



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ФГБОУ ВО «ИГУ»
Химический факультет
Кафедра теоретической и прикладной органической химии и
полимеризационных процессов



Рабочая программа дисциплины

Индекс дисциплины по УП: **Б1.В.ДВ.1.2**

Наименование дисциплины: **«Биоорганическая химия»**

Направление подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре:
04.06.01 «Химические науки»

Направленность программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры): **Высокомолекулярные соединения**

Форма обучения: **очная**

Согласовано с УМК
химического факультета

Протокол № 5 от «09» апреля 2018 г.

Председатель _____
Пройдаков А.Г.

Рекомендовано кафедрой теоретической и
прикладной органической химии и
полимеризационных процессов

Протокол № 4 от «06» марта 2018 г.

Зав. кафедрой _____
Эдельштейн О.А.

Иркутск 2018 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели освоения учебной дисциплины «Биоорганическая химия» – формирование системных знаний о закономерностях в химическом поведении основных классов органических соединений во взаимосвязи с их строением, что позволит использовать эти знания в качестве основы при изучении на молекулярном уровне процессов, протекающих в живом организме.

Задачи курса - выполнение ряда целевых проблемных задач, в результате чего у аспирантов должны быть сформированы определенные знания и умения. В результате изучения данного курса аспиранты должны познакомиться с пространственным и электронным строением органических молекул и химическими превращениями веществ, являющихся участниками процессов жизнедеятельности, в непосредственной связи с их биологической функцией, строением и химическими свойствами основных классов биологически важных органических соединений.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВПО

В учебном плане аспирантов по направлению 04.06.01 Химические науки, дисциплина «Биоорганическая химия» относится к вариативной части профессионального цикла Б1.В.ДВ.1.2.

Данная дисциплина является составной частью подготовки высококвалифицированных аспирантов в области элементоорганической химии и физической органической химии. Для успешного овладения материалом курса необходимы знания всех основных курсов химических дисциплин.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.

Аспирант должен показать высокий уровень теоретической и профессиональной подготовки, знание общих концепций и методологических вопросов химии биологически активных соединений, взаимосвязи с органической химией и молекулярной биологией, глубокое понимание основных разделов биоорганической химии, также умение применять свои знания для решения исследовательских и прикладных задач.

В основу настоящей программы положены важнейшие разделы биоорганической химии: аминокислоты, пептиды и белки, нуклеозиды, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты, углеводы и гликоконъюгаты, липиды, биологические мембраны, низкомолекулярные биорегуляторы, физико-химические методы выделения и исследования биологически активных веществ.

3.1 Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими общекультурными компетенциями:

- ОПК-1 способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

3.2 Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими универсальными компетенциями:

- УК-3 готовностью участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач.

3.3 Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- ПК-1 уметь собирать и анализировать научную литературу с целью выбора направления исследования и самостоятельно составлять план исследования в рамках выбранного направления подготовки;
- ПК-2 самостоятельно определять перечень необходимых инструментальных методов исследования, используемых при выполнении диссертационной работы по выбранному направлению подготовки; современные способы обработки и интерпретации получаемых результатов; представлять возможности и ограничения методов;
- ПК-3 использовать современные специализированные вычислительные комплексы и базы данных при планировании химических исследований, для обработки и анализа экспериментальных данных, подготовке публикаций и презентаций результатов диссертационной работы;

- ПК-4 знать основные приемы и методы получения веществ, методы их идентификации, определения структуры и свойств с помощью уникального и серийного научного оборудования.

В результате изучения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- фундаментальные разделы химии, необходимые для выполнения работ и проведения исследований в приложении к пищевым продуктам и лекарственным препаратам, к охране окружающей среды;

- основные положения теории предмета, основные физические и химические свойства биологически активных органических соединений;

Уметь:

- анализировать литературные и экспериментальные данные;

- по функциональным группам определить принадлежность органических соединений к определённому классу, оценить точность их анализа и возможные ограничения.

Владеть навыками:

- использования химического и физико-математического аппарата, необходимого для профессиональной деятельности;

- соотнесения свойств органического соединения с его структурой;

использования рациональной схемы при выборе алгоритма определения состава и идентификации соединений в зависимости от природы веществ и их количественного содержания;

- работы с природными объектами с учетом особенностей анализа поликомпонентных смесей.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	курсы			
		1	2	3	4
Аудиторные занятия (всего)	48/1,3		48		
В том числе:					
Лекции	24/0,65	-	24		
Практические занятия (ПЗ)	24/0,65	-	24		
Семинары (С)	-	-	-		
Лабораторные работы (ЛР)	-	-	-		
Самостоятельная работа (всего)	60/1,7	-	60		
КСР					
Зачет с оценкой	+		+		
Общая трудоемкость часы зачетные единицы	108		108		
	3		3		

5. СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Содержание тем и разделов

ВВЕДЕНИЕ

Химия биологически активных соединений. Предмет, объекты изучения и методы исследования. Биополимеры и низкомолекулярные биорегуляторы. Место химии биологически активных соединений среди химических и биологически наук, ее основные задачи (ОПК-1, УК-3, ПК-1,2,3,4).

1. Аминокислоты, пептиды, белки (ПК-1, ПК-3, ПК-4).

1.1. Аминокислоты. Номенклатура, строение. Генетически кодируемые аминокислоты. Оптическая изомерия α -аминокислот. Кислотно-основные свойства. Химические свойства. Методы синтеза аминокислот.

1.2. Пептиды. Природа пептидной связи. Гомодетные и гетеродетные пептиды, депсипептиды. Линейные и циклические пептиды. Ионофоры.

Структура и функция биологически активных пептидов. Пептидные гормоны и рилизинг-факторы. Нейропептиды. Представление о пептидах нейротрансмиттерах, нейромодуляторах, коннекторах. Иммуноактивные пептиды. Пептидные токсины и антибиотики. Пептиды как лекарственные средства.

Химический синтез пептидов. Методы защиты функциональных групп. Создание пептидной связи: методы смешанных ангидридов, активированных эфиров, карбодиимидный и карбоксиангидридный методы конденсации. Представление о блочном и ступенчатом синтезе пептидов. Проблема рацемизации. Твердофазный синтез пептидов.

1.3. Первичная структура белков. Общая стратегия определения структуры белков. Анализ аминокислотного состава. Определение N- и C-концевых аминокислотных остатков. Фрагментация полипептидной цепи. Ферментативные методы гидролиза. Ограниченный протеолиз. Химические методы расщепления полипептидной цепи по остаткам метионина, триптофана, цистеина и по связям Asn-Gly и Asp-Pro. Последовательная деградация белков по методу Эдмана. Определение аминокислотной последовательности белка с помощью автоматического секвенатора. Анализ расположения сульфгидрильных групп и дисульфидных связей. Использование масс-спектрометрии при определении первичной структуры пептидов. Сложные белки: глико-, липо-, нуклео-, хромо-, фосфо- и металлопротеины.

1.4. Химическая модификация белков. Задачи, решаемые с помощью химической модификации. Специфическая модификация α -, ϵ -аминогрупп и α -, β -, γ -карбокисильных групп в белках. Модификация остатков гистидина, метионина, тирозина, триптофана, цистеина. Бифункциональные реагенты. Введение флуоресцентных, спиновых и фотоаффинных меток. Методы идентификации модифицированных аминокислотных остатков. Биоспецифическая модификация белков.

1.5. Пространственная структура пептидов и белков. Электронное строение и конфигурация пептидной связи. Типы взаимодействий, определяющие пространственную структуру полипептидов. Связь пространственной структуры белка с последовательностью аминокислотных остатков. Роль молекулярных шаперонов.

Вторичная структура пептидов и белков. α -спираль, β_{10} -спираль, параллельная и антипараллельная β -структуры, β -изгиб, другие типы регулярных структур полипептидной цепи. Представление об определении вторичной структуры полипептидов методами кругового дихроизма и дисперсии оптического вращения. Сверхвторичная структура белков. Понятие о доменах.

Третичная структура белков. Представление об изучении пространственного строения пептидов и белков методами рентгеноструктурного анализа и ядерного магнитного резонанса. Денатурация и ренатурация.

Четвертичная структура белков. Примеры субъединичных структур. Методы исследования четвертичной структуры.

1.6. Биологическая роль белков (ОПК-1, УК-3, ПК-1,2,3,4).

Ферменты. Классификация. Представление о биокатализе. Принципы ферментативной кинетики. Ингибиторы и активаторы ферментов. Факторы, влияющие на ферментативную активность. Понятие об активном центре. Фермент-субстратный комплекс. Функциональные группы активных центров ферментов на примере химотрипсина, лизоцима, карбоксипептидазы А. Причины высокой каталитической активности и механизм действия ферментов.

Белки-гормоны. Механизм действия пептидно-белковых гормонов.

Структура и свойства аденилатциклазной системы. Инсулин, гормоны роста. Гликопротеиновые гормоны аденогипофиза.

Белки системы гемостаза. Система свертывания крови. Интегрины. Антикоагулянты и фибринолитики.

Двигательные и структурные белки. Белки мышц и соединительных тканей. Актомиозиновый комплекс. Тропонины. Белки бактериальной системы подвижности. Флагеллин. Белки цитоскелета. Коллаген, кератин, фиброин.

Рецепторные белки. Бактериородопсин. Зрительный родопсин. Ацетилхолиновый рецептор постсинаптических мембран.

Транспортные белки. АТФазы. Цитохром С, гемоглобин, миоглобин, сывороточный альбумин, специфические глобулины сыворотки.

Белки-токсины микробного и растительного происхождения. Зоотоксины. Нейротоксины как инструменты изучения механизмов нервной проводимости.

2. Нуклеозиды, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты (ПК-1, ПК-3, ПК-4).

2.1. Нуклеозиды и нуклеотиды как компоненты нуклеиновых кислот, их номенклатура, структура, стереохимия, физические и химические свойства, биосинтез. Таутомерные формы азотистых оснований. Минорные компоненты нуклеиновых кислот: Природные модификации пуриновых и пиримидиновых оснований. Химические модификации сахара-фосфатного остова нуклеиновых кислот; свойства фосфоротиоатных и метилфосфонатных аналогов. Нуклеотиды вне нуклеиновых кислот: аденозинтрифосфат как универсальный аккумулятор энергии в клетке.

2.2. Первичная структура нуклеиновых кислот. Межнуклеотидные и N-гликозидные связи, сходство и различие их свойств в составе ДНК и РНК. Полярность межнуклеотидной связи и полинуклеотидной цепи. Определение первичной структуры нуклеиновых кислот. Радиоактивное и нерадиоактивное мечение нуклеиновых кислот. Метод Максама-Гилберта (химическое секвенирование). Метод дидезокситерминаторов Сэнгера (ферментативное секвенирование). Анализ первичной структуры РНК (использование кДНК и прямые методы с применением ферментативной и химической деградации). Нерадиоактивное мечение нуклеиновых кислот. Автоматизация секвенирования.

2.3. Вторичная структура нуклеиновых кислот. Рентгеноструктурные исследования ДНК. Правила Чаргаффа. Двойная спираль ДНК по Уотсону и Крику и ее биологическое значение. Основные типы двойных спиралей (правозакрученные А, В и др., левозакрученная Z). Стереохимические характеристики мономеров в составе различных типов двухцепочечных ДНК. Основные характеристики двойных спиралей: шаг спирали, углы спирального вращения, наклона, крена, пропеллер, смещение пар оснований относительно оси спирали, большая и малая бороздки, изгиб. Хугстиновские взаимодействия азотистых оснований; триплексы нуклеиновых кислот и их использование в биологии. Денатурация и ренатурация двойных спиралей. Гиперхромия и гипохромия. Гибридизация. Олиго- и полинуклеотидные зонды как инструмент исследования нуклеиновых кислот. Сверхспирализация и зацепление ДНК: структурные характеристики и биологическая роль. Особенности пространственной организации ДНК в биологических системах (в вирусах, прокариотических и эукариотических клетках). Понятие о хроматине.

2.4. ДНК как носитель генетической информации. Геном. Этапы воспроизведения и реализации генетической информации: репликация, транскрипция, трансляция. Генетический код: основные характеристики. Современное определение гена.

2.5. Понятие о геной инженерии. Искусственный синтез нуклеиновых кислот. Синтез на полимерном носителе. Цикличность синтеза полимеров как основа для автоматизации. Выделение, очистка и идентификация синтетических олиго- и полинуклеотидов.

2.6. Белковая инженерия. Два основных направления исследований в белковой инженерии: рациональный дизайн и направленная эволюция белковых молекул. Методы направленного мутагенеза.

3. Углеводы и гликоконъюгаты (ПК-1, ПК-3, ПК-4).

3.1. Моносахариды. Определение и номенклатура. Альдозы и кетозы. Пентозы и гексозы. Линейные и циклические формы моносахаридов. Стереохимия и конформация моносахаридов. Аномерный центр: его стереохимия, особые свойства гидроксильной группы.

3.2. Олигосахариды. Определение и номенклатура. Химический и ферментативный синтез олигосахаридов. Методы изучения строения олигосахаридов: химические, физико-химические, ферментативные.

3.3. Полисахариды. Определение и номенклатура. Методы изучения строения полисахаридов: химические, физико-химические, ферментативные. Растительные полисахариды: целлюлоза, крахмал (амилоза и амилопектин). Полисахариды животного происхождения: гликоген, декстраны, хитин, гликозаминогликаны, гепарин. Биологические функции полисахаридов, Липополисахариды бактерий.

3.4. Гликопротеины и протеогликаны. Строение N- и O-углеводных цепей. Биосинтез N-цепей гликопротеинов. Углеводные цепи гликофорина, IgG, овальбумина, α_1 -кислого гликопротеина, муцинов. Макро- и микрогетерогенность. Рекомбинантные гликопротеины.

3.5. Гликозидазы и гликозилтрансферазы. Экзо- и эндогликозидазы. Их использование в изучении структуры и функции углеводов и гликоконъюгатов. Особенности структурной организации гликозилтрансфераз и механизм их действия.

3.6. Пектины клеток животных. Рецептор гепатоцитов, галектины, селектины, сиглеки, коллектины. Функции лектинов, углевод-белковое взаимодействие.

4. Липиды (ПК-1, ПК-3, ПК-4).

4.1. Строение и классификация липидов. Омыляемые и неомыляемые, простые и сложные липиды. Физико-химические свойства липидов и их биологические функции. Липиды биологических мембран и биоэффекторные липиды.

4.2. Методы исследования липидов. Методы выделения и установления строения. Определение абсолютной конфигурации хиральных липидов.

4.3. Нейтральные липиды. Углеводороды, воски, триглицериды. Жиры. Функции в организме. Жиры и другие липиды в промышленности. Холестерин, его особая роль в организме. Липопротеины крови, их функции. Липазы и другие гидролазы.

4.4. Жирные кислоты. Насыщенные и ненасыщенные кислоты, их биосинтез, метаболизм и биологическая роль. Незаменимые жирные кислоты. Способы осуществления биоэффекторной функции жирных кислот, основные мишени.

4.5. Фосфолипиды. Основные и минорные фосфолипиды, их биосинтез и биологическая роль. Фосфолипазы A₂, C, D, локализация и регуляция активности.

4.6. Гликолипиды. Гликозилдиглицериды, цереброзиды, ганглиозиды. Биосинтез, функции в организме. Ганглиозиды как рецепторы.

4.7. Липиды – клеточные биорегуляторы. Фактор активации тромбоцитов, лизофосфатидовая кислота, фосфатидилинозит, церамиды и сфингозинфосфат как биорегуляторы и вторичные посредники, основные мишени.

4.8. Оксипипиды и окислительный метаболизм полиеновых жирных кислот, основные ферменты. Простагландины и тромбоксаны, лейкотриены, липоксины, гепоксипины. Основные мишени и типы биологической активности. Пероксидное окисление липидов. Продукты ферментативной окислительной трансформации ненасыщенных жирных кислот. Продукты неокислительного метаболизма жирных кислот. Эндоканнабиноиды (анандамид, 2-арахидоноилглицерин), олеамид как биоэффекторные липиды.

4.9. Методы синтеза липидов. Полный и частичный химический синтез, ферментативные методы. Модификация липидов с целью получения репортерных веществ, несущих радиоактивные, флуоресцентные, спиновые и фотоаффинные метки.

5. Биологические мембраны (УК-3, ПК-1, ПК-3, ПК-4).

5.1. Молекулярная организация биологических мембран. Модели и основные типы мембран. Липидный бислой и небислойные структуры. Фазовые свойства и микрогетерогенность мембран. Методы изучения мембран: спектральные, микроскопические, ферментативные, химические и др. Компоненты мембран, их роль и взаимозависимость.

5.2. Мембранные белки: периферические и интегральные. Родопсины, мембранные ферменты: АТФазы, цитохром P-450. Липид-белковые взаимодействия. Реконструкция активных мембранных систем.

5.3. Мембранный транспорт. Пассивный транспорт; диффузия воды, ионов и низкомолекулярных веществ. Ионофоры и каналообразователи. Активный транспорт, транспортные АТ-Фазы.

5.4. Особенности мембран различных клеток. Основные мембранные системы, их функция и специализация. Мембраны растительных клеток; бактериальная стенка. Межклеточные контакты.

5.5. Возбудимые и синаптические мембраны. Медиаторы. Нейротоксины - ингибиторы проведения нервного импульса.

5.6. Рецепция. Взаимодействие лиганд-рецептор, передача сигнала в клетку. Аденилатциклазная система, фосфоинозитидный цикл. Холинорецепторы. Рецепторы иммунной системы. Запах и вкус.

5.7. Искусственные мембранные системы. Мономолекулярные пленки; плоские бислойные мембраны, их получение и методы исследования. Метод "patch clamp"

5.8. Липосомы (везикулы). Методы их получения и исследования. Встраивание белков в липосомы. Практическое применение липосом: доставка лекарств, искусственные вакцины и др.

6. Низкомолекулярные биорегуляторы (УК-3, ПК-1, ПК-3, ПК-4).

6.1. Алкалоиды. Классификация.

Группа алкалоидов опия. Понятие об опиатных рецепторах и их эндогенных лигандах. Морфин, кодеин, папаверин. Героин, аналоги морфина (соединение Бентли), налорфин. Рецепторы морфиновых алкалоидов и их природные лиганды: эндорфины, энкефалины и др.

Синтетические анальгетики. Тропановые алкалоиды группы кокаина и атропина.

m-Холиноблокаторы. Обезболивающие и снотворные лекарственные препараты. Наркотики и галлюциногены. Психотропные средства фенотиазиновой группы. Транквилизаторы бензодиазепинового ряда и природные лиганды их рецепторов 3-карболиновые алкалоиды.

Группа эфедрина. Адренергические синапсы и природные адреномиметики. Дофамин, адреналин, норадреналин, синтетические адреноблокаторы, лечение ишемической болезни.

Хинные алкалоиды. Строение и стереохимия. Проблема лечения малярии. Синтетические противомаларийные средства. Артемизинин и другие препараты группы гингхаосу.

Хинидин и алкалоиды группы Раувольфии (резерпин и аймалин). Природные и синтетические средства против аритмии.

Алкалоиды пуринового ряда. Другие стимуляторы сердечной активности. Алкалоиды из безвременника осеннего - колхицин и колхамин - и их использование в селекции растений.

6.2 Растительные фенолы

Флавоноиды. История. Классификация. Флавоноиды в природе. Катехины, лейкоантоцианидины, флавононы, флавоны, изофлавоны, флавононолы, дегидрохалконы, халконы, антоцианидины и антоцианы, флавонолы. Физико-химические свойства. Способы получения. Качественные реакции. Количественное определение. Важные источники растительных флавоноидов.

6.2. Антибиотики.

Пенициллины, цефалоспорины и родственные антибиотики. Представление о механизме биосинтеза бактериальной клеточной стенки и механизме действия пенициллинов. Представление о механизмах резистентности бактерий к пенициллинам.

Тетрациклины - структура и механизм антимикробного действия. Основные этапы полного синтеза тетрациклина. Механизм биосинтеза тетрациклиновых антибиотиков и их влияние на биосинтез белка.

Антибиотики как инструменты изучения биосинтеза белка: основные этапы этого биосинтеза и связанные с ними антибиотики. Стрептомицин и другие аминогликозидные антибиотики. Пурамицин и механизм "пурамициновой реакции". Эритромицин и другие макролидные антибиотики.

Хлорамфеникол и его аналоги. Полный синтез хлорамфеникола.

Представление о биосинтезе нуклеиновых кислот и влияющих на него антибиотиках. Актиномицин D, антрациклины, оливо- и хромомицины и ансамакролиды. Их интеркаляция при ДНК-зависимом биосинтезе РНК. Блеомицины, стрептонигрин и митомицины - цитотоксические реагенты, вызывающие разрывы и сшивки в цепях ДНК. Нуклеозидные антибиотики и синтетические производные нуклеозидов - ингибиторы вируса герпеса и ВИЧ.

Антибиотики - инструменты изучения ионного транспорта через мембраны. Образование ионных каналов в мембранах (грамицидины, циклодепептиды, макротетролиды). Полиеновые макролиды, основные черты строения и образование пор в липидных бислоях с участием стероидов. Другие противогрибные антибиотики.

6.3. Витамины

История открытия витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных. Водорастворимые и жирорастворимые витамины. Витамины и коферменты.

Витамин А. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники. Ретиноевая кислота и ее биологическая роль.

Витамин В₁, тиаминмонофосфат и кокарбоксилаза; их роль в декарбоксилации α-кетокислот, и лечение болезни бери-бери.

Витамин В₂ (рибофлавин) и флавиновые коферменты, участие в системах оксидаз и дегидрогеназ.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота), кофермент А и его биосинтетическая роль.

Витамин В₅ (ниацин) и ниацинамид, его коферменты (NAD и NADP) и их роль в составе оксидоредуктаз; биосинтез ниацина.

Витамин В₆ (адермин), его формы - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин, и коферменты - пиридоксаль-5'-фосфат и пиридоксамин-5'-фосфат; участие в процессах биосинтеза аминокислот и липидов.

Витамин В₉ (фолиевая кислота), его конъюгаты с глутаминовой кислотой и тетрагидрофолиевая кислота. Их роль в переносе одноуглеродных радикалов. Лечение анемий и лучевой болезни. Антагонисты фолиевой кислоты (аминоптерин и метотрексат) для лечения лейкозов и лейкемий. Компонент фолиевой кислоты - п-аминобензойная кислота как витамин для микробов. История открытия и применение сульфамидных препаратов как первых химиотерапевтических средств для борьбы с инфекционными заболеваниями.

Витамин В₁₂ (оксикобаламин) и его кофермент - кобамамид, их биологическая роль и применение для борьбы с заболеваниями кроветворной системы. Близость планарных систем коррина и порфина.

Витамин С (аскорбиновая кислота): строение, реакционная способность, таутомерия и биологическая роль. Методы промышленного получения.

Витамины D и их провитамины. Механизм биосинтеза. Действующие гидроксированные формы. Биологическая роль.

Витамины E (токоферолы) и последствия E-авитаминоза. Витамин H (биотин) и «активный карбоксил». Витамины K и нормализация свертывания крови.

Витамины Q (убихиноны) в регуляции транспорта электронов и окислительного фосфорилирования.

6.4. Терпены и терпеноиды

Классификация. Моно- и бициклические терпены. Фрагмент изопрена в структуре терпенов. Мирцен, лимонен. Терпеноиды (ментол, карвон, туйон). Пинан, борнан, ментан. Скипидар. Камфора. Сопряженные полиены: сквален, каротиноиды, витамин А. Каучук.

6.5. Стероиды

Стероиды как тетрациклические тритерпены. Основные этапы их биосинтеза. Холестерин и растительные стероиды: структура и биологическая функция

Зоо- и фитоэргостероиды, гормоны линьки насекомых и их природные аналоги. Брассиностероиды.

Желчные кислоты как природные детергенты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биохимии и биоорганической химии.

Прогестерон: биосинтез и биологическая роль при овариально-менструальном цикле. Синтетические аналоги и контрацептивы.

Половые гормоны: эстрогены и андрогены. Биосинтез и биологическая роль. Особенности структуры и биологической активности эстрогенов (эстрон, эстриол и эстрадиол), связь с активностью фолиевой кислоты и прогестерона. Полный синтез эстрогена по Торгову. Синтетические андрогенные препараты, анаболики.

Гормоны коры надпочечников: глюкокортикоиды и минералокортикоиды. Биосинтез основных представителей и биологическое значение. Синтетические аналоги и ингибиторы.

Сердечные гликозиды, стероидные сапонины и алкалоиды. Структура основных представителей и биологическое значение.

Особенности рецепции стероидных гормонов.

6.6. Нейромедиаторы и гормоны - производные аминокислот и пептидов. Строение и функциональная роль. Представление о передаче нервного импульса. Вторичные мессенджеры.

6.7. Феромоны и гормоны насекомых, инсектициды. Феромоны и половые аттрактанты насекомых. Исторический очерк. Биологическая роль и применение. Примеры феромонов чешуекрылых. Некоторые пути синтеза. Бомбикол. Ювенильные гормоны насекомых и их роль в онтогенезе. Фосфорорганические инсектициды. Пиретроиды.

6.8. Фитогормоны и другие регуляторы развития растений, фунгициды

Основные фитогормоны: индолилуксусная кислота и ее природные аналоги, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, брассины и олигосахарины. Особенности их строения и сбалансированного действия на физиологию растений. Другие природные регуляторы развития растений, фитоалексины.

Гербициды регуляторного типа, воздействующие на гормональные функции индолилуксусной кислоты. 2,4,5-Т и проблема суперэкоотоксикантов ряда диоксина. Гербициды - ингибиторы фотосинтеза.

Фунгициды. Препараты контактного и системного действия.

6.9. Токсины. Токсины земноводных и рыб. Токсины высших растений и насекомых.

Микотоксины. Токсины сине-зеленых водорослей. Использование токсинов в биоорганической химии и нейрофизиологии.

5.2. Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

Дисциплина является основой для выполнения лиссертационных работ аспирантов, необходима в будущей практической деятельности.

5.3. Разделы и темы дисциплин и виды занятий

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п.п.	Наименование раздела дисциплины	Лекции	Практические работы	СРС	Всего
1	Аминокислоты, пептиды, белки	4	4	10	18
2	Нуклеозиды, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты	4	4	10	18
3	Углеводы и гликоконъюгаты	4	4	10	18
4	Липиды	4	4	10	18
5	Биологические мембраны.	4	4	10	18
6	Низкомолекулярные биорегуляторы	4	4	10	18
7	Зачет				
	ВСЕГО	24	24	60	108

6. Перечень практических занятий

№ п/п	№ темы дисциплины	Наименование	Трудоемкость (часы)	Оценочные средства	Формируемые компетенции
1.	1	Аминокислоты, пептиды, белки	4	КР, УО	ПК-1,3,4
2.	2	Нуклеозиды, нуклеотиды и нуклеиновые кислоты	4	КР, УО	ПК-1,3,4
3.	3	Углеводы и гликоконъюгаты (монозы, олигосахариды, полиозы, гликопротеины и протеогликаны)	4	КР, УО	(ОПК-1, УК-3, ПК-1,2,3,4).
4.	4	Липиды (Жирные кислоты, фосфолипиды, гликолипиды, гликозилдиглицериды, цереброзиды, ганглиозиды. Биосинтез, функции в организме. Ганглиозиды как рецепторы. Липиды – клеточные биорегуляторы.)	4	Доклад с презентацией	(ОПК-1, УК-3, ПК-1,2,3,4).
5.	5	Биологические мембраны (Молекулярная организация биологических мембран. Мембранные белки: периферические и интегральные. Родопсины, мембранные ферменты: АТФазы, цитохром. Мембранный транспорт. Особенности мембран различных клеток. Основные мембранные системы, их функция и специализация. Мембраны растительных клеток; бактериальная стенка. Межклеточные контакты. Искусственные мембранные системы).	4	Доклад с презентацией	(ОПК(ОПК-1, УК-3, ПК-1,2,3,4).
6.	6	Низкомолекулярные биорегуляторы (витамины (Алкалоиды, растительные фенолы, антибиотики, вмиамины, стероиды. Гормоны)	4	Доклад с презентацией	(ОПК-1, УК-3, ПК-1,2,3,4).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

а) основная литература:

1. **Тимохин Б. В.** Прикладная химия [Электронный ресурс] : учеб.-метод. пособие / Б. В. Тимохин. - 2-е изд., испр. и доп. - ЭВК. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - **Режим доступа:** . - Режим доступа: ЭЧЗ "Библиотех". - Неогранич. доступ. - ISBN 978-5-9624-0675-6 :
2. **Коваленко Л.В.** Биохимические основы химии биологически активных веществ [Текст:] / Л. В. Коваленко. - Москва :Лаборатория знаний (ранее "БИНОМ.Лаборатория знаний"), 2015. - 228, [1] с. [1] с. : ил. ; 22 см. - (Учебник для высшей школы). - **Режим доступа:** <https://e.lanbook.com/book/70702>. - Режим доступа: ЭБС "Издательство "Лань". - Неогранич. доступ. - Библиогр.: с. 229. - Предм. указ.: с. 224-228. - ISBN 978-5-9963-1100-2 :
3. **Тимохин Б. В.** Прикладная химия [Текст] : учеб.-метод. пособие / Б. В. Тимохин, В. Л. Михайленко ; рец.: В. Н. Кижняев, А. А. Кузнецова ; Иркутский гос. ун-т, Хим. фак. - 2-е

изд., испр. и доп. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2012. - 107 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 107. - ISBN 978-5-9624-0675-6: – 21 экз.

4. **Тимохин Б. В.** Лекарственные средства [Текст] : учеб.пособие / Б. В. Тимохин, О. А. Эдельштейн ; рец.: А. В. Иванов, А. Г. Пройдаков ; Иркутский гос. ун-т, Хим. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 146 с. ; 20 см. - Библиогр.: с. 97. - ISBN 978-5-9624-0803-3 :– 20 экз.

б) дополнительная литература:

1. **Тимохин Б. В.** Прикладная химия [Текст] : учеб. - метод. пособие / Б. В. Тимохин, В. Л. Михайленко ; Иркутский гос. ун-т, Хим. фак. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2011. - 105 с. : ил. ; 20 см. - Библиогр.: с. 105. .- всего 10

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

<http://www.chem.msu.ru/> - портал химического образования России

<http://www.chem.msu.ru/rus/elibrary/> Электронная библиотека по химии

<http://www.chemistry.narod.ru/> Мир химии

http://school-sector.relarn.ru/web_quests/Chemistry_Quest/index.html Web-квест по химии

www.molbiol.ru Библиотека сайта

<http://www.informika.ru/text/database/chemy/START.html> Электронный справочник "Химия для всех"

<http://www.uic.ssu.samara.ru/~chemistry/index.htm> Органическая химия

<http://formula44.narod.ru/> Органическая химия

http://www-windows-1251.edu.yar.ru/russian/pedbank/sor_uch/chem/maxut3.html Углеводы

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Оборудование

№ п/п	Наименование	Количество
1.	Персональные компьютеры	3
2.	Мультимедийный проектор	1
3.	Таблицы-схемы	12

9. Образовательные технологии

В процессе изучения дисциплины используются как традиционные, так и инновационные технологии, активные и интерактивные методы обучения: индивидуальные и парные формы работы в рамках технологии укрепления дидактических единиц, объяснительно-иллюстративного обучения с элементами проблемного изложения, интегративно-модульная технология, самостоятельная работа, лабораторная работа, лекции, презентации, тренинги, консультация, кейс-метод и т. д.

10. Оценочные средства

ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА:

1. Аминокислоты. Номенклатура, строение. Генетически кодируемые аминокислоты. Оптическая изомерия α -аминокислот. Кислотно-основные свойства. Химические свойства. Методы синтеза аминокислот.
2. Пептиды. Природа пептидной связи. Гомодетные и гетеродетные пептиды, депсипептиды. Линейные и циклические пептиды. Структура и функция биологически активных пептидов. Пептиды как лекарственные средства.
3. Первичная структура белков. Общая стратегия определения структуры белков. Анализ аминокислотного состава. Определение N- и C-концевых аминокислотных остатков. Фрагментация полипептидной цепи. Ферментативные методы гидролиза. Ограниченный протеолиз. Определение аминокислотной последовательности белка с помощью автоматического секвенатора. Анализ расположения сульфгидрильных групп и дисульфидных связей. Использование масс-

спектрометрии при определении первичной структуры пептидов. Сложные белки: глико-, липо-, нуклео-, хромо-, фосфо- и металлопротеины.

4. Химическая модификация белков. Задачи, решаемые с помощью химической модификации. Методы идентификации модифицированных аминокислотных остатков. Биоспецифическая модификация белков.

5. Пространственная структура пептидов и белков. Электронное строение и конфигурация пептидной связи. Типы взаимодействий, определяющие пространственную структуру полипептидов. Связь пространственной структуры белка с последовательностью аминокислотных остатков.

Вторичная структура пептидов и белков. α -спираль, β_{10} -спираль, параллельная и антипараллельная β -структуры, β -изгиб, другие типы регулярных структур полипептидной цепи. Сверхвторичная структура белков. Понятие о доменах.

Третичная структура белков. Представление об изучении пространственного строения пептидов и белков методами рентгеноструктурного анализа и ядерного магнитного резонанса. Денатурация и ренатурация.

Четвертичная структура белков. Примеры субъединичных структур. Методы исследования четвертичной структуры.

6. Биологическая роль белков. Ферменты. Классификация. Представление о биокатализе. Принципы ферментативной кинетики. Ингибиторы и активаторы ферментов. Факторы, влияющие на ферментативную активность. Понятие об активном центре. Инсулин, гормоны роста. Гликопротеиновые гормоны аденогипофиза.

Белки системы гемостаза. Система свертывания крови. Интегрины. Антикоагулянты и фибринолитики.

Двигательные и структурные белки. Белки мышц и соединительных тканей. Актомиозиновый комплекс. Коллаген, кератин, фиброин.

Рецепторные белки.

Транспортные белки. АТ Фазы. Цитохром С, гемоглобин, миоглобин, сывороточный альбумин, специфические глобулины сыворотки.

Белки-токсины микробного и растительного происхождения.

7. Нуклеозиды и нуклеотиды как компоненты нуклеиновых кислот, их номенклатура, структура, стереохимия, физические и химические свойства, биосинтез. Таутомерные формы азотистых оснований. Минорные компоненты нуклеиновых кислот: Природные модификации пуриновых и пиримидиновых оснований.

8. Первичная структура нуклеиновых кислот. Межнуклеотидные и N-гликозидные связи, сходство и различие их свойств в составе ДНК и РНК. Полярность межнуклеотидной связи и полинуклеотидной цепи. Определение первичной структуры нуклеиновых кислот. Анализ первичной структуры. Автоматизация секвенирования.

9. Вторичная структура нуклеиновых кислот. Рентгеноструктурные исследования ДНК. Правила Чаргаффа. Двойная спираль ДНК по Уотсону и Крику и ее биологическое значение. Основные типы двойных спиралей. Особенности пространственной организации ДНК в биологических системах (в вирусах, прокариотических и эукариотических клетках). Понятие о хроматине.

10. ДНК как носитель генетической информации. Геном. Этапы воспроизведения и реализации генетической информации: репликация, транскрипция, трансляция. Генетический код: основные характеристики. Современное определение гена.

11. Понятие о геной инженерии. Искусственный синтез нуклеиновых кислот. Синтез на полимерном носителе. Цикличность синтеза полимеров как основа для автоматизации. Выделение, очистка и идентификация синтетических олиго- и полинуклеотидов.

12. Белковая инженерия. Два основных направления исследований в белковой инженерии: рациональный дизайн и направленная эволюция белковых молекул. Методы направленного мутагенеза.

13. Углеводы и гликоконъюгаты. Моносахариды. Определение и номенклатура. Альдозы и кетозы. Пентозы и гексозы. Линейные и циклические формы моносахаридов. Стереохимия и кон-

формация моносахаридов. Аномерный центр: его стереохимия, особые свойства гидроксильной группы.

14. Олигосахариды. Определение и номенклатура. Химический и ферментативный синтез олигосахаридов. Методы изучения строения олигосахаридов: химические, физико-химические, ферментативные.

15. Полисахариды. Определение и номенклатура. Методы изучения строения полисахаридов: химические, физико-химические, ферментативные. Растительные полисахариды: целлюлоза, крахмал (амилоза и амилопектин). Полисахариды животного происхождения: гликоген, декстраны, хитин, гликозаминогликаны, гепарин. Биологические функции полисахаридов, Липополисахариды бактерий.

16. Гликопротеины и протеогликианы. Строение N- и O-углеводных цепей. Биосинтез N-цепей гликопротеинов.

17. Гликозидазы и гликозилтрансферазы. Экзо- и эндогликозидазы. Их использование в изучении структуры и функции углеводов и гликоконъюгатов.

18. Пектины клеток животных. Рецептор гепатоцитов, галектины, селектины, сиглеки, коллектины.

19. Липиды. Строение и классификация липидов. Омыляемые и неомыляемые, простые и сложные липиды. Физико-химические свойства липидов и их биологические функции. Липиды биологических мембран и биоэффекторные липиды.

20. Методы исследования липидов. Методы выделения и установления строения. Определение абсолютной конфигурации хиральных липидов.

21. Нейтральные липиды. Углеводороды, воски, триглицериды. Жиры. Функции в организме. Жиры и другие липиды в промышленности. Холестерин, его особая роль в организме. Липопротеины крови, их функции. Липазы и другие гидролазы.

22. Жирные кислоты. Насыщенные и ненасыщенные кислоты, их биосинтез, метаболизм и биологическая роль. Незаменимые жирные кислоты. Способы осуществления биоэффекторной функции жирных кислот, основные мишени.

23. Фосфолипиды. Основные и минорные фосфолипиды, их биосинтез и биологическая роль.

24. Гликолипиды. Гликозилдиглицериды, цереброзиды, ганглиозиды. Биосинтез, функции в организме. Ганглиозиды как рецепторы.

25. Методы синтеза липидов. Полный и частичный химический синтез, ферментативные методы.

26. Биологические мембраны.

27. Молекулярная организация биологических мембран. Модели и основные типы мембран. Липидный бислой и небислойные структуры. Компоненты мембран, их роль и взаимозависимость.

28. Искусственные мембранные системы. Мономолекулярные пленки; плоские бислойные мембраны, их получение и методы исследования. Метод "patch clamp"

29. Липосомы (везикулы). Методы их получения и исследования. Встраивание белков в липосомы. Практическое применение липосом: доставка лекарств, искусственные вакцины и др.

30. Алкалоиды. Классификация. Группа алкалоидов опия. Понятие об опиатных рецепторах и их эндогенных лигандах. Морфин, кодеин, папаверин. Героин, аналоги морфина (соединение Бентли), налорфин. Рецепторы морфиновых алкалоидов и их природные лиганды: эндорфины, энкефалины и др.

Синтетические анальгетики. Тропановые алкалоиды группы кокаина и атропина.

m-Холиноблокаторы. Обезболивающие и снотворные лекарственные препараты. Наркотики и галлюциногены. Психотропные средства фенотиазиновой группы. Транквилизаторы бензодиазепинового ряда и природные лиганды их рецепторов 3-карболиновые алкалоиды.

Группа эфедрина. Адренергические синапсы и природные адреномиметики. Дофамин, адреналин, норадреналин, синтетические адреноблокаторы, лечение ишемической болезни.

Хинные алкалоиды. Строение и стереохимия. Проблема лечения малярии. Синтетические противомаларийные средства. Артемизинин и другие препараты группы гингхаосу.

Хинин и алкалоиды группы Раувольфии (резерпин и аймалин). Природные и синтетические средства против аритмии.

Алкалоиды пуринового ряда. Другие стимуляторы сердечной активности. Алкалоиды из безвременника осеннего - колхицин и колхамин - и их использование в селекции растений.

31. Растительные фенолы. Флавоноиды. История. Классификация. Флавоноиды в природе. Катеихины, лейкоантоцианидины, флавононы, флавоны, изофлавоны, флавонолы, дегидрохалконы, халконы, антоцианидины и антоцианы, флавонолы. Физико-химические свойства. Способы получения. Качественные реакции. Количественное определение. Важные источники растительных флавоноидов

32. Антибиотики. Пенициллины, цефалоспорины и родственные антибиотики. Представление о механизме биосинтеза бактериальной клеточной стенки и механизме действия пенициллинов. Представление о механизмах резистентности бактерий к пенициллинам.

Тетрациклины - структура и механизм антимикробного действия. Основные этапы полного синтеза тетрациклина. Механизм биосинтеза тетрациклиновых антибиотиков и их влияние на биосинтез белка.

Антибиотики как инструменты изучения биосинтеза белка: основные этапы этого биосинтеза и связанные с ними антибиотики. Стрептомицин и другие аминогликозидные антибиотики. Пурамицин и механизм "пурамициновой реакции". Эритромицин и другие макролидные антибиотики.

Хлорамфеникол и его аналоги. Полный синтез хлорамфеникола.

33. Витамины. История открытия витаминов и их роль в функционировании организмов человека и животных. Водорастворимые и жирорастворимые витамины. Витамины и коферменты.

Витамин А. Строение, биологическая роль и изомеризация в процессе функционирования. Каротиноиды как источники. Ретиноевая кислота и ее биологическая роль.

Витамин В₁, тиаминмонофосфат и кокарбоксилаза; их роль в декарбоксилировании α-кетокислот, и лечение болезни бери-бери.

Витамин В₂ (рибофлавин) и флавиновые коферменты, участие в системах оксидаз и дегидрогеназ.

Витамин В₃ (пантотеновая кислота), кофермент А и его биосинтетическая роль.

Витамин В₅ (ниацин) и ниацинамид, его коферменты (NAD и NADP) и их роль в составе оксидоредуктаз; биосинтез ниацина.

Витамин В₆ (адермин), его формы - пиридоксин, пиридоксаль и пиридоксамин, и коферменты - пиридоксаль-5'-фосфат и пиридоксамин-5'-фосфат; участие в процессах биосинтеза аминокислот и липидов.

Витамин В₉ (фолиевая кислота), его конъюгаты с глутаминовой кислотой и тетрагидрофолиевая кислота. Их роль в переносе одноуглеродных радикалов. Лечение анемий и лучевой болезни.

Антагонисты фолиевой кислоты (аминоптерин и метотрексат) для лечения лейкозов и лейкемий. Компонент фолиевой кислоты - п-аминобензойная кислота как витамин для микробов. История открытия и применение сульфамидных препаратов как первых химиотерапевтических средств для борьбы с инфекционными заболеваниями.

Витамин В₁₂ (оксикобаламин) и его кофермент - кобамамид, их биологическая роль и применение для борьбы с заболеваниями кроветворной системы. Близость планарных систем коррина и порфина.

Витамин С (аскорбиновая кислота): строение, реакционная способность, таутомерия и биологическая роль. Методы промышленного получения.

Витамины D и их провитамины. Механизм биосинтеза. Действующие гидроксильные формы. Биологическая роль.

Витамины E (токоферолы) и последствия E-авитаминоза. Витамин H (биотин) и «активный карбоксил». Витамины K и нормализация свертывания крови.

Витамины Q (убихиноны) в регуляции транспорта электронов и окислительного фосфорилирования.

34. Терпены и терпеноиды. Классификация.Mono- и бициклические терпены. Фрагмент изопрена в структуре терпенов. Мирцен, лимонен. Терпеноиды (ментол, карвон, туйон). Пинан, борнан, ментан. Скипидар. Камфора. Сопряженные полиены: сквален, каротиноиды, витамин А. Каучук.

35. Стероиды. Стероиды как тетрациклические тритерпены. Основные этапы их биосинтеза. Холестерин и растительные стеринны: структура и биологическая функция

Желчные кислоты как природные детергенты. Биосинтез в печени и биологическая роль. Использование в биохимии и биоорганической химии.

Прогестерон: биосинтез и биологическая роль при овариально-менструальном цикле. Синтетические аналоги и контрацептивы.

Половые гормоны: эстрогены и андрогены. Биосинтез и биологическая роль. Особенности структуры и биологической активности эстрогенов (эстрон, эстриол и эстрадиол), связь с активностью фолиевой кислоты и прогестерона. Полный синтез эстрогена по Торгову. Синтетические андрогенные препараты, анаболики.

Гормоны коры надпочечников: глюкокортикоиды и минералокортикоиды. Биосинтез основных представителей и биологическое значение. Синтетические аналоги и ингибиторы.

Сердечные гликозиды, стероидные сапонины и алкалоиды. Структура основных представителей и биологическое значение.

Особенности рецепции стероидных гормонов.

36. Нейромедиаторы и гормоны - производные аминокислот и пептидов. Строение и функциональная роль. Представление о передаче нервного импульса.

37. Феромоны и гормоны насекомых, инсектициды. Феромоны и половые аттрактанты насекомых. Исторический очерк. Биологическая роль и применение. Бомбикол. Ювенильные гормоны насекомых и их роль в онтогенезе. Фосфорорганические инсектициды. Пиретроиды.

38. Фитогормоны и другие регуляторы развития растений, фунгициды. Основные фитогормоны: индолилуксусная кислота и ее природные аналоги, гиббереллины, цитокинины, абсцизовая кислота, этилен, брассины и олигосахарины. Особенности их строения и сбалансированного действия на физиологию растений. Другие природные регуляторы развития растений, фитоалексины.

Гербициды регуляторного типа, воздействующие на гормональные функции индолилуксусной кислоты. 2,4,5-Т и проблема суперэкотоксикантов ряда диоксина. Гербициды - ингибиторы фотосинтеза.

Фунгициды. Препараты контактного и системного действия.

39. Токсины. Токсины земноводных и рыб. Токсины высших растений и насекомых.

Микотоксины. Токсины сине-зеленых водорослей. Использование токсинов в биоорганической химии и нейрофизиологии.

Разработчик:

Эдельштейн О.А. канд. хим. наук, доцент Эдельштейн О.А.

Программа рассмотрена на заседании кафедры теоретической и прикладной органической химии и полимеризационных процессов химического факультета

«06» марта 2018 г. Протокол № 4

Зав. кафедрой, доцент Эдельштейн О.А. Эдельштейн О.А.

Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения факультета-разработчика программы.

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2019/2020 учебный год**

К рабочей программе **Б1.В.ДВ.1.2** дисциплины: «**Биоорганическая химия**» по направленности программы подготовки кадров высшей квалификации (программы аспирантуры) **Высокомолекулярные соединения**

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:

Нет дополнений

В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:

Нет изменений

Изменения одобрены Ученым советом химического факультета, протокол № 5 от 17.06.2019 г.

Зав. кафедрой теоретической и
прикладной органической
химии и полимеризационных
процессов



/О.А.Эдельштейн /