



## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
 Биологический факультет  
 Кафедра физиологии растений и теории эволюции



«Утверждаю»

Проректор по научной работе и  
 инновациям

Н.А. Ашурбеков

» марта 2021 г.

### Рабочая программа дисциплины

### «Особенности функционирования ферментов у растений»

По направлению подготовки:

06.06.01 Биологические науки

Профиль подготовки

03.01.05 – Физиология и биохимия растений

Уровень подготовки кадров высшей квалификации  
 (аспирантура)

Квалификация:

«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения

Очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «Особенности функционирования ферментов у растений» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 – Биологические науки, уровень высшего образования аспирантура – подготовка кадров высшей квалификации: «Исследователь. Преподаватель-исследователь» от 30 июля 2014 г. № 871

Разработчик: кафедра физиологии растений и теории эволюции, Абилова Г.А., к.б.н., доцент.

Рабочая программа дисциплины одобрена; на заседании кафедры физиологии растений и теории эволюции от «13» января 2021 г., протокол № 5  
И.о. зав. кафедрой Алиева З.М. Алиева З.М.

на заседании Методической комиссии биологического факультета от «27» января 2021 г., протокол № 5.

Председатель Рамазанова П.Б. Рамазанова П.Б.

Рабочая программа дисциплины согласована с Управлением аспирантуры и докторантуры «15» марта 2021 г. Рамазанова Э. Т. Рамазанова Э. Т.

### Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина «Особенности функционирования ферментов у растений» входит в вариативную часть блока 1 «Дисциплины по выбору (модули)». Объем курса – 2 зачетные единицы (72 академических часа): 6 академических часов лекций; 6 академических часов практических занятий; 60 академических часа самостоятельной внеаудиторной работы аспирантов. Форма промежуточной аттестации – зачет.

Дисциплина реализуется кафедрой физиологии растений и теории эволюции.

Наука о ферментах – энзимология - изучает принципы функционирования белковых катализаторов биохимических реакций, лежащих в основе биологических процессов. Первоначально являющаяся разделом биохимии, энзимология в настоящее время – самостоятельная наука, оказывающая влияние на получение фундаментальных знаний в различных областях биологии. Результаты исследований энзимологии применяются в отраслях промышленности, сельского хозяйства и медицины.

**Целями** освоения дисциплины «Особенности функционирования ферментов у растений» является подготовка специалистов в области биологии, обладающих глубокими фундаментальными знаниями, способных проводить экспериментальные исследования, эффективно использовать в научно-исследовательской и практической работе современные методы энзимологии. Молодые специалисты должны уметь обобщать и анализировать полученные результаты, учитывая фундаментальную роль ферментов в обмене веществ и энергии, молекулярных механизмах наследственности, регуляции и интеграции метаболических процессов в живых организмах.

**Задачами** изучения данного курса являются углубление знаний аспирантов в области химического и ферментативного катализа, кинетики ферментативных реакций, механизмах активации и ингибирования ферментов, способах выделения и определения активности ферментов.

В рамках данной дисциплины углубляются и развиваются следующие компетенции (шифр указан согласно карте компетенций. Приложение 3 к ОПОП ВО):

#### **Общепрофессиональные компетенции**

ОПК-1, ОПК-2

#### **Профессиональные компетенции**

ПК-1, ПК-3, ПК-4, ПК-5

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны:

**Знать:** 31(ОПК-1), 32(ОПК-1); 31(ОПК-2), 32(ОПК-2); 31(ПК-1), 32(ПК-1), 33(ПК-1); 31(ПК-3), 32(ПК-3); 31(ПК-4), 32(ПК-4); 31(ПК-5), 32(ПК-5).

**Уметь:** У1(ОПК-1), У2(ОПК-1); У2(ОПК2); У1(ПК-1), У2(ПК-1); У1(ПК-3); У1(ПК-4), У2(ПК-4); У1(ПК-5), У2(ПК-5).

**Владеть:** В1(ОПК1), В2(ОПК1); В1(ОПК-2), В2(ОПК-2); В1(ПК-5), В2(ПК-5); В1(ПК-1), В2(ПК-1); В1(ПК-3); В1(ПК-4), В2(ПК-4); В2(ПК-5).

### **1. Область применения и нормативные ссылки**

Настоящая программа учебной дисциплины устанавливает минимальные требования к знаниям и умениям обучающегося в аспирантуре по направлению подготовки кадров высшей квалификации и определяет содержание и виды учебных занятий и отчетности.

