Неудовлетворительно	Не освоена
			Студент может осуществить некоторые стадии конструирования биоорганических катализаторов, затрудняется в оценке уровня их активности, допускает принципиальные ошибки	Удовлетворительно	Освоена
			Студент осуществляет основные стадии конструирования биоорганических катализаторов, оценивает уровень их активности, но допускает незначительные ошибки	Хорошо	Освоена
			Студент успешно осуществляет основные стадии конструирования биоорганических катализаторов, оценивает уровень их активности	Отлично	Освоена

<b>Владеть</b> методами получения чистых и иммобилизованных ферментных препаратов, клеток, полимерных материалов	Кейс-задача	Правильное решение поставленной задачи	Студент не решил поставленную задачу, не предложил вариантов ее решения	Не зачтено	Не освоена
			Студент теоретически разобрался в поставленной задаче, решил ее самостоятельно, иллюстрировал ответ химической реакцией или схемой	Зачтено	Освоена