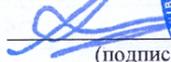


Белорусский государственный университет

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе

  
(подпись) **А.Л. Голстик**  
**И.О. Фамилия**

**02.07.2015**  
(дата утверждения)

Регистрационный № УД- 105 /уч.

**БИОХИМИЯ**

**Учебная программа учреждения высшего образования  
по учебной дисциплине для специальностей:**

<u>1-31 05 02</u>	<u>Химия лекарственных соединений;</u>
<u>1-31 05 03</u>	<u>Химия высоких энергий;</u>
<u>1-31 05 04</u>	<u>Фундаментальная химия;</u>
<u>1-31 05 01</u>	<u>Химия (по направлениям)</u>
по направлениям специальности	
<u>1-31 05 01-03</u>	<u>Химия (фармацевтическая деятельность);</u>
<u>1-31 05 01-04</u>	<u>Химия (охрана окружающей среды)</u>

2015 г.

Учебная программа составлена на основе образовательных стандартов ОСВО 1-31 05 02-2013, ОСВО 1-31 05 03-2013 и

ОСВО 1-31 05 04-2013 от 30.08.2013 г; образовательного стандарта ОСВО 1-31 05 01 от 30.08.2013 г. и учебных планов G31-153/уч и G31-154/уч от 30.05.2013 г.

по специальностям 1-31 05 01 Химия (по направлениям), 1-31 05 02 Химия лекарственных соединений, 1-31 05 03 Химия высоких энергий, 1-31 05 04 Фундаментальная химия

**СОСТАВИТЕЛИ:**

В.М. Шкуматов, профессор кафедры высокомолекулярных соединений Белорусского государственного университета, доктор биологических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси

**РЕЦЕНЗЕНТЫ:**

кафедра биотехнологии и биоэкологии Учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

С.А. Усанов, директор Государственного научного учреждения «Институт биоорганической химии НАН Беларуси», доктор химических наук, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси

**РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:**

Кафедрой высокомолекулярных соединений Белорусского государственного университета

(протокол № 13 от 19 мая 2015);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета

(протокол № 6 от 29 июля 2015);

Учебно-методической комиссией химического факультета Белорусского государственного университета

(протокол № 6 от 28 мая 2015)

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### **Цели и задачи учебной дисциплины**

**Цель** изучения учебной дисциплины «Биохимия» — приобретение фундаментальных *знаний* о химической структуре биогенных низко- и высокомолекулярных соединений, их физико-химических свойствах, методах выделения, идентификации и анализа, биологических функциях, ферментативном катализе и метаболизме биогенных соединений, путях биологической регуляции метаболизма, а также приобретение студентами ряда *навыков* выделения и анализа природных соединений.

**Задачи** учебной дисциплины «Биохимия»:

- сформировать структурированные знания о химической структуре основных классов биогенных соединений (аминокислот, пептидов и белков, нуклеиновых оснований, нуклеозидах, нуклеиновых кислотах; сахарах, липидах, витаминах и коферментах), принципах их классификации, а также их физико-химических свойствах и их биологических функциях; знания о методах выделения и анализа;
- сформировать знания об основах ферментативного катализа, об особенностях структурной организации и классах ферментов, механизмах их действия и основах кинетики ферментативных процессов; о метаболических путях превращений биогенных соединений и об их регуляции;
- привить базовые навыки разделения и очистки соединений биологического происхождения, определения их физико-химических свойств с использованием различных физико-химических методов.

### **Место учебной дисциплины и связи с другими учебными дисциплинами**

Дисциплина «Биохимия» связана с дисциплинами «Органическая химия», «Аналитическая химия», «Физическая химия» и «Высокомолекулярные соединения», «Бионеорганическая химия», «Биотехнология».

### **Требования к освоению учебной дисциплины «Биохимия»**

В результате изучения учебной дисциплины «Биохимия» обучаемый должен

**знать:**

- основные понятия биохимии;
- структуру и свойства белков, нуклеиновых кислот, углеводов, а также низкомолекулярных биорегуляторов;
- основные биосинтетические и метаболические пути;

**уметь:**

- использовать знания о закономерностях биосинтеза и метаболизма, о структуре и свойствах белков, нуклеиновых кислот, углеводов и низкомолекулярных биорегуляторов в научной, педагогической и производственной деятельности;

**владеть:**

- методами исследования структуры и функций белков, ферментов и низкомолекулярных биорегуляторов.

Учебная дисциплина «Биохимия» предусматривает **очную** форму получения высшего образования и преподается в течение **6 и 7-го семестров**. Программа рассчитана на **224 часа**, в том числе **100 аудиторных часов: 40 лекционных часов, 30 часов семинарских занятий, 30 часов лабораторных занятий; 124 часа** отводится для **самостоятельной работы** студентов.

**Формы текущей аттестации по учебной дисциплине «Биохимия»**

Текущая аттестация студентов осуществляется путем выставления оценок по результатам опроса на лекциях, коллоквиумов, письменных тестов, тематических контрольных работ и рефератов, защиту лабораторных работ.

## СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

### 1. Предмет и задачи биохимии

Предмет и задачи биохимии. Объекты биохимических исследований. Разделы биохимии (биологической химии): статическая биохимия, динамическая биохимия, функциональная биохимия. Исторический очерк возникновения и развития биохимии. Химия природных (биогенных) соединений и физиологическая химия. Связь биохимии с молекулярной биологией, биоорганической и бионеорганической химией, биотехнологией, генетической инженерией. Комплекс дисциплин физико-химической биологии.

### 2. Аминокислоты, пептиды, белки

#### *Аминокислоты*

Структурные типы биогенных аминокислот: аминокарбоксикислоты ( $\alpha$ -аминокислоты, D- и L-изомеры;  $\beta$ -аланин,  $\gamma$  аминomásляная кислота) и другие (аминосulьфокислота таурин, пара-аминобензойная кислота).

Кислотно-основные свойства аминокислоты, амфотерность, цвиттер-ионы, константы кислотности  $pK_a$  и изоэлектрическая точка  $pI$ .  $\alpha$ -Аминокислоты, их номенклатура (одно- и трех-буквенные сокращенные обозначения). Классификация по физико-химическим свойствам (гидрофобность, суммарный заряд, химическая природа боковых радикалов).

Биологические функции аминокислот (структурные компоненты пептидов и белков, структурные компоненты природных соединений непептидной природы (кофермент А, фосфотидилсерин), сигнальные молекулы или их предшественники, источники углерода и азота для биосинтеза различных соединений). Протеиногенные и непротеиногенные аминокислоты, модифицированные аминокислотные остатки в составе белков. Незаменимые и заменимые для млекопитающих аминокислоты.

Примеры превращения аминокислот в организме млекопитающих.

Биосинтез заменимых аминокислот.

Химическая и ферментативная модификация аминокислот по  $\alpha$ -аминогруппе,  $\alpha$ -карбоксильной группе, боковому радикалу. Качественные реакции на аминокислоты. Методы количественного определения аминокислот. Основные методы разделения аминокислот: хроматография (бумажная, тонкослойная, ионообменная), высоковольтный электрофорез.

Примеры использования аминокислот в качестве лекарственных препаратов.

#### *Пептиды и белки: структура и биологические функции*

Общая структура пептидов и белков. Критерии отличия пептидов от белков (молекулярная масса  $< 10$  кДа или число аминокислотных остатков в цепи  $< 50$ ). Пептидная (амидная) связь и ее мезомерия (резонансная стабилизация). Валентные связи и углы между аминокислотными остатками

в пептидах. Разрешенные и запрещенные конформации аминокислотных остатков в пептидной цепи. Транс-конформация пептидной связи. Цис- и транс-конформация остатка пролина в пептидах. Общие физико-химические свойства пептидов.

Биологические функции пептидов: пептидные гормоны (вазопрессин, окситоцин, ангиотензины), нейропептиды, энкефалины, эндорфины, защитные пептиды (дефенсины, карнозин).

Примеры использования пептидов в качестве лекарственных препаратов.

Белки. Четыре уровня организации структур белков.

Первичная структура белка, её характерные признаки: линейность и генетическая предопределенность. Установления первичной структуры белка.

Вторичная структура белка, регулярность как её характерное свойство. Стабилизация вторичной структуры водородными связями между пептидными группами. Основные типы вторичной структуры: правозакрученная  $\alpha$ -спираль (период идентичности, величина витка, расположение внутримолекулярных водородных связей); левозакрученная спираль коллагена;  $\beta$ -слои (параллельные, антипараллельные и смешанные). Нерегулярные и слабо упорядоченные элементы вторичной структуры. Устойчивые сочетания типов вторичной структуры (супервторичная структура белков):  $\beta$ -бочонок ( $\beta$ -барабан), « $\alpha$ -спираль -  $\beta$ -поворот -  $\alpha$ -спираль», «цинковые пальцы», «лейциновая молния».

Третичная структура белка. Уникальность третичной структуры. Стабильность третичной структуры и определяющие её силы: силы Ван-дер-Ваальса, водородные связи, электростатические взаимодействия, ковалентные связи (дисульфидные связи), гидрофобные взаимодействия.

Взаимосвязь между первичной, вторичной и третичной структурами, возможность и способы расчета третичной структуры.

Четвертичная структура белка как надмолекулярный уровень пространственной организации. Взаимодействия между отдельными субъединицами, стабилизирующие четвертичную структуру. Организация межсубъединичных контактов. Функциональное значение четвертичной структуры белка. Кооперативность. Надмолекулярные белковые ансамбли.

Несколько структурно-структурно функциональных единиц из одной полипептидной цепи – доменные белки. Понятие домен и особенности пространственной организации и функционирования доменных белков. Относительная структурная обособленность и функциональная автономность доменов. Эволюционное значение доменной организации белков. Роль доменной организации в функционировании иммуноглобулинов.

Семейства и суперсемейства белков, примеры суперсемейств (цитохромы P450, иммуноглобулины, ДНК-связывающие белки, серпины (белки-ингибиторы сериновых протеаз)).

Общие свойства трехмерной структуры мембранных белков.

Общие свойства трехмерной структуры глобулярных белков (гидрофобное ядро глобулы, ограниченность числа типов структур), классы глобулярных белков ( $\alpha$ - и  $\beta$ -глобулярные белки).

Сложные белки. Простетическая группа. Общая характеристика основных классов сложных белков. Гликопротеины и протеогликаны. Липопротеины. Нуклеопротеины. Металлопротеины. Селенопротеины.

Нативная (природная) структура белка. Фолдинг белков: концепция стадийного сворачивания белков (каркасная модель).

Денатурация белков: определение, механизмы. Обратимая и необратимая денатурация. Физические и химические денатурирующие факторы. Ренатурация и ренативация.

Значение различных уровней структуры белков для сохранения их биологических функций белков.

Примеры белков с измененной первичной структурой и связанные с ними наследственные протеинопатии.

#### *Пептиды и белки: методы анализа*

Зависимость физико-химических свойств от структуры белков и пептидов. Химический синтез пептидов.

Методы выделения и очистки белков. Общая схема выделения белков из клеток и тканей. Гомогенизация. Хроматография. Электрофорез. Диализ. Седиментационные методы. Ультрафильтрация. Аффинные методы. Иммунохимические подходы к выделению и анализу белков.

Определение аминокислотного состава пептидов и последовательности аминокислот в пептидах (химическое секвенирование и масс-спектрометрия).

Региоселективные ферментативные и химические способы расщепления полипептидной цепи белков. Определение молекулярной массы белков, микрогетерогенность и ее причины (изоформы, модификации при выделении).

Компьютерные алгоритмы сравнения первичных структур пептидов и белков

Методы изучения вторичной структуры (дисперсия оптического вращения и круговой дихроизм). Компьютерные алгоритмы предсказания вторичной структуры белка по его первичной структуре. Взаимосвязь между первичной и вторичной структурой белка.

Методы изучения пространственного строения белков: рентгеноструктурный анализ, нейтронная дифракция, многомерная ЯМР-спектроскопия, малоугловое рентгеновское рассеивание (SAXS).

Методы исследования взаимосвязи структуры и функции белков: химическая модификация аминокислотных остатков, сайт-направленный мутагенез, меченные и фотоактивируемые лиганды.

### **3. Основы энзимологии**

Ферменты (энзимы) как катализаторы белковой природы. Особенности действия ферментов: высокая эффективность, специфичность, мягкие условия протекания реакции, способность к регуляции. Количественное определение ферментативной активности (по убыли субстрата и по нарастанию продукта), способы её выражения.

Международная классификация ферментов (КФ). Общая характеристика основных классов ферментов: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы (синтетазы). Систематическое и тривиальное название фермента. Изоферменты.

Основные понятия ферментативного катализа. Общий механизм ферментативного катализа. Многостадийность ферментативной реакции и последовательные этапы катализа: Фермент-субстратный комплекс. Модели взаимодействия субстрата с ферментом: «ключ-замок» и «индуцированного соответствия». Активный центр фермента, его субстрат-связывающий и каталитический участки, образование на уровне третичной или четвертичной структуры. Специфичность ферментов. Реакционная и субстратная специфичность. Абсолютная и относительная (групповая) специфичность. Ключевой момент катализа - стабилизация продуктивного переходного состояния. Подтверждение значения стабилизации переходного состояния методами белковой инженерии. Кислотно-основной катализ и ковалентный катализ. Ферменты как катализаторы общего кислотного и общего основного типа.

Основные положения кинетики ферментативного катализа. Влияние концентрации фермента, концентрации субстрата, pH и температуры среды на скорость ферментативной реакции. Модель ферментативного катализа Михаэлиса - Ментен. Максимальная скорость ферментативной реакции ( $V_{max}$ ) и константа Михаэлиса ( $K_m$ ). Способы их определения: графический (гиперболический график, метод Лайниувера - Берка, метод Иди-Хофсти) и расчетный с использованием компьютерных программ. Константа  $k_{cat} = V_{max}/K_m$  как показатель каталитической эффективности фермента. Мультисубстратные реакции. Отклонения от кинетики Михаэлиса - Ментен. Сигмоидная кинетическая кривая, модель Хилла.

Механизмы катализа реакций ферментами, функционирующими с участием кофакторов. Кофакторы и коферменты: химическая природа коферментов, витамины как коферменты и их метаболические предшественники. Специфичность коферментов для определенного типа реакций. Окислительно-восстановительные коферменты. Коферменты переноса групп. Растворимые и ковалентно-связанные коферменты. Активированные метаболиты (УДФ-глюкоза, ЦДФ-холин, S-аденозил-метионин).

Механизмы катализа ферментами, не содержащими кофактор/кофермент (сериновые протеиназы, триозофосфатизомераза, рибонуклеаза).

Роль ионов металлов в ферментативном катализе. Металлоферменты и ферменты, активизируемые металлами. Тройные комплексы «фермент - металл - субстрат».

Каