

УТВЕРЖДАЮ

Декан биологического факультета

В.В. Лысак

«04» ноября 2011 г.

Регистрационный № УД-388/257р.

Инженерная энзимология

Учебная программа (рабочий вариант) для специальности:
1-31 01 01 Биология
направлений 1-31 01 01-01 Научно-производственная деятельность
и 1-31 01 01 -03 Биотехнология

Факультет биологический
(название факультета)

Кафедра биохимии
(название кафедры)

Курс (курсы) 4

Семестр (семестры) 7-8

Лекции 10
(количество часов)

Экзамен _____
(семестр)

Практические (семинарские)
занятия 2
(количество часов)

Зачет 8
(семестр)

Лабораторные
занятия _____
(количество часов)

Курсовой проект (работа) _____
(семестр)

КСР _____
(количество часов)

Всего аудиторных
часов по дисциплине 12
(количество часов)

Всего часов
по дисциплине 50
(количество часов)

Форма получения
высшего образования заочная

Составил(а) И.В. Семак, к.б.н., доцент
(И.О., Фамилия, степень, звание)

2011 г.

Учебная программа составлена на основе типовой программы «Инженерная энзимология». Утверждена 07.10.2011 г., регистрационный № TD-G.379/тип
(название типовой учебной программы (учебной программы (см. разделы 5-7 Порядка)), дата утверждения, регистрационный номер)

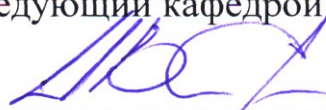
Рассмотрена и рекомендована к утверждению на заседании кафедры
биохимии

(название кафедры)

07.10.2011 г., протокол № 11

(дата, номер протокола)

Заведующий кафедрой



И.В. Семак

(подпись)

(И.О.Фамилия)

Одобрена и рекомендована к утверждению учебно-методической комиссией
биологического факультета

2011 г., протокол №

(дата, номер протокола)

Председатель



(подпись)

В.Д. Поликсенова

(И.О.Фамилия)

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Инженерная энзимология – это новое перспективное научно-техническое направление биотехнологии, в котором удачно сочетаются самые современные достижения биохимии, молекулярной биологии, энзимологии и химической технологии. В настоящее время сложно назвать сферу деятельности человека, в которой бы прямо или косвенно не использовались бы ферменты. Ферменты нашли широкое применение в промышленности, например в кожевенном и меховом производстве, в хлебопечении, пивоварении, виноделии, сыроварении и т. д. В последние годы ферменты начали вытеснять традиционные химические катализаторы из тонкой химической индустрии, где они успешно используются в реакциях окисления, восстановления, дезаминирования, декарбоксилирования, дегидратации, конденсации и т. д. Ферменты находят все более широкое применение в медицине и микроанализе. Перспективным является использование ферментов для переработки промышленных отходов, а также для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии.

Повсеместное внедрение ферментов в технологические процессы сдерживается рядом ограничивающих факторов. Во-первых, ферменты, как правило, неустойчивы при хранении, а также при их использовании в экстремальных условиях. Во-вторых, ферменты достаточно сложно отделить от конечных продуктов реакции после завершения технологического цикла. В результате этого ферменты, как правило, используются однократно. И, наконец, в-третьих, получение больших количеств очищенного фермента, сохранившего свою активность, является трудоемким и дорогостоящим процессом. Все это создает ряд дополнительных трудностей, которые, тем не менее, в последнее время успешно преодолеваются с помощью инженерной энзимологии. Можно выделить несколько основных направлений, позволяющих обойти ограничивающие факторы, о которых говорилось выше.

- использование в биотехнологических процессах ферментов из экстремофилов – организмов, которые приспособились к существованию в экстремальных условиях окружающей среды.

- иммобилизация ферментов, что подразумевает перевод ферментов в нерастворимое состояние с частичным или полным сохранением их каталитических свойств. В результате иммобилизации ферменты становятся в целом более устойчивыми к агрессивным воздействиям и наряду с этим приобретают преимущества гетерогенных катализаторов.

- создание ферментов с заданными свойствами. С помощью генно-инженерных и молекулярно-биологических манипуляций можно влиять на селективность, активность, стабильность фермента, а также его иммуногенность и токсичность.

- использование в качестве биокатализаторов целых клеток, искусственно лишенных способности расти. Данный подход позволяет избежать дорогостоящих стадий выделения, очистки и последующей стабилизации ферментов.

Курс «Инженерная энзимология» связан с другими биологическими дисциплинами – молекулярной биологией, биохимией, биофизикой, микробиологией.

Цель курса – освоение студентами основных принципов и теоретических положений инженерной энзимологии; формирование у студентов понимания особенностей биотехнологических процессов с участием ферментов; усвоение основ конструирования и последующего использования в биотехнологии биокатализаторов с заданными свойствами.

Задачи курса: познакомить студентов с предметом, определить место инженерной энзимологии в ряду приоритетных направлений биотехнологии; углубить понимание физико-химических и биохимических закономерностей биокатализа, особенностей его использования в биотехнологии; развить видение перспектив практического использования достижений инженерной энзимологии.

В результате изучения дисциплины обучаемый должен:

знать:

- физико-химические и биохимические закономерности биокатализа;
- способы стабилизации и регенерации ферментативных систем, применяемых в биотехнологии;
- структурные и термодинамические основы функционирования ферментов в экстремальных условиях;
- примеры использования биокатализа в науке, медицине, технике и промышленности;
- современные технологические схемы индустриального биокатализа;
- принципы создания биокатализаторов с заданными свойствами;
- современные информационные технологии, используемые в инженерной энзимологии;
- новейшие достижения и перспективы развития инженерной энзимологии;

уметь:

- разрабатывать биотехнологические процессы с участием очищенных ферментов или ферментов, находящихся внутри клеток, которые искусственно лишены способности расти;
- конструировать биокатализаторы с заданными свойствами;
- оценивать эффективность биокатализа;
- пользоваться специализированными компьютерными базами данных и ресурсами Интернета.

При чтении лекционного курса рекомендуется применять технические средства обучения для демонстрации слайдов и презентаций, наглядные материалы в виде таблиц и схем.

Для изучения дисциплины, подготовки к практическим занятиям и КСР студентам можно использовать один из учебников, перечисленных в разделе «Литература: основная». Для более углубленной подготовки студентам предлагается список дополнительной литературы, включающий учебные пособия, литературу по физиологическим методам.

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу рекомендуется использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Теоретические положения лекционного курса развиваются и закрепляются на лабораторных занятиях, при выполнении которых студенты приобретают навыки анализа закономерностей биокатализа.

Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний в форме устного опроса, коллоквиумов, тестового компьютерного контроля по темам и разделам курса. Для общей оценки качества усвоения студентами учебного материала рекомендуется использование накопительной рейтинговой системы.

Программа рассчитана на 50 часа, в том числе 12 часов аудиторных: 10 – лекционных и 2 – практических занятий.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

I. ВВЕДЕНИЕ

Фундаментальные и прикладные аспекты инженерной энзимологии. Связь с другими дисциплинами. Основные направления развития.

II. 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.

III. 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. Имобилизация 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.

IV. ФЕРМЕНТАТИВНЫЙ МИКРОАНАЛИЗ

Кинетическая основа ферментативного микроанализа. Методы детекции в ферментативном микроанализе. Использование в микроанализе сопряженных ферментативных систем. Имобилизованные ферменты в микроанализе. Аналитические проточные реакторы. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды. Иммуноферментные датчики. Билюминесцентный микроанализ. Соимобилизованные полиферментные системы в билюминесцентном анализе.

V. МЕДИЦИНСКАЯ ЭНЗИМОЛОГИЯ

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

VI. ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ БИОКАТАЛИЗ

Ферменты в химической промышленности. Получение L-аминокислот с помощью аминоксилазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной аминоксилазы. Технологическая схема производства.

Ферменты в фармацевтической промышленности. Получение 6-аминопенициллановой кислоты с помощью пенициллинамидазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной аминоксилазы. Технологическая схема производства.

Ферменты в пищевой промышленности. Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной глюкозоизомеразы. Технологическая схема производства. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, β -галактозидаз.

Ферменты как компоненты моющих средств. Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы.

Перспективы развития индустриального биокатализа.

VII. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ В ТОНКОМ ХИМИЧЕСКОМ СИНТЕЗЕ

Ферментативное превращение рацематов в энантиомеры. Биокаталитическое получение простаноидов. Ферментативная модификация нуклеиновых кислот, синтез олиго- и полинуклеотидов. Ферментативный синтез сахаров.

VIII. УТИЛИЗАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ПОМОЩЬЮ ФЕРМЕНТОВ

Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья.

IX. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФЕРМЕНТОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БИОЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Перспективы практического использования биоэлектрокатализа.

X. КОНСТРУИРОВАНИЕ БИОКАТАЛИЗАТОРОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИИ

Экспериментальный анализ пространственной структуры ферментов. Кристаллография. Двумерная ЯМР-спектроскопия. Предсказание структуры ферментов с помощью компьютерных методов молекулярного моделирования. Квантовомеханические методы. Метод молекулярной динамики.

Компьютерная визуализация пространственной структуры ферментов. Компьютерный дизайн ферментов.

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

Белковая инженерия ферментов. Рациональный дизайн индустриальных ферментов. Сайт-специфический мутагенез субтилизина.

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

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

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

Направления и перспективы развития молекулярного дизайна биокатализаторов.

№ п/п	Наименование разделов, тем	Количество часов				
		Лекции	Практич. семинар	Лаб. занятия	КСР	Самост. работа
1	Введение	0,5				2
2	Структурно-функциональные особенности биокатализа	0,5				2
3	Ферменты в экстремальных условиях	2	2			6
4	Ферментативный микроанализ	1				4
5	Медицинская энзимология	1				4
6	Индустриальный биокатализ	1				6
7	Использование ферментов в тонком химическом синтезе	1				4
8	Утилизация промышленных отходов с помощью ферментов	0,5				2
9	Перспективы практического использования биоэлектродкатализа	0,5				2
10	Конструирование биокатализаторов и их использование в биотехнологии	2				6
	ИТОГО:	10	2			38

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА

Номер раздела, темы, занятия	Название раздела, темы, занятия; перечень изучаемых вопросов	Количество аудиторных часов				Материальное обеспечение занятия (наглядные, методические пособия и др.)	Литература	Формы контроля знаний
		лекции	практические (семинарские) занятия	лабораторные занятия	управляемая самостоятельная работа студента			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Введение Фундаментальные и прикладные аспекты инженерной энзимологии. Связь с другими дисциплинами. Основные направления развития.	0,5				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2,3,7 ЛД-3	
2	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.	0,5				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2 ЛД-3	
3	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	2	2			Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2,4,5,6 ЛД-2,4,5	

	<p>системах. Традиционные методы стабилизации. Стабилизирующие добавки. Химическая модификация ферментов. Иммуобилизация 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. Суспензии биокатализаторов в неполярных и полярных органических растворителях. Системы типа жидкость-жидкость. Микрогетерогенные системы</p>							
4	<p>Ферментативный микроанализ Кинетическая основа ферментативного микроанализа. Методы детекции в ферментативном микроанализе. Использование в микроанализе сопряженных ферментативных систем. Иммуобилизованные ферменты в микроанализе. Аналитические проточные реакторы. Ферментные микрокалориметрические датчики. Ферментные электроды. Иммуоферментные датчики. Биолюминесцентный микроанализ. Соиммуобилизованные полиферментные системы в биолюминесцентном анализе.</p>	1				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2 ЛД-1	
5	<p>Медицинская энзимология Энзимопатология. Энзимодиагностика. Энзимотерапия. Терапия воспалительных процессов трипсином и химотрипсином. Тромболитическая терапия фибринолизинном и стрептокиназой. Ферментная терапия вирусных</p>	1				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2 ЛД-3	

	заболеваний РНКазой, ДНКазой. Заместительная терапия пищеварительными ферментами. Терапия гиалуронидазой и коллагеназой. Лечение онкологических заболеваний аспарагиназой. Имобилизованные ферменты как лекарственные препараты. Антигенные и иммуногенные свойства иммобилизованных ферментов. Ферментные препараты типа “контейнер”. Использование липосом в качестве “контейнера”. Применение иммобилизованных ферментов в стоматологии, офтальмологии, хирургии. Перспективные направления развития ферментной терапии.						
6	Индустриальный биокатализ. Ферменты в химической промышленности Получение L-аминокислот с помощью аминоксилазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной аминоксилазы. Технологическая схема производства. Ферменты в фармацевтической промышленности Получение 6-аминопенициллановой кислоты с помощью пенициллинамидазы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной аминоксилазы. Технологическая схема производства. Ферменты в пищевой промышленности Получение глюкозо-фруктозных сиропов с помощью глюкозоизомеразы. Биохимическая основа процесса. Коммерческие препараты иммобилизованной глюкозоизомеразы. Технологическая схема производства. Использование в пищевой промышленности протеиназ, амилаз, липаз, пектиназ, β-галактозидаз. Ферменты как компоненты моющих средств. Амилазы. Липазы. Целлюлазы. Оксидазы. Протеазы.	1				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2 ЛД-4,8

	Перспективы развития индустриального биокатализа.							
7	Использование ферментов в тонком химическом синтезе Ферментативное превращение рацематов в энантиомеры. Биокаталитическое получение простаноидов. Ферментативная модификация нуклеиновых кислот, синтез олиго- и полинуклеотидов. Ферментативный синтез сахаров.	1				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2,4,6 ЛД-4,8	
8	Утилизация промышленных отходов с помощью ферментов Биоконверсия растительного сырья. Ферментативное получение глюкозы из целлюлозосодержащего сырья. Использование ферментов для создания биоэлектрохимических преобразователей энергии	0,5				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2 ЛД-10,11	
9	Перспективы практического использования биоэлектрокатализа.	0,5				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-7 ЛД-6	
10	Конструирование биокатализаторов и их использование в биотехнологии. Экспериментальный и компьютерный анализ пространственной структуры ферментов. Кристаллография. Двумерная ЯМР-спектроскопия. Предсказание структуры ферментов с помощью компьютерных методов молекулярного моделирования. Квантовомеханические методы. Метод молекулярной динамики. Компьютерная визуализация пространственной структуры ферментов. Компьютерный дизайн ферментов. Использование ресурсов <i>Internet</i> в инженерной энзимологии Компьютерные базы данных. Базы данных аминокислотной последовательности белков.	2				Рисунки, схемы для кодоскопа.	ЛО-1,2,5,6,7 ЛД-1–8,12–17	

<p>Базы данных трехмерной структуры белков. Интегральные базы данных. Метаболические базы данных.</p> <p>Белковая инженерия ферментов</p> <p>Рациональный дизайн промышленных ферментов. Сайт-специфический мутагенез субтилизина.</p> <p>Направленная эволюция промышленных ферментов (эволюция <i>in vitro</i>). Создание библиотеки ферментов. Случайный мутагенез. Случайная рекомбинация фрагментов гена <i>in vitro</i>. Отбор ферментов с улучшенными свойствами. Критерии отбора промышленных ферментов. Изменение с помощью направленной эволюции стабильности (термостабильности и устойчивости к органическим растворителям), активности, субстратной специфичности, энантиоселективности и связывающих свойств ферментов. Конструирование биокатализаторов</p> <p>Получение химерных и бифункциональных ферментов. Получение полусинтетических ферментов и их использование в качестве промышленных биокатализаторов.</p> <p>Каталитические антитела (абзимы).</p> <p>Черты сходства и отличия абзимов и ферментов. Способы получения абзимов. Абзимы, каталитическая активность которых основана на стабилизации переходного состояния реакции. Абзимы, каталитическая активность которых связана с использованием нуклеофильного катализа. Практическое значение абзимов. Рибозимы.</p> <p>Направления и перспективы развития молекулярного дизайна биокатализаторов.</p>							
---	--	--	--	--	--	--	--

ИНФОРМАЦИОННАЯ ЧАСТЬ

Основная и дополнительная литература

№ № п/п	Список литературы	Год издания
	Основная (ЛО)	
1.	<i>Березин И.В.</i> Инженерная энзимология / И.В. Березин, А.А. Клесов, В.К. Швядас и др. – М.: Высш. шк..	1987
2.	Введение в прикладную энзимологию / Под ред. И.В. Березина, К. Мартинека. – М.: МГУ.	1982
3.	<i>Бейли Дж.</i> Основы биохимической инженерии. В 2-х кн. / Дж. Бейли, Д. Оллис. М.: Мир.	1989
4.	<i>Кулис Ю.Ю.</i> Аналитические системы на основе иммобилизованных ферментов / Ю.Ю. Кулис. Вильнюс: Мокслал.	1981
5.	<i>Клесов А.А.</i> Инженерная энзимология на промышленном уровне. Биотехнология. Итоги науки и техники / А.А. Клесов. М.: ВИНТИ.	1989
6.	<i>Сорочинский В.В.</i> Ферментные электроды // Итоги науки и техники. Биотехнология / В.В. Сорочинский, Б.И. Курганов. М.: Изд-во ВИНТИ.-Т.13.- 207 с.	1984
7.	<i>Загребельный С.Н.</i> Биотехнология. Ч.2. Инженерная энзимология. // С.Н. Загребельный Новосибирск. – 138 с.	2001
8.	<i>Глик Б.</i> Молекулярная биотехнология. Принципы и применение. / Б. Глик, Дж. Пастернак. 592 с.	2002
	Дополнительная (ЛД)	
1.	<i>Вольф М.</i> Лечение ферментами / Вольф М., Рансбергер К. - М.: Мир.	1976
2.	<i>Arnold F.H.</i> Optimizing industrial enzymes by directed evolution / Advances in biochemical engineering / biotechnology. New enzymes for organic synthesis. (Scheper Th., Ed.). Verlag; Berlin, Heidelberg; New York: Springer, V.58, 1-14.	1997
3.	<i>Ladenstein R., Antranikan G.</i> Proteins from hypertermophiles: stability and enzymatic catalysis close to the boiling point of water / Advances in biochemical engineering/biotechnology. (Scheper Th., Ed.). Verlag; Berlin, Heidelberg; New York: Springer, V.61.	1998
4.	<i>Rubingh D.N.</i> Protein engineering from a bioindustrial point of view / Current Opinion in biotechnology, 1997, 8, 417-422. <i>Wodak S.J.</i> Computer-aided design in protein engineering. Ann N Y Acad Sci; 501: 1-13.	1987
5.	<i>Taylor N.R.</i> The World Wide Web as a graphical user interface to program macros for molecular graphics, molecular modeling, and structure-based drug design / Taylor N.R., Smith R. J. Mol. Graph. Oct; 14(5): 291-296, 280-282.	1996
6.	<i>Lesyng B.</i> Molecular modeling methods. Basic techniques and	1993

	challenging problems / B. Lesyng, J.A. McCammon <i>Pharmacol Ther Nov</i> ; 60(2): 149-167.	
7.	<i>Nixon A.E.</i> Hybrid enzymes: manipulating enzyme design / Nixon A.E., Ostermeier M., Benkovic S.J. <i>Trends Biotechnol. Jun</i> ; 16(6): 258-264.	1998
8.	Proteome Research: New frontiers in functional genomics. (Wilkins M.R., Williams K.L., Appel R.D., Hochstrasser D.F., Eds.). Verlag; Berlin, Heidelberg; New York: Springer.	1997
	<i>Sasaki S.</i> The development of microfabricated biocatalytic fuel cells / Sasaki S., Karube I. <i>Trends Biotechnol. February</i> ; 17(2): 50-52.	1999
9.	<i>Сорочинский В.В.</i> Теоретические основы применения потенциометрических ферментных электродов / В.В. Сорочинский, Б.И. Курганов. <i>Прикл. биохим. микробиол.-Т.33. - №2. - С.138-146.</i>	1997
10.	http://isir.ras.ru/ - Интегрированная Система Информационных Ресурсов Российской Академии Наук.	
11.	http://www.viniti.msk.su/ - Всероссийский Институт Научной и Технической Информации (ВИНИТИ РАН).	
12.	http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Pubmed - База научных данных в области биомедицинских наук.	
13.	www.chem.qmul.ac.uk/iubmb - Биохимическая классификация и номенклатура ферментов. Свободный доступ на сайте Международного союза биохимии и молекулярной биологии.	
14.	www.molbiol.ru , www.nature.ru - Учебники, научные монографии, обзоры, лабораторные практикумы в свободном доступе на сайтах практической молекулярной биологии.	
15.	www.swissprot.com – свободный доступ к международной базе данных по первичным и 3D структурам ферментов.	
16.		
17.		

ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

1) Решение задач, упражнений и тестов по темам: «Инактивация ферментов. Факторы, инициирующие денатурацию ферментов: физические, механические, химические, биологические. Механизмы инактивации ферментов. Моделирование и кинетика процессов инактивации ферментов» (2 ч).

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
С ДРУГИМИ ДИСЦИПЛИНАМИ СПЕЦИАЛЬНОСТИ**

Название дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Энзимология	Каф. биохимии		

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ
ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ
на ____ / ____ учебный год**

№№ пп	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
(протокол № ____ от _____ 201 г.)

Заведующий кафедрой

_____ (степень, звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ (степень, звание) _____ (подпись) _____ (И.О.Фамилия)

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы по изучаемой учебной дисциплине