

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

**УТВЕРЖДАЮ**

Ректор учреждения образования  
«Белорусский государственный  
медицинский университет»

С.П.Рубникович



27.06.2023

Рег. № УД 09/1-06-07/2329 уч.

**Контрольный  
экземпляр**

**БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ**

Учебная программа учреждения образования  
по учебной дисциплине для специальности

**7-07-0911-06 «Педиатрия»**

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине «Биоорганическая химия» для специальности 7-07-0911-06 «Педиатрия» разработана на основе учебного плана учреждения образования по специальности 7-07-0911-06 «Педиатрия», утвержденного 27.06.2023, регистрационный № 7-07-0911-06/2324.

### **СОСТАВИТЕЛИ:**

О.Н.Ринейская, заведующий кафедрой биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент;

С.В.Глинник, доцент кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент;

И.В.Романовский, профессор кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, профессор

### **РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (протокол № 13 от 12.05.2023);

Научно-методическим советом учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет» (протокол № 6 от 27.06.2023)



## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

«Биоорганическая химия» – учебная дисциплина химического модуля, содержащая систематизированные научные знания о связи структуры органических веществ с их биологическими функциями, использующая методы органической и физической химии для изучения механизмов функционирования биологически активных молекул.

Цель учебной дисциплины «Биоорганическая химия» – формирование базовой профессиональной компетенции для понимания физико-химических основ жизнедеятельности человеческого организма с учетом научных достижений и современных методов исследований в ходе решения медико-биологических и медицинских проблем.

Задачи учебной дисциплины «Биоорганическая химия» состоят в формировании научных знаний о классификации, номенклатуре, строении и свойствах основных классов органических соединений; типичных механизмах органических реакций; строении и свойствах поли- и гетерофункциональных соединений; природных биологически значимых соединений; принципов синтеза и самоорганизации биологических макромолекул, умений и навыков, необходимых для прогнозирования свойств органических соединений, направления и результата их химических превращений.

Знания, умения, навыки, полученные при изучении учебной дисциплины «Биоорганическая химия», необходимы для успешного изучения следующих учебных дисциплин: «Фармакология», «Радиационная и экологическая медицина» и «Биологическая химия».

Студент, освоивший содержание учебного материала учебной дисциплины, должен обладать следующей базовой профессиональной компетенцией: оценивать свойства природных и синтетических органических соединений, потенциально опасных для организма человека веществ, прогнозировать их поведение в биологических средах.

В результате изучения учебной дисциплины «Биоорганическая химия» студент должен

### **знать:**

правила международной химической номенклатуры; фундаментальные представления теоретической органической химии как основу для понимания строения и реакционной способности органических соединений, участвующих в процессах жизнедеятельности;

строение, химические свойства и биологическую значимость поли- и гетерофункциональных соединений, участвующих в процессах жизнедеятельности и являющихся структурными компонентами липидов, полисахаридов, белков, нуклеиновых кислот, сложных биополимеров;

принципы организации макромолекул для понимания основ их функционирования с использованием стереохимических представлений;

основы стереохимии (хиральность, энантиомерия, диастереомерия), необходимые для понимания специфичности комплементарного взаимодействия на молекулярном уровне фермента и субстрата, гормона и рецептора и т.д.;



условия генерирования свободных радикалов, в том числе активных форм кислорода, механизм реакции свободно-радикального окисления ненасыщенных жирных кислот, лежащий в основе перекисного окисления липидов, химические основы антиоксидантного действия биологически активных веществ, содержащих фенольный гидроксил, тиольную группу;

молекулярные основы действия антисептиков и дезинфектантов, являющихся спиртами, фенолами, альдегидами, четвертичными аммониевыми соединениями и др.;

**уметь:**

классифицировать органические соединения по строению углеродного скелета и по природе функциональных групп; составлять формулы по названию и по структурной формуле давать название представителям биологически важных веществ и лекарственных средств;

выделять функциональные группы, определять реакционные центры, сопряженные и ароматические фрагменты в молекулах для прогнозирования химического поведения органических соединений;

определять в структуре биологически значимых молекул гидрофильные и гидрофобные участки, их способность распределяться в средах организма;

качественно оценивать кислотно-основные свойства органических соединений, участвующих в процессах жизнедеятельности, лекарственных средств, а также веществ, потенциально опасных для организма человека;

прогнозировать направление и результат химических превращений органических соединений;

выполнять простейшие химические эксперименты с последующим анализом и оформлением результатов; пользоваться справочной литературой и получать необходимую информацию на соответствующих сайтах в сети Интернет;

**владеть:**

методами проведения качественных реакций на важнейшие функциональные группы органических соединений;

навыками безопасной работы в химической лаборатории: обращение с химической посудой, горелкой, ядовитыми и летучими веществами.

В рамках образовательного процесса по данной учебной дисциплине студент должен приобрести не только теоретические знания, практические умения и навыки по специальности, но и развить свой ценностно-личностный, духовный потенциал, сформировать качества патриота и гражданина, готового к активному участию в экономической, производственной, социально-культурной и общественной жизни страны.

**Всего** на изучение учебной дисциплины отводится 108 академических часов. Распределение аудиторных часов по видам занятий: 12 часов лекций (в том числе 4 часа управляемой самостоятельной работы (УСР)), 54 часа лабораторных занятий, 42 часа самостоятельной работы студента.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с учебным планом по специальности в форме экзамена (1 семестр).

Форма получения образования – очная дневная.



## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЮДЖЕТА УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ ПО СЕМЕСТРАМ

Код, название специальности	семестр	Количество часов учебных занятий						Форма промежуточной аттестации
		всего	аудиторных	из них			самостоятельных внеаудиторных	
				лекций (в т.ч. УСП)	УСП	лабораторных занятий		
7-07-0911-06 «Педиатрия»	1	108	66	12	4	54	42	экзамен

## ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Наименование раздела (темы)	Количество часов аудиторных занятий	
	Лекций (в т.ч. УСР)	Лабораторных
<b>1. Теоретические основы строения и общие закономерности реакционной способности органических соединений</b>	<b>2</b>	<b>21</b>
1.1. Введение в учебную дисциплину «Биоорганическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	-	3
1.2. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органической молекуле	-	3
1.3. Пространственное строение и стереоизомерия органических молекул	2	3
1.4. Реакционная способность углеводов. Реакции радикального замещения, электрофильного присоединения, электрофильного замещения	-	3
1.5. Кислотно-основные свойства органических соединений. Реакции нуклеофильного замещения у тетрагонального атома углерода и конкурентные им реакции элиминирования	-	3
1.6. Реакционная способность альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения к карбонильным соединениям	-	3
1.7. Реакционная способность карбоновых кислот и их функциональных производных. Реакции нуклеофильного замещения у тригонального атома углерода	-	3
<b>2. Биологически важные поли- и гетерофункциональные соединения</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
2.1. Поли- и гетерофункциональные соединения алифатического ряда, участвующие в процессах жизнедеятельности	2	3
2.2. Гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов, лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств. Алкалоиды	-	3
<b>3. Биополимеры и их структурные компоненты. Низкомолекулярные биорегуляторы</b>	<b>8</b>	<b>27</b>
3.1. Углеводы	2	6
3.2. Аминокислоты	2	3
3.3. Пептиды и белки	2	3
3.4. Нуклеиновые кислоты	-	3
3.5. Липиды	2	3
3.6. Низкомолекулярные биорегуляторы	2	9
<b>Всего часов</b>	<b>12</b>	<b>54</b>



## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. Теоретические основы строения и общие закономерности реакционной способности органических соединений

#### 1.1. Введение в учебную дисциплину «Биоорганическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений

Краткий исторический очерк развития биоорганической химии. Место биоорганической химии в медицинском образовании. Задачи биоорганической химии как учебной дисциплины. Объекты, изучаемые биоорганической химией.

Классификация органических соединений по строению углеродного скелета и природе функциональных групп. Основные классы органических соединений.

Основные правила номенклатуры IUPAC органических соединений; заместительная и радикально-функциональная номенклатура.

#### 1.2. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органической молекуле

Электронное строение атома углерода и атомов-органогенов. Гибридизация атомных орбиталей. Типы гибридизации. Типы химических связей в органических соединениях. Основные характеристики ковалентных  $\sigma$ - и  $\pi$ -связей. Водородные связи.

Сопряжение. Виды сопряжения:  $\pi, \pi$ - и  $\pi, \sigma$ -. Сопряженные системы с открытой цепью: 1,3-диены, полиены, аллильные ионы и аллильный радикал. Сопряженные системы с замкнутой цепью. Ароматичность. Правило ароматичности Хюккеля. Ароматичность бензоидных и небензоидных соединений. Энергия сопряжения. Термодинамическая стабильность биологически важных молекул с открытыми и замкнутыми сопряженными системами.

Взаимное влияние атомов в молекуле: индуктивный и мезомерный электронные эффекты заместителей. Электронодонорные и электроноакцепторные заместители. Распределение электронной плотности в молекуле. Реакционные центры.

#### 1.3. Пространственное строение и стереоизомерия органических молекул

Конфигурация и конформация как способы описания пространственного строения молекулы. Связь пространственного строения с типом гибридизации атома углерода. Молекулярные модели, стереохимические формулы, проекционные формулы Фишера, формулы Ньюмена.

Хиральность. Хиральные молекулы. Асимметрический атом углерода. Энантиомерия. Оптическая активность. Относительная D- и L-система стереохимической номенклатуры. Глицериновый альдегид как конфигурационный стандарт. Понятие о R, S-номенклатуре. Стереоизомерия молекул с одним, двумя и более центрами хиральности: энантиомерия и  $\sigma$ -диастереомерия. Мезоформы. Рацемические смеси. Понятие о методах разделения рацемических смесей.  $\pi$ -Диастереомерия ненасыщенных соединений.



Связь пространственного строения соединения с его биологической активностью. Теории Фишера, Кошленда. Комплементарность.

Конформации ациклических соединений. Виды напряжений в молекуле: торсионное и Ван-дер-ваальсово. Энергетическая характеристика конформаций алканов. Угловое напряжение и конформации пяти- и шестичленных циклических соединений, их энергетическая характеристика. Аксиальные и экваториальные связи. 1,3-Диаксиальное взаимодействие, инверсия цикла. Конформации кресла циклических  $\alpha$ - и  $\beta$ -форм D-глюкозы, участвующих в построении крахмала и целлюлозы.

#### 1.4. Реакционная способность углеводов. Реакции радикального замещения, электрофильного присоединения, электрофильного замещения

Понятие о механизме реакции. Субстрат, реагент, реакционный центр. Классификация органических реакций по результату (замещения, присоединения, элиминирования, перегруппировки, окислительно-восстановительные, солеобразования). Реакции радикальные, ионные, согласованные. Типы реагентов: радикальные, электрофильные, нуклеофильные, кислотные, основные. Гомолитический разрыв ковалентной связи и понятие о свободных радикалах и цепных реакциях. Гетеролитический разрыв ковалентной связи; карбокатионы и карбоанионы. Электронное и пространственное строение частиц, образующихся при гомолизе и гетеролизе; факторы, обуславливающие их относительную устойчивость.

Реакционная способность насыщенных углеводов. Реакции радикального замещения. Механизм реакции радикального замещения. Региоселективность. Пути образования радикальных частиц: фотолитическое, термическое разложение, окислительно-восстановительные реакции с участием ионов металлов переменной валентности. Понятие о цепных процессах. Роль радикальных реакций окисления в биологических процессах. Активные формы кислорода, пероксиды.

Реакции электрофильного присоединения в ряду алкенов. Механизм реакции гидратации, кислотный катализ. Влияние статических и динамических факторов на региоселективность реакций присоединения. Правило Марковникова. Особенности электрофильного присоединения к сопряженным системам: гидратация  $\alpha$ ,  $\beta$ -ненасыщенных карбоновых кислот.

Качественные реакции обнаружения кратных связей в анализируемом объекте.

Реакции электрофильного замещения у ароматических соединений. Механизм реакции, роль катализаторов в образовании электрофильной частицы. Влияние заместителей в ароматическом ядре на реакционную способность в реакциях электрофильного замещения. Ориентирующее влияние заместителей. Реакции алкилирования и галогенирования *in vivo*.

Реакции окисления ароматических соединений *in vivo* как путь повышения гидрофильности и выведения из организма человека чужеродных веществ.



### 1.5. Кислотно-основные свойства органических соединений. Реакции нуклеофильного замещения у тетрагонального атома углерода и конкурентные им реакции элиминирования

Реакционные центры в молекулах спиртов, фенолов, тиолов, аминов. Кислотность и основность в соответствии с теориями Бренстеда и Льюиса. Количественная и качественная характеристика кислотных и основных свойств органических соединений. Общие закономерности в изменении кислотных или основных свойств во взаимосвязи с природой атомов в кислотном или основном центре, электронными эффектами заместителей при этих центрах и сольватационными эффектами. Токсичность сильных кислот и оснований. Амфотерность. Водородная связь как специфическое проявление кислотно-основных свойств. Водородные связи в структуре биополимеров. Ионизация органических кислот и оснований в зависимости от pH среды. Роль ионизации в проявлении биологической активности.

Общий механизм реакции нуклеофильного замещения у  $sp^3$ -гибридизованного атома углерода. Моно- и бимолекулярные реакции. Стереохимия реакций нуклеофильного замещения. Нуклеофильное замещение гидроксильной группы в спиртах. Кислотный катализ. Реакции алкилирования спиртов, аминов, тиолов. Алкилирование *in vivo*. Конкурентные моно- и бимолекулярные реакции элиминирования у спиртов. Биологически важные реакции дегидратации гидроксисодержащих соединений.

Реакции окисления спиртов, тиолов, фенолов. Биологическое окисление с участием кофермента  $NAD^+$ . Перенос гидрид-иона в системе  $NAD^+ - NADH$ . Соединения, содержащие тиольную группу, фенольный гидроксил как антиоксиданты.

### 1.6. Реакционная способность альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения к карбонильным соединениям

Реакционные центры альдегидов, кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения, общий механизм реакции. Присоединение воды, спиртов, аминов. Образование циклических полуацеталей. Реакции альдольного присоединения. Обратимость реакций нуклеофильного присоединения. Биологическое значение реакций ацетализации, альдольного расщепления, взаимодействия с аминами. Токсичность альдегидов. Использование альдегидов как дезинфектантов и средств для стерилизации.

Реакции окисления и восстановления карбонильных соединений *in vitro* и *in vivo*.

Качественные реакции на альдегидную группу. Реакции обнаружения ацетона.

### 1.7. Реакционная способность карбоновых кислот и их функциональных производных. Реакции нуклеофильного замещения у тригонального атома углерода

Реакционные центры в молекулах карбоновых кислот. Кислотные свойства одно-, двухосновных, предельных, непредельных, ароматических карбоновых кислот. Общий механизм реакции нуклеофильного замещения у  $sp^2$ -гибридизованного атома углерода карбоновых кислот и их функциональных



производных. Реакции образования и гидролиза функциональных производных карбоновых кислот: ангидридов, галогенангидридов, сложных эфиров, амидов. Ацилирующая способность функциональных производных карбоновых кислот. Сравнительная характеристика ацилирующей способности сложных эфиров и сложных тиоэфиров карбоновых кислот; их биологическое значение. Ацетилкофермент А. Биологически важные реакции ацилирования с участием ацилфосфатов. Понятие о реакциях фосфорилирования.

Амиды карбоновых кислот. Особенности строения амидной группы. Кислотно-основные свойства амидов. Амид бензойной кислоты: гиппуровая кислота. Функциональные производные угольной кислоты: полный (мочевина) и неполный (карбаминовая кислота) амиды; их кислотно-основные свойства, биологическое значение. Биурет. Использование в медицине уретанов, уреидов кислот и уреидокислот. Иминомочевина, ее биологически важные производные (креатин, креатинфосфат).

## 2. Биологически важные поли- и гетерофункциональные соединения

### 2.1. Поли- и гетерофункциональные соединения алифатического ряда, участвующие в процессах жизнедеятельности

Классификация поли- и гетерофункциональных соединений. Кислотно-основные свойства. Типичная реакционная способность поли- и гетерофункциональных соединений. Специфические свойства, обусловленные взаимным влиянием групп: хелатообразование многоатомных спиртов,  $\alpha$ -аминоспиртов,  $\alpha$ -аминокислот, а также внутримолекулярная ( $\gamma$ - и  $\delta$ -гидроксиальдегидов,  $\gamma$ - и  $\delta$ -гидрокси- и аминокислот, дикарбоновых кислот с числом атомов углерода 4 или 5) и межмолекулярная ( $\alpha$ -гидрокси- и аминокислот) циклизация. Циклические полуацетали, циклические ангидриды, лактоны, лактамы, лактиды, дикетопиперазины. Реакции декарбоксилирования. Реакции элиминирования  $\beta$ -гидрокси- и  $\beta$ -аминокислот. Таутомерия: кетонольная и лактим-лактаманная.

Многоатомные спирты: этиленгликоль, глицерин, инозит, ксилит, сорбит. Сложные эфиры многоатомных спиртов с неорганическими кислотами (нитроглицерин, фосфаты глицерина и инозита) и высшими жирными кислотами. Дегидратация глицерина при нагревании с образованием акролеина. Качественная реакция на диольный фрагмент. Понятие о краун-эфирах как избирательных комплексообразователях.

Двухатомные фенолы: гидрохинон, резорцин, пирокатехин. Окисление двухатомных фенолов. Участие системы гидрохинон-хинон в процессах биологического окисления. Фенолы как антиоксиданты. Токоферолы.

Двухосновные карбоновые кислоты: щавелевая, малоновая, янтарная, глутаровая, фумаровая. Дегидрирование янтарной кислоты с образованием фумаровой.

Аминосспирты: 2-аминоэтанол, холин. Образование холина из L-серина. Ацетилхолин. Катехоламины: дофамин, норадреналин, адреналин.

Гидроксикислоты: молочная, яблочная, винная, лимонная кислоты. Реакции окисления молочной и яблочной кислот с участием кофермента  $\text{NAD}^+$ .



Лимонная кислота. Использование цитрата для консервирования донорской крови. Дегидратация лимонной кислоты *in vivo*.

Оксокислоты: пировиноградная, ацетоуксусная, щавелевоуксусная,  $\alpha$ -кетоглутаровая кислоты. Реакция конденсации щавелевоуксусной кислоты и ацетилкофермента А. Реакции декарбоксилирования  $\beta$ -кетомасляной кислоты и окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Кетонольная таутомерия щавелевоуксусной кислоты.

$\beta$ -Гидроксимасляная,  $\beta$ -кетомасляная кислоты, ацетон – представители кетонных тел, их биологическое и диагностическое значение.

Салициловая кислота и ее производные: ацетилсалициловая кислота, метилсалицилат, фенилсалицилат.

*n*-Аминобензойная кислота и ее производные, обладающие анестезирующим действием: анестезин, новокаин. *n*-Аминобензойная кислота как структурный компонент фолиевой кислоты. Современные анестезирующие лекарственные средства.

Сульфаниловая кислота и ее амид. Сульфаниламидные лекарственные средства. Понятие об антиметаболитах.

## 2.2. Гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов, лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств. Алкалоиды

Салициловая кислота и ее производные: ацетилсалициловая кислота, метилсалицилат, фенилсалицилат.

*n*-Аминобензойная кислота и ее производные, обладающие анестезирующим действием: анестезин, новокаин. *n*-Аминобензойная кислота как структурный компонент фолиевой кислоты. Современные анестезирующие лекарственные средства.

Сульфаниловая кислота и ее амид. Сульфаниламидные лекарственные препараты. Понятие об антиметаболитах.

Гетероциклы с одним гетероатомом: пиррол, тиофен, фуран, индол, пиридин, хинолин. Гетероциклы с несколькими гетероатомами: пиразол, имидазол, пиримидин, пурин. Электронное и пространственное строение пиррольного и пиридинового атомов азота. Ароматичность гетероциклов,  $\pi$ -избыточные и  $\pi$ -недостаточные ароматические системы. Влияние гетероатомов на реакционную способность пиррола и пиридина в реакциях электрофильного замещения. Распределение электронной плотности в молекулах пиррола и пиридина. Кислотно-основные свойства гетероциклических соединений.

Тетрапиррольное соединение порфин и его производные – порфирины, ароматичность, биологическое значение.

Фуран. Тетрагидрофуран. Фурфурол, 5-нитрофурановые производные.

Тиофен. Биотин как производное тетрагидротиофена.

Индол – структурный компонент биогенных аминов серотонина, триптамина и ряда биологически активных веществ растительного происхождения.



Имидазол. Прототропная таутомерия. Межмолекулярные водородные связи. Имидазол – структурный компонент биогенного амина гистамина. Участие имидазола в кислотном и основном катализе реакций *in vivo*.

Пиразол. Лекарственные средства на основе пиразолона-5.

Биологически важные производные пиридина: никотинамид, пиридоксаль, лекарственные средства на основе изоникотиновой кислоты. Участие никотинамида в гидридном переносе в реакциях биологического окисления.

Хинолин и лекарственные средства на его основе.

Пиримидин. Витамин В<sub>1</sub>. Барбитуровая кислота и ее производные, таутомерия барбитуровой кислоты и ее производных.

Гидроксипурины: гипоксантин, ксантин, мочевая кислота, их таутомерные формы. Соли мочевой кислоты.

Понятие об алкалоидах.

### 3. Биополимеры и их структурные компоненты.

#### Низкомолекулярные биорегуляторы

##### 3.1. Углеводы

Классификация моносахаридов: альдозы, кетозы; пентозы, гексозы. Стереои́зомерия моносахаридов. D- и L- стереохимические ряды. Открытые и циклические формы. Фуранозы и пиранозы;  $\alpha$ - и  $\beta$ - аномеры. Формулы Фишера и Хеурса. Цикло-оксо-таутомерия. Мутаротация. Конформации пиранозных форм моносахаридов. Строение наиболее важных представителей пентоз (D-рибоза, 2-дезоксид-рибоза, D-ксилоза); гексоз (D-глюкоза, D-манноза, D-галактоза, D-фруктоза). Аминосахара (D-глюкозамин, D-маннозамин, D-галактозамин), их свойства. Нейраминавая кислота, сиаловые кислоты.

Физические свойства моносахаридов.

Химические свойства моносахаридов. Нуклеофильное замещение у аномерного центра в циклических формах моносахаридов. O- и N-гликозиды. Гидролиз гликозидов. Биологически важные реакции фосфорилирования моносахаридов. Восстановительные свойства альдоз. Окисление моносахаридов: гликоновые, гликаровые, гликуроновые кислоты. Восстановление моносахаридов в глициты: ксилит, сорбит, манит; их использование в медицине. Реакции эимеризации моносахаридов, взаимопревращение альдоз и кетоз. Нуклеофильное присоединение по карбонильной группе открытой формы глюкозы (реакции гликирования белков). Аскорбиновая кислота: строение, свойства.

Биологическое значение моносахаридов и их производных.

Общая характеристика и классификация полисахаридов. Олигосахариды. Дисахариды: мальтоза, лактоза, лактулоза, сахароза, целлобиоза. Строение дисахаридов, цикло-оксо-таутомерия, восстановительные свойства, гидролиз. Конформационное строение мальтозы, целлобиозы, лактозы. Роль олигосахаридов группы лактозы в формировании непатогенной микрофлоры в кишечнике, необходимой для нормального пищеварения.

Полисахариды. Гомо- и гетерополисахариды. Гомополисахариды: крахмал, (амилоза, амилопектин), гликоген, декстраны, целлюлоза. Первичная структура полисахаридов, гидролиз, понятие о вторичной структуре (амилоза,



целлюлоза). Пектины (полигалактуроновая кислота). Плазмозамещающие растворы на основе декстрана и крахмала.

Гетерополисахариды: гиалуроновая кислота, хондроитинсульфаты. Первичная структура гетерополисахаридов. Понятие о смешанных биополимерах: протеогликаны, гликопротеины, гликолипиды.

### 3.2. Аминокислоты

Аминокислоты, входящие в состав белков. Классификация протеиногенных аминокислот с учетом различных признаков: по кислотно-основным свойствам, по химической природе радикала и содержащихся в нем заместителей (алифатические, ароматические, гетероциклические, содержащие гидроксильную, аминогруппу, карбоксильную или амидную группу, серосодержащие); по характеру радикалов (гидрофильные и гидрофобные). Строение аминокислот, номенклатура, стереоизомерия, кислотно-основные свойства, биполярная структура. Незаменимые аминокислоты.

Методы получения  $\alpha$ -аминокислот: гидролиз белков, синтез из  $\alpha$ -галогенпроизводных карбоновых кислот. Реакции восстановительного аминирования и реакции переаминирования. Пиридоксальный катализ.

Химические свойства  $\alpha$ -аминокислот как гетерофункциональных соединений. Образование внутрикомплексных солей. Реакции этерификации, ацилирования, алкилирования, дезаминирования, образования иминов. Качественные реакции  $\alpha$ -аминокислот.

Биологически важные реакции  $\alpha$ -аминокислот. Декарбоксилирование  $\alpha$ -аминокислот – путь к образованию биогенных аминов и биорегуляторов (этаноламин, гистамин, триптамин, серотонин, дофамин,  $\gamma$ -аминомасляная кислота), их биологическое значение. Понятие о нейромедиаторах. Реакции окислительного и неокислительного дезаминирования. Реакции гидроксирования (фенилаланин  $\rightarrow$  тирозин, тирозин  $\rightarrow$  3,4-дигидроксифенилаланин, триптофан  $\rightarrow$  5-гидроксириптофан, пролин  $\rightarrow$  4-гидроксипролин), участие аскорбиновой кислоты в реакциях гидроксирования аминокислот. Дезаминирование аминокислот. Окисление цистеина. Дисульфидная связь.

### 3.3. Пептиды и белки

Пептиды. Электронное и пространственное строение пептидной связи. Гидролиз пептидов. Отдельные представители пептидов: аспартам, глутатион, нейропептиды, инсулин.

Установление первичной структуры пептидов. Понятие о стратегии искусственного синтеза пептидов.

Первичная структура белков. Понятие о вторичной, третичной (домены) и четвертичной структурах белков; механизм их образования; фолдинг. Гемоглобин, гем. Понятие о сложных белках.

### 3.4. Нуклеиновые кислоты

Нуклеиновые основания: пиримидиновые (урацил, тимин, цитозин) и пуриновые (аденин, гуанин). Ароматические свойства. Лактим-лактамина таутомерия. Реакции дезаминирования.



Нуклеозиды. Нуклеотиды. Строение моонуклеотидов, входящих в состав нуклеиновых кислот. Гидролиз нуклеотидов.

Первичная структура нуклеиновых кислот. Фосфодиэфирная связь. Рибонуклеиновые и дезоксирибонуклеиновые кислоты (РНК и ДНК). Нуклеотидный состав РНК и ДНК. Гидролиз нуклеиновых кислот. Строение и свойства i-РНК, т-РНК, si-РНК.

Понятие о вторичной структуре ДНК, роль водородных связей в формировании вторичной структуры. Комплементарность нуклеиновых оснований. Водородные связи в комплементарных парах нуклеиновых оснований. Стэкинг-взаимодействие.

Лекарственные средства на основе модифицированных нуклеиновых оснований. Принцип химического подобия. Изменение структуры нуклеиновых оснований под действием химических мутагенов, ультрафиолетового излучения и радиации.

Нуклеозидмоно- и полифосфаты. Аденозинмонофосфат (АМФ), аденозиндифосфат (АДФ), аденозинтрифосфат (АТФ). Роль АТФ как аккумулятора и переносчика энергии в клетке. Макроэргическая связь. Нуклеозидциклофосфаты (цАМФ и цГМФ) как вторичные посредники в регуляции метаболизма клетки. Понятие о коферментах. Строение  $NAD^+$  и его фосфата  $NADP^+$ . Система  $NAD^+ - NADH$ ; гидридный перенос как одна из стадий биологических реакций окисления – восстановления с участием этой системы.

### 3.5. Липиды

Классификация, биологическое значение липидов. Нейтральные жиры. Понятие о строении восков. Основные природные высшие жирные кислоты, входящие в состав липидов: пальмитиновая, стеариновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, арахидоновая. Особенности ненасыщенных высших жирных кислот,  $\omega$ -номенклатура. Роль свободных жирных кислот в энергообеспечении и терморегуляции.

Фосфолипиды. Фосфатидилэтаноламины и фосфатидилсерины, фосфатидилхолины (лецитины), фосфатидилинозитолы – структурные компоненты клеточных мембран. Понятие о составе и роли сурфактанта.

Сфинголипиды и гликолипиды, их роль в миелинизации нервных волокон. Прогоркание жиров – цепной свободнорадикальный процесс как модель пероксидного окисления ненасыщенных жирных кислот в клеточных мембранах, его механизм и биологическая роль. Роль пероксидного окисления липидов мембран в реализации повреждающего действия факторов окружающей среды. Понятие о системах антиоксидантной защиты.

### 3.6. Низкомолекулярные биорегуляторы

Понятие о биологически активных соединениях. Значение пространственной структуры и физико-химических свойств биорегуляторов в их взаимодействии с рецепторами и реализации действия на молекулярном уровне.

Стероиды. Гонан (стеран, циклопентанпергидрофенантрен), стереохимическое строение 5 $\alpha$ - и 5 $\beta$ -стеранового скелета. Физические свойства стероидов. Родоначальные структуры стероидов: эстран, андростан, прегнан, холан, холестеран.



Стероидные гормоны (эстрогены, андрогены, гестагены, кортикостероиды), строение, биологическая роль.

Желчные кислоты (холевая, гликохолевая, таурохолевая), реакции взаимодействия с таурином и глицином, биологическая роль.

Холестерин – представитель стеринов, его конформационное строение. Свойства холестерина, роль в обмене и структуре мембран, в развитии сердечно-сосудистой патологии. 7-Дегидрохолестерин, превращение в витамин Д<sub>3</sub>.

Эргостерин, превращение его в эргокальциферол. Роль витаминов группы Д в регуляции кальций-фосфорного обмена.

Алкалоиды. Ботаническая и химическая классификация алкалоидов. Алкалоиды как яды и лекарственные средства. Строение и действие на организм человека никотина, хинина, папаверина, морфина, атропина. Метилированные производные ксантина (теобромин, теofilлин, кофеин) и их применение в медицине.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»  
ХИМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОСТИ 7-07-0911-06 «ПЕДИАТРИЯ»**

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов				Самостоятельная работа студента	Формы контроля знаний
		лекций (в т.ч. УСР)	УСР	лабораторных			
				2	1		
<b>1 семестр</b>							
1.	<b>Теоретические основы строения и общие закономерности реакционной способности органических соединений</b>	2	1	21	14		
1.1	Введение в учебную дисциплину «Биоорганическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений	-	-	3	2		Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
1.2	Химическая связь и взаимное влияние атомов в органической молекуле	-	-	3	2		Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
1.3	Пространственное строение и стереоизомерия органических молекул	2	1	3	2		Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; электронные тесты



1.4	<p>Реакционная способность углеводородов. Реакции радикального замещения, электрофильного присоединения, электрофильного замещения</p>	-	-	3	2	<p>Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты</p>
1.5	<p>Кислотно-основные свойства органических соединений Реакции нуклеофильного замещения у тетрагонального атома углерода и конкурентные им реакции элиминирования</p>	-	-	3	2	<p>Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты</p>
1.6	<p>Реакционная способность альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения к карбонильным соединениям</p>	-	-	3	2	<p>Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты</p>
1.7	<p>Реакционная способность карбоновых кислот и их функциональных производных. Реакции нуклеофильного замещения у тригонального атома углерода. Итоговое занятие «Теоретические основы строения и реакционной способности основных классов органических соединений»</p>	-	-	3	2	<p>Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты. Контрольная работа</p>
2.	<p><b>Биологически важные поли- и гетерофункциональные соединения</b></p>	2	1	6	6	
2.1	<p>Поли- и гетерофункциональные соединения алифатического ряда, участвующие в процессах жизнедеятельности</p>	2	1	3	3	<p>Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты</p>

2.2	Гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов, лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств. Алкалоиды	-	-	3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
3.	<b>Биополимеры и их структурные компоненты.</b> <b>Низкомолекулярные биорегуляторы</b>	8	2	27	22	
3.1	Углеводы. Моносахариды	2	0,5	3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
3.1	Углеводы. Олиго- и полисахариды			3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
3.2	Аминокислоты	2	0,5	3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
3.3	Пептиды и белки			3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты



3.4	Нуклеиновые кислоты	-	-	3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
3.5	Липиды	2	0,5	3	3	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
3.6	Низкомолекулярные биорегуляторы	2	0,5	3	4	Собеседование; тесты; контрольный опрос; письменные отчеты по аудиторным (домашним) практическим упражнениям с их устной защитой; письменные отчеты по лабораторным работам с их устной защитой; электронные тесты
	Итоговое занятие «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды»	-	-	3	-	Доклады на конференциях; публикации статей. Электронные тесты. Контрольная работа
	Итоговое занятие «Строение и свойства отдельных классов органических соединений. Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды. Алкалоиды»	-	-	3	-	Собеседование, экзамен
	<b>Всего часов</b>	<b>12</b>	<b>4</b>	<b>54</b>	<b>42</b>	

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### ЛИТЕРАТУРА

#### Основная:

1. Биоорганическая химия : учебное пособие / О. Н. Ринейская [и другие.]. – Минск : Новое знание, 2022. – 280 с.

#### Дополнительная:

2. Биоорганическая химия : руководство к практическим занятиям : учебное пособие / под редакцией Н. А. Тюкавкиной. – Москва : Гэотар-Медиа, 2020. – 165 с.
3. Биологическая и биоорганическая химия : в 2 книгах : учебник. Книга 1. Биоорганическая химия / Б. С. Зименковский, В. А. Музыченко, И. В. Ниженковская, О. А. Сыровая ; под редакцией Б. С. Зименковского, И. В. Ниженковской. – 2-е изд. – Киев : Всеукраинское специализированное издательство «Медицина», 2018. – 296 с.
4. Задачи с алгоритмами решений по биоорганической химии : учебно-методическое пособие / О. Н. Ринейская [и другие.]. – Минск : БГМУ, 2020. – 115 с.
5. Биоорганическая химия : учебник для вузов / И. В. Романовский [и другие.]. – Минск : Новое знание ; Москва : ИНФРА-М, 2015. – 504 с.
6. Тюкавкина, Н. А. Биоорганическая химия : учебник для вузов / Н. А. Тюкавкина, Ю. И. Бауков, С. Э. Зурабян. – Москва : Гэотар-Медиа, 2014. – 411 с.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Время, отведенное на самостоятельную работу, может использоваться обучающимися на:

- конспектирование учебной литературы;
- подготовку к лабораторным занятиям;
- подготовку к экзамену по учебной дисциплине;
- проработку тем (вопросов), вынесенных на самостоятельное изучение;
- изучение тем и проблем, не выносимых на лекции и лабораторные занятия;
- выполнение исследовательских и творческих заданий; составление обзора научной литературы по заданной теме;
- подготовку тематических докладов, рефератов, презентаций;
- оформление информационных и демонстрационных материалов (стенды, плакаты, графики, таблицы, газеты и пр.);
- изготовление макетов, лабораторно-учебных пособий;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников.



## МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ И ВЫПОЛНЕНИЮ УПРАВЛЯЕМОЙ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

### **Основные формы организации управляемой самостоятельной работы:**

написание и презентация реферата;  
выступление с докладом;  
изучение тем и проблем, не выносимых на лекции;  
компьютерное тестирование;  
составление тестов студентами для организации взаимоконтроля;  
изготовление дидактических материалов;  
подготовка и участие в активных формах обучения.

### **Контроль управляемой самостоятельной работы осуществляется в виде:**

компьютерного тестирования;  
контрольной работы;  
итогового занятия, коллоквиума в форме устного собеседования,  
письменной работы, тестирования;  
обсуждения рефератов;  
оценки устного ответа на вопрос, сообщения, доклада;  
проверки рефератов;  
индивидуальной беседы.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ**

Для диагностики компетенций используются следующие формы:

#### **Устная форма:**

собеседования;  
доклады на конференциях.

#### **Письменная форма:**

тесты;  
контрольные опросы;  
контрольные работы;  
публикации статей.

#### **Устно-письменная форма:**

отчеты по аудиторным практическим упражнениям с их устной защитой;

отчеты по домашним практическим упражнениям с их устной защитой;  
отчеты по лабораторным работам с их устной защитой.

#### **Техническая форма:**

электронные тесты.

### ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ

Линейный (традиционный) метод (лекция, практические, лабораторные и семинарские занятия);  
 активные (интерактивные) методы:  
 проблемно-ориентированное обучение PBL (Problem-Based Learning);  
 командно-ориентированное обучение TBL (Team-Based Learning);  
 научно-ориентированное обучение RBL (Research-Based Learning).

### ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ НАВЫКОВ

1. Определение принадлежности органического соединения к определенному классу по его структурной формуле.
2. Составление названия органического соединения (по номенклатуре IUPAC) по его структурной формуле.
3. Составление структурной формулы соединения по его названию по номенклатуре IUPAC.
4. Прогнозирование наиболее характерных химических свойств соединения и его реакционной способности исходя из наличия функциональных групп и реакционных центров в органической молекуле.
5. Определение pH среды с использованием различных индикаторов.
6. Проведение сравнительной оценки силы кислот и оснований на основе справочных данных ( $K_a$ ,  $pK_a$ ,  $K_b$ ,  $pK_b$ ,  $K_{BH^+}$ ,  $pK_{BH^+}$ ).
7. Проведение качественных реакций на обнаружение кетоновых тел, альдегидов, многоатомных спиртов, одно- и многоатомных фенолов,  $\alpha$ -аминокислот, белков, неперелых соединений, крахмал.
8. Проведение реакции на доброкачественность аспирина.
9. Определение в структуре биологически значимых молекул гидрофильных и гидрофобных участков, способности данных молекул распределяться в средах организма человека.
10. Проведение безопасной работы в химической лаборатории: обращения с химической посудой, горелкой, ядовитыми и летучими веществами.

### ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗУЕМОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Вытяжные шкафы, лабораторная посуда, реактивы, спиртовые горелки, весы лабораторные, водяная баня, доска учебная, компьютер, телевизор.



### ПЕРЕЧЕНЬ ЛЕКЦИЙ

1. Пространственное строение органических молекул и стереоизомерия.
2. Поли- и гетерофункциональные соединения, участвующие в процессах жизнедеятельности и лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств.
3. Углеводы.
4. Аминокислоты, пептиды, белки.
5. Липиды.
6. Низкомолекулярные биорегуляторы.

### ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Введение в учебную дисциплину «Биоорганическая химия». Классификация и номенклатура органических соединений.
2. Химическая связь и взаимное влияние атомов в органической молекуле.
3. Пространственное строение и стереоизомерия органических молекул.
4. Реакционная способность углеводородов. Реакции радикального замещения, электрофильного присоединения, электрофильного замещения.
5. Кислотно-основные свойства органических соединений. Реакции нуклеофильного замещения у тетрагонального атома углерода и конкурентные им реакции элиминирования.
6. Реакционная способность альдегидов и кетонов. Реакции нуклеофильного присоединения к карбонильным соединениям.
7. Реакционная способность карбоновых кислот и их функциональных производных. Реакции нуклеофильного замещения у тригонального атома углерода. Итоговое занятие «Теоретические основы строения и реакционной способности основных классов органических соединений».
8. Поли- и гетерофункциональные соединения алифатического ряда, участвующие в процессах жизнедеятельности.
9. Гетерофункциональные соединения бензольного и гетероциклического рядов, лежащие в основе важнейших групп лекарственных средств. Алкалоиды.
10. Углеводы. Моносахариды.
11. Углеводы. Олиго- и полисахариды.
12. Аминокислоты.
13. Пептиды и белки.
14. Нуклеиновые кислоты.
15. Липиды.
16. Низкомолекулярные биорегуляторы.
17. Итоговое занятие «Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды».
18. Итоговое занятие «Строение и свойства отдельных классов органических соединений. Биополимеры и их структурные компоненты. Липиды. Алкалоиды».

**ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ**

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Медицинская химия	Кафедра общей химии	Предложений нет	протокол №13 от 12.05.2023
2. Биологическая химия	Кафедра биологической химии	Предложений нет	протокол №13 от 12.05.2023



## СОСТАВИТЕЛИ:

Заведующий кафедрой биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент

О.Н.Ринейская

Доцент кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, доцент

С.В.Глинник

Профессор кафедры биоорганической химии учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет», кандидат медицинских наук, профессор

И.В.Романовский

Оформление учебной программы и сопроводительных документов соответствует установленным требованиям.

Декан педиатрического факультета учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

27.06 2023

Е.К.Филипович

Методист отдела научно-методического обеспечения образовательного процесса учреждения образования «Белорусский государственный медицинский университет»

27.06 2023

А.П.Погорелова