Программа предназначена для преподавателей, ведущих данную дисциплину, и обучающихся направления подготовки 06.06.01 Биологические науки, изучающих дисциплину «Организация и специфика генома растительной клетки»

Программа разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом <http://science.dgu.ru/eduprogram/06.06.01.pdf>, утвержденным приказом Министерства образования и науки РФ №871 от 30 июля 2014 г.;
- Образовательной программой 06.06.01 – Биологические науки.
- Учебным планом университета по направлению подготовки 06.06.01– Биологические науки утвержденным Ученым советом ДГУ протокол №7 от 29.03 2017 г.

Объем дисциплины 2 зачетные единицы, в том числе в 72 академических часах по видам учебных занятий.

Год	Учебные занятия						СРС, в том числе зачет	Форма промежуточной аттестации (зачет)
	в том числе							
	Контактная работа обучающихся с преподавателем							
	Все го	из них						
Лекции		Лабораторные занятия	Практические занятия	КСР	консультации			
2		6		6			60	зачет

#### Цели и задачи освоения дисциплины:

Целью курса «Особенности функционирования ферментов у растений» – показать фундаментальную роль ферментов в обмене веществ и энергии, молекулярных механизмах наследственности, регуляции и интеграции метаболических процессов в растительном организме.

Задачи изучения дисциплины заключаются в формировании знаний:

- о химическом и ферментативном катализе;
- о молекулярных основах специфичности ферментов;
- о принципах классификации и номенклатуры ферментов;
- о кинетике действия ферментов;
- о принципах и методах определения активности ферментов;
- о способах выделения и очистки ферментов.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

В результате освоения программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине (модулю):

Коды компетенции	Результаты освоения ОПОП	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и	<b>Знать:</b> основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, и основные способы (методы, алгоритмы) их

	информационно-коммуникационных технологий	<p>решения; основные источники и методы поиска научной информации.</p> <p><b>Уметь:</b> основные источники и методы поиска научной информации; обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции хозяйственной практики; анализировать, систематизировать и усваивать передовой опыт проведения научных исследований; собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа; выделять и обосновывать авторский вклад в проводимое исследование, оценивать его научную новизну и практическую значимость при условии уважительного отношения к вкладу и достижениям других исследователей, занимающихся(занимавшихся) данной проблематикой, соблюдения научной этики и авторских прав.</p> <p><b>Владеть:</b> обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции хозяйственной практики; навыками публикации и результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях</p>
ОПК-2	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	<p><b>Знать:</b> нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования; Основные принципы построения образовательных программ, в том числе с учетом зарубежного опыта</p> <p><b>Уметь:</b> доносить до обучающихся в доступной и ясной форме содержание выбранных дисциплин биологических на-</p>

		<p>ук;</p> <p><b>Владеть:</b> технологией проектирования образовательного процесса на уровне высшего образования; методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся (биологические науки).</p>
ПК-1	<p>Способность к самостоятельному проведению научно-исследовательской работы и получению научных результатов, удовлетворяющих установленным требованиям к содержанию диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук по направлению подготовки</p>	<p><b>Знать:</b> современное состояние науки в области биологии; порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательской работы с использованием современных научно-исследовательских, образовательных и информационных технологий; методы исследования и проведения экспериментальных работ.</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований и проводить углубленную их разработку; представлять результаты. НИР (в том числе диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p><b>Владеть:</b> методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (профилю); методами и приемами экспериментальных исследований в области биологии.</p>
ПК-3	<p>Способность приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, возникающих при профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> теоретические основы технологий, используемых в современной научно-исследовательской практике в области биологии; базовые принципы знаний, основные приемы, используемые в биологии.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований; работать с научно-</p>

		<p>технической информацией.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками использования электронных библиотек и биоинформатических Интернет-ресурсов, соответствующих пакетов программного обеспечения.</p>
ПК-4	<p>Обладание опытом профессионального участия в научных дискуссиях, способность проводить обработку и анализ научных результатов, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в ведущих профильных журналах)</p>	<p><b>Знать:</b> умениями разрабатывать научно-методическое обеспечение реализации курируемых учебных предметов, курсов; требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p><b>Уметь:</b> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций в рецензируемых научных изданиях; готовить заявки на финансирование НИР в области биологии по соответствующему профилю;</p> <p><b>Владеть:</b> навыками представления научных результатов по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций; навыками составления и подачи конкурсных заявок на финансирование научных проектов в области биологии.</p>
ПК-5	<p>Обладание опытом профессионального участия в научных дискуссиях, способность проводить обработку и анализ научных результатов, умение представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовые доклады, рефераты и статьи в ведущих профильных журналах)</p>	<p><b>Знать:</b> современное состояние науки в области биологических наук; способы представления и методы передачи информации для различных контингентов слушателей.</p> <p><b>Уметь:</b> преподавать учебные предметы, курсы, дисциплины; разрабатывать научно-методическое обеспечение реализации курируемых учебных предметов, курсов, дисциплин.</p> <p><b>Владеть:</b> методами и технологиями межличностной коммуникации</p>

В результате изучения дисциплины обучающийся осваивает следующие компетенции:

Компетенция	Код по ФГОС	Дескрипторы – основные признаки освоения (показатели достижения результата)	Формы и методы обучения, способствующие формированию и развитию компетенции
Общепрофессиональные	ОПК-1	<p><b>Знает</b> основной круг проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности, и основные способы (методы, алгоритмы) их решения, а также основные источники и методы поиска научной информации.</p> <p><b>Применяет</b> наиболее эффективные (методы) решения основных типов проблем (задач), встречающихся в избранной сфере научной деятельности.</p> <p><b>Демонстрирует</b> умение обобщать и систематизировать передовые достижения научной мысли и основные тенденции хозяйственной практики.</p> <p><b>Анализирует</b>, систематизирует и усваивает передовой опыт проведения научных исследований.</p> <p><b>Умеет</b> собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа;</p> <p><b>Способен</b> выделять и обосновывать авторский вклад в проводимое исследование, оценивать его научную новизну и практическую значимость при условии уважительного отношения к вкладу и достижениям других исследователей, занимающихся (занимавшихся) данной проблематикой, соблюдения научной этики и авторских прав.</p> <p><b>Владеет</b> инструментами и технологией научно-исследовательской и проектной деятельности в определенных областях биологии; навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях</p>	<p><b>Тест, контрольная работа:</b> выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимся, и определить уровень сформированности навыков поиска информации и ее использования в научной работе</p>
	ОПК-2	<p><b>Знает</b> нормативно-правовые основы преподавательской деятельности в системе высшего образования;</p> <p><b>Доносит</b> до обучающихся в доступной и ясной форме содержание выбранных дисциплин биологических наук;</p> <p><b>Осуществляет</b> отбор и использует оп-</p>	<p><b>Тест, контрольная работа:</b> выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимся, и определить</p>



		<p>тимальные методы преподавания оценивания успеваемости обучающихся в области биологических наук;</p> <p><b>Владеет</b> методиками и технологиями преподавания и оценивания успеваемости обучающихся (биологические науки).</p>	<p>уровень сформированности навыков поиска информации и ее использования в научной работе</p>
Профессиональные	ПК-1	<p><b>Демонстрирует</b> понимание современного состояния науки в области биологии.</p> <p><b>Знает</b> порядок организации, планирования и проведения научно-исследовательской работы с использованием современных научно-исследовательских, образовательных и информационных технологий.</p> <p><b>Применяет</b> современные методы исследования и проведения экспериментальных работ.</p> <p><b>Умеет</b> самостоятельно формулировать конкретные задачи научных исследований и проводить углубленную их разработку.</p> <p><b>Может</b> представлять результаты НИР (в том числе диссертационной работы) академическому и бизнес-сообществу.</p> <p><b>Владеет</b> методами планирования, подготовки, проведения НИР, анализа полученных данных, формулировки выводов и рекомендаций по направленности (профилю); методами и приемами экспериментальных исследований в области биологии.</p>	<p><b>Собеседование, тест, контрольная работа, доклад, реферат:</b> выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков использования современных методов исследования и проведения экспериментальных работ</p>
	ПК-3	<p><b>Применяет</b> теоретические основы технологий, используемых в современной научно-исследовательской практике в области биологии, а также базовые принципы знаний, основные приемы, используемые в биологии.</p> <p><b>Демонстрирует</b> навыки выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований.</p> <p><b>Использует</b> научно-техническую информацию.</p> <p><b>Демонстрирует</b> навыками использования электронных библиотек и биоинформатических Интернет-ресурсов, соответствующих пакетов программного обеспечения.</p>	<p><b>Собеседование, тест, контрольная работа, презентация, реферат:</b> выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков выбирать необходимые методы и оборудование для проведения исследований и использования научно-технической информации</p>

	ПК-4	<p><b>Демонстрирует знание</b> нормативных требований к оформлению результатов научной работы, заявок на финансирование научных проектов.</p> <p><b>Знает</b> требования к содержанию и правила оформления рукописей к публикации в рецензируемых научных изданиях.</p> <p><b>Умеет</b> представлять научные результаты по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций в рецензируемых научных изданиях;</p> <p><b>Использует</b> свои знания для подготовки заявок на финансирование НИР в области биологии по соответствующему профилю.</p> <p><b>Владеет</b> навыками представления научных результатов по теме диссертационной работы в виде отчетов и публикаций</p>	<p><b>Собеседование, тест, контрольная работа, реферат:</b> выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимся, и определить уровень сформированности навыков оформления рукописей научных работ и представления результатов в виде отчетов и публикаций</p>
	ПК-5	<p><b>Демонстрирует</b> знания современного состояния науки в области биологии.</p> <p><b>Понимает</b> способы представления и методы передачи информации для различных контингентов слушателей.</p> <p><b>Владеет</b> методами преподавания учебных предметов, курсов, дисциплин.</p> <p><b>Демонстрирует</b> навыки разработки научно-методического обеспечения реализации курируемых учебных предметов, курсов, дисциплин.</p> <p><b>Использует</b> методы и технологиями межличностной коммуникации.</p>	<p><b>Собеседование, тест, контрольная работа, реферат, отчет:</b> выполнение заданий позволяет выявить объем материала, обработанного обучающимися, и определить уровень сформированности навыков преподавания учебных дисциплин и подготовки учебно-методических материалов</p>

### 3. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина относится к вариативной части программы (Блок 1). Изучение данной дисциплины базируется на принципах преемственности Программы подготовки магистров, а также закрепляет знания, умения, навыки, сформированные у аспирантов в результате освоения дисциплин «Биохимия», «Физиология растений», «Биохимия растений» и базовых дисциплин (Блок 1).

Навыки и умения, приобретённые в результате изучения дисциплины «Особенности функционирования ферментов у растений» необходимы аспиранту как предшествующие при освоении дисциплин по выбору, а также Блока 2 «Практики», Блока 3 «Научные исследования», Блока 4 «Государственная итоговая аттестация».

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часов.

4.2. Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины	Год	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Контроль самост. раб.		
<i>Модуль 1. Строение и общие свойства ферментов.</i>									
1	Современные представления о строении ферментов.			2	2		14		
2	Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативного катализа. Механизмы регуляции ферментативной активности.			2	2		14		
	<i>Итого по модулю 1:</i>			4	4		36		
<i>Модуль 2. Выделение, очистка и определение локализации ферментов</i>									
3	Методы выделения и очистки ферментов.			2	2		14		
4.	Локализация ферментов.						14		
	<i>Итого по модулю 2:</i>			2	2		36		
	<b>ИТОГО:</b>			6	6		72		

#### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам.

##### Модуль 1. Строение и общие свойства ферментов

##### Тема № 1. Современные представления о строении ферментов

Химическая природа ферментов. Молекулярная структура ферментов. Активный и аллостерический центры. Контактный и каталитический участки активного центра. Функциональные отличия ферментов от катализаторов. Проферменты. Апоферменты и простетические группы сложных ферментов. Коферменты, кофакторы и их роль в каталитическом процессе. Мультимолекулярные ферментные комплексы. Изоферменты и их биологическое значение.

##### Тема № 2. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативного катализа. Механизмы регуляции ферментативной активности

Теория катализа. Отличительные черты ферментативного катализа. природа сил, стабилизирующая различные конформационные состояния системы фермент-субстрат (водородные связи, гидрофобные взаимодействия и др.); типы катализа, используемые в ферментативных реакциях; функциональные группы ферментов. Понятие ферментативной активности. Способы выражения ферментативной активности. Влияние концентрации фермента на скорость ферментативной реакции. Влияние концентрации субстрата. Теория Михаэлиса-Ментен. Способы графического определения константы Михаэлиса и максимальной скорости реакции. Влияние температуры и pH среды на скорость ферментативных реакций. Ингибиторы ферментов и их классификация. Конкурентное, неконкурентное, бесконкурентное, смешанное ингибирование. Способы определения типа и константы ингибирования. структура и механизм действия ферментов отдельных групп.

Разные типы регуляции активности ферментов; полифункциональные ферменты, функциональные преимущества, возникающие в результате белок-белковых взаимодействий в составе молекулы полифункциональных ферментов; четвертичная структура ферментов, роль четвертичной структуры в стабилизации молекулы фермента и регуляции активности ферментов. Уровни регуляции ферментативной активности. Регуляция путём изменения количества ферментов и путём изменения их индивидуальной каталитической активности. Нековалентная и ковалентная модификация.

## **Модуль 2. Выделение, очистка, определение локализации ферментов**

### **Тема 3. Методы выделения и очистки ферментов**

Экстрагирование ферментов из биологического материала. Кислотная обработка, фракционирование солями, органическими растворителями, ионообменная хроматография, гельфильтрация, аффинная хроматография, электрофорез, изоэлектрофокусирование, ультрацентрифугирование., кристаллизация. Комбинирование различных методов для очистки ферментов. Критерии чистоты ферментных препаратов.

### **Тема 4. Локализация ферментов**

Тканевое, региональное, клеточное и субклеточное распределение ферментов. Ферменты – маркеры субклеточных структур: ядерные, митохондриальные, лизосомальные, цитозольные ферменты. Использование ферментов- маркеров в научных исследованиях.

#### **4.4. Темы практических (семинарских) занятий**

№	Вопросы к теме	Кол-во часов
1	Современные представления о строении ферментов. 1. История изучения биологических катализаторов. 2. Основные понятия энзимологии: фермент, кофермент, субстрат, ингибитор, активатор, активный центр. 3. Отличие ферментов от небиологических катализаторов. 4. Номенклатура и классификация ферментов. 5. Шесть классов ферментов, принципы разделения на подклассы и подподклассы. 6. Простетические группы и кофакторы. 7. Активные центры ферментов. 8. Идентификации аминокислотных остатков в активных центрах: хи-	2

	мическая модификация и кинетические методы.	
2.	<p>Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативного катализа. Механизмы регуляции ферментативной активности.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Кинетика ферментативных реакций.</li> <li>2. Порядок реакции.</li> <li>3. Кривая зависимости активности фермента от концентрации субстрата.</li> <li>4. Фермент-субстратный комплекс.</li> <li>5. Кинетика односубстратных односторонних реакций.</li> <li>6. Константа Михаэлиса.</li> <li>7. Влияние pH и температуры на активность ферментов.</li> <li>8. Ингибиторы ферментов.</li> <li>9. Обратимые и необратимые ингибиторы.</li> <li>10. Кинетика действия ингибиторов: конкурентное, неконкурентное, смешанное и бесконкурентное ингибирование.</li> <li>11. Субстратное ингибирование.</li> </ol>	2
3.	<p>Методы выделения и очистки ферментов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Выделение ферментов.</li> <li>2. Выбор источника фермента.</li> <li>3. Методы разрушения клеток.</li> <li>4. Экстракция ферментов.</li> <li>5. Осаждение ферментов солями и органическими растворителями.</li> <li>6. Изoeлектрическое осаждение.</li> <li>7. Адсорбция на гелях гидроксида алюминия и фосфата кальция.</li> <li>8. Ионообменная хроматография: ионообменники, подбор условий сорбции и элюции.</li> <li>9. Гель-фильтрация.</li> <li>10. Электрофорез и изоэлектрофокусирование.</li> <li>11. Кристаллизация ферментов.</li> <li>12. Чередование методов фракционирования.</li> <li>13. Критерии чистоты ферментов.</li> <li>14. Хранение очищенных ферментов.</li> </ol>	2
4.	<p>Локализация ферментов.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тканевое, региональное, клеточное и субклеточное распределение ферментов.</li> <li>2. Ферменты – маркеры субклеточных структур: ядерные, митохондриальные, лизосомальные, цитозольные ферменты.</li> <li>3. Использование ферментов- маркеров в научных исследованиях.</li> </ol>	
	Итого:	6

## 5. Оценочные средства для текущего контроля и аттестации обучающегося

### 5.1. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Разделы и темы для самостоятельного изучения	Источники	Виды и содержание самостоятельной работы
<b>Модуль 1. Строение и общие свойства ферментов</b>		

<p>Тема 1. Современные представления о строении ферментов.</p> <p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Строение белков.</li> <li>2. Ковалентные связи. Электростатическое взаимодействие.</li> <li>3. Структуры белковой молекулы. Методы изучения структуры белковой молекулы.</li> </ol> <p>Гидрофобные взаимодействия.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. М. Диксон, Э. Уэбб. "Ферменты" М., Мир, 1982 г.</li> <li>2. Т. Гудвин, Э. Мерслер Введение в биохимию растений. В двух томах, М.: Мир, 1986.</li> <li>3. Кретович В.Л. Введение в энзимологию. М.: Наука, 1986.</li> <li>4. С.Д. Химическая энзимология. М.: Академия. 2005.</li> </ol>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях.</p> <p>Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;</p> <p>Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.</p>
<p>Тема 2. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативного катализа. Механизмы регуляции ферментативной активности</p> <p>Вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Специфичность – особое свойство ферментов.</li> <li>2. Концепция стерического соответствия «ключ-замок»</li> <li>3. Концепция индуцированного соответствия.</li> <li>4. Стереоспецифичность ферментов.</li> <li>5. Кислоты и основания в ферментативном катализе.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Е. В. Петушкова "Введение в кинетику ферментативных реакций". М., Изд. МГУ, 1972 г.</li> <li>2. Немова Н.Н. Введение в энзимологию. Карел. науч. центр РАН. 2003. 128 с.</li> <li>3. Плакунов В.К. Основы энзимологии. М.: ЛОГОС, 2002 128с.</li> <li>4. Березин И.В., Колесов А.А. Практический курс химической и ферментативной кинетики. М.: Изд-во МГУ, 1970.</li> <li>5. Корниш-Боуден Э. Основы ферментативной кинетики. М.: Мир. 1979.</li> </ol>	
<p><b>Модуль 2. Выделение, очистка и определение локализации ферментов</b></p>		
<p>Тема 3. Методы выделения и очистки ферментов</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ионообменная хроматография: ионообменники, подбор условий сорбции и элюции.</li> <li>2. Гель-фильтрация.</li> <li>3. Электрофорез и электрофокусирование.</li> <li>4. Кристаллизация ферментов.</li> <li>5. Чередование методов фракционирования.</li> <li>6. Критерии чистоты фер-</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Е. В. Петушкова "Введение в кинетику ферментативных реакций". М., Изд. МГУ, 1972 г.</li> <li>2. Немова Н.Н. Введение в энзимологию. Карел. науч. центр РАН. 2003. 128 с.</li> <li>3. Плакунов В.К. Основы энзимологии. М.: ЛОГОС, 2002 128с.</li> </ol>	<p>Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях.</p>

ментов. 7. Хранение очищенных ферментов.		
Тема 4. Локализация ферментов. Вопросы: 1. Ферменты митохондрий. 2. Ферменты хлоропластов. 3. Ферменты цитоплазмы. 4. Ферменты С3- и С4-фотосинтеза.	1. Плакунов В.К. Основы энзимологии. М.: ЛОГОС, 2002 128с. 2. Т.Гудвин, Э. Мерслер Введение в биохимию растений. В двух томах, М.: Мир, 1986. 3. Ленинджер А. Основы биохимии. – М.: Мир, 1985. – 260 с. 4. Курганов Б.И. Аллостерические ферменты. М.: Наука, 1978.  <b>1</b>	Проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях. Поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору; Написание рефератов. Работа с тестами и вопросами для самопроверки.

## 5.2. Перечень примерных контрольных вопросов для самостоятельной работы

1. Строение белков.
2. Ковалентные связи. Электростатическое взаимодействие. Гидрофобные взаимодействия.
3. Структуры белковой молекулы. Методы изучения структуры белковой молекулы.
4. Специфичность – особое свойство ферментов.
5. Концепция стерического соответствия «ключ-замок»
6. Концепция индуцированного соответствия.
7. Стереоспецифичность ферментов.
8. Кислоты и основания в ферментативном катализе.
9. Ферменты митохондрий.
10. Ферменты хлоропластов.
11. Ферменты цитоплазмы.
12. Каталитические антитела (абзимы) как примитивные ферменты.
13. Полифункциональные ферменты

## 5.3. Примерная тематика рефератов

1. Ферменты С4-фотосинтеза.
2. Ферменты С3-фотосинтеза.
3. Ферменты цикла Кальвина.
4. Отличия ферментативного катализа от неферментативного.
5. Кислотно-основной катализ.
6. Ковалентный катализ.
7. Нуклеофильный катализ.
8. Электрофильный катализ.
9. Принципы и особенности функционирования мультиферментных комплексов.
10. Аллостерическая регуляция активности ферментов.

11. Ковалентная модификация ферментов.
12. Химерные ферменты.
13. Регуляция биосинтеза ферментов.
14. Генетическая инженерия ферментов.
15. Получение и использование иммобилизованных ферментов.
16. Методы конструирования ферментов с заданными свойствами.
17. Биокаталитические методы защиты окружающей среды.

#### **5.4. Примерный перечень вопросов к зачету по всему курсу**

1. История изучения ферментов.
2. Современная международная номенклатура ЕС.
3. Классы ферментов, подклассы и подподклассы.
4. Белковые и небелковые ферменты (рибозимы).
5. Холофермент, апофермент, коферменты, кофакторы и простетические группы.
6. Классификация коферментов. Общие механизмы действия кофакторов.
7. Строение активного центра ферментов, субстратсвязывающий и каталитический центр.
8. Механизмы ферментативной реакции.
9. Понятие ферментативной активности. Способы выражения ферментативной активности.
10. Влияние концентрации фермента на скорость ферментативной реакции. Влияние концентрации субстрата на скорость ферментативной активности.
11. Уравнение Михаэлиса-Ментен, способы графического определения константы Михаэлиса.
12. Влияние температуры и pH на скорость ферментативных реакций.
13. Ингибиторы ферментов, их классификация.
14. Экстракция ферментов из биологического материала. Критерии чистоты ферментных препаратов.
15. Тканевое, клеточное и субклеточное распределение ферментов. Ферменты-маркеры субклеточных структур.

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

#### **6.1. Основная литература**

1. Кретович В.Л. Введение в энзимологию. – М.: Наука, 1986. – 332 с.
2. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. – М.: Мир, 1982. – Т. 1 – 3.
3. Фершт Э. Структура и механизм действия ферментов. – М.: Мир, 1980. – 432 с.
4. Фридрих П. Ферменты: четвертичная структура и надмолекулярные комплексы. – М.: Мир, 1986. – 374 с.
5. Кочетов Г.А. Практическое руководство по энзимологии. – М.: Высш. школа, 1980. – 272 с.
6. Практикум по биохимии/ под ред. С.Е. Северина и Г.А. Соловьёвой. – М.: МГУ, 1989. – 509 с.
7. Ленинджер А. Основы биохимии. – М.: Мир, 1985. – 260 с.
8. Курганов Б.И. Аллостерические ферменты. – М.: Наука, 1978. – С. 11–41.
9. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология. М.: Академия, 2005.

#### **6.2. Дополнительная литература:**

1. Безбородов А.М. Ферментативные процессы в биотехнологии / А.М. Безбородов., Н.А. Загустина., В.О. Попов. - М.: Наука, 2008.



2. Березин И.В. Исследования в области ферментативного катализа и инженерной энзимологии / И.В. Березин. - М.: Наука, 1990.
3. Биотехнология. Инженерная энзимология. - М., Высш. Школа, 1988.
4. Биохимия: Учебник для вузов / под ред. Е.С. Северина. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006.
5. Галимова М.Х. Ферментативная кинетика: справочник по механизмам реакций / М.Х. Галимова. - М.: КомКнига, 2007.
6. Имобилизированные клетки и ферменты / под ред. Дж. Вудворда. Пер. с англ. под ред. И.В. Березина. - М.: Мир, 1988.
7. Клесов А.А. Инженерная энзимология на промышленном уровне. Биотехнология. Итоги науки и техники. / А.А. Клесов. - М.: ВИНТИ, 1989.
8. Клёсов А.А., Ферментативный катализ. Ч. 1. / А.А. Клёсов, И.В. Березин - М.: Изд-во МГУ, 1980.
9. Клёсов А.А., Ферментативный катализ. Ч. 2. / А.А. Клёсов, И.В. Березин - М.: Изд-во МГУ, 1984.
10. Комов В.П. Биохимия / В.П. Комова, В.Н. Шведова. - М.: Дрофа, 2004.
11. Коэн Р. Регуляция ферментативной активности / Р. Коэн. - М.: Мир, 1986.
12. Номенклатура ферментов - М.: ВИНТИ, 1979.
13. Плакунов В.Н. Основы энзимологии / В.Н. Плакунов. - М.: Логос, 2001.
14. Практикум по биохимии / под ред. С.Е. Северина и Г.А. Соловьёвой. - М.: МГУ, 1989.
15. Фридрих П. Ферменты: четвертичная структура и надмолекулярные комплексы / П. Фридрих. - М.: Мир, 1986.
16. Methods in Enzymology. – Elsevier, Vol. 1 – 446.
17. [www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/](http://www.chem.qmul.ac.uk/iubmb/) - Биохимическая классификация и номенклатура ферментов на сайте Международного союза биохимии и молекулярной биологии
18. [www.molbiol.ru](http://www.molbiol.ru/) – сайт практической молекулярной биологии.
19. [www.swissprot.com](http://www.swissprot.com/) – свободный доступ к международной базе данных по первичным и 3D структурам фермент

### 6.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

1. ЭБС «IPRbooks»: <http://www.iprbookshop.ru/>. Лицензионный договор № 2693/17 от 02.10.2017 г. об оказании услуг по предоставлению доступа. Доступ открыт с 02.10.2017 г. до 02.10.2018 по подписке (доступ будет продлен до конца 2019 г).
2. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru/), договор № 55\_02/16 от 30.03.2016 г. об оказании информационных услуг (доступ продлен до сентября 2019 г).
3. Доступ к электронной библиотеки на <http://elibrary.ru> основании лицензионного соглашения между ФГБОУ ВПО ДГУ и «ООО» «Научная Электронная библиотека» от 15.10.2003 (Раз в 5 лет обновляется лицензионное соглашение).
4. Национальная электронная библиотека <https://нэб.рф/>. Договор №101/НЭБ/101/НЭБ/1597 от 1.08.2017 г. Договор действует в течение 1 года с момента его подписания. доступ продлен до сентября 2019 г.
5. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/> (единое окно доступа к образовательным ресурсам).

6. Федеральное хранилище «Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов» <http://school-collection.edu.ru/>.
7. Российский портал «Открытого образования» <http://www.openet.edu.ru>.
8. Сайт образовательных ресурсов Даггосуниверситета <http://edu.icc.dgu.ru>.
9. Информационные ресурсы научной библиотеки Даггосуниверситета <http://elib.dgu.ru> (доступ через платформу Научной электронной библиотеки [elibrary.ru](http://elibrary.ru)).
10. Федеральный центр образовательного законодательства <http://www.lexed.ru>.
11. Электронные учебные пособия, изданные преподавателями биологического факультета ДГУ. <http://www.phys.msu.ru/rus/library>.
12. Springer. Доступ ДГУ предоставлен согласно договору № 582-13SP подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. <http://link.springer.com>. Доступ продлен до конца 2019 г.
13. SCOPUS: <https://www.scopus.com>. Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № Scopus/73 от 08 августа 2017 г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса. Договор действует с момента подписания по 31.12.2017 г. Доступ предоставлен до сентября 2019 г.
14. Web of Science: [webofknowledge.com](http://webofknowledge.com) Доступ предоставлен согласно лицензионному договору № WoS/280 от 01 апреля 2017 г. подписанный Министерством образования и науки предоставлен по контракту 2017-2018 г.г., подписанный ГПНТБ с организациями-победителями конкурса Договор действует с момента подписания по 30.03.2017 г.
15. «Pro Quest Dissertation Theses Global» (PQDT Global). – база данных зарубежных диссертаций. Доступ продлен согласно лицензионному договору № Pro-Quest/73 от 01 апреля 2017 года <http://search.proquest.com/>. Договор действует с момента подписания по 31.12.2018 г.
16. American Chemical Society. Доступ продлен на основании лицензионного договора №ACS/73 от 09.01.2017 г. [pubs.acs.org](http://pubs.acs.org) Договор действует с момента подписания по 31.12.2018 г.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

Кафедра биохимии и биофизики, обеспечивающая реализацию образовательной программы, располагает материально-технической базой и аудиторным фондом, обеспечивающим проведение лекций, лабораторных работ, семинаров и иных видов учебной и научно-исследовательской работы аспирантов, предусмотренных учебным планом и соответствующих действующим санитарно-техническим нормам.

На лекционных и практических занятиях используются методические разработки, практикумы, наглядные пособия, тесты, компьютерные программы, а также компьютеры (для обучения и проведения тестового контроля), наборы слайдов и таблиц по темам, оборудование лабораторий кафедры, в том числе лаборатории по молекулярной биологии, а также результаты научных исследований кафедры (монографии, учебные и методические пособия и т.д.).

Перечень необходимых технических средств обучения и способы их применения:

- компьютерное и мультимедийное оборудование, которое используется в ходе изложения лекционного материала;
- пакет прикладных обучающих и контролирующих программ, используемых в ходе текущей работы, а также для промежуточного и итогового контроля;
- электронная библиотека курса и Интернет-ресурсы – для самостоятельной работы.

## **8. Образовательные технологии**

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода дисциплина предусматривает широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, разбор конкретных ситуаций, лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-консультация, проблемная лекция, лекция-визуализация) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов предусмотрены мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, составляет не менее 16 часов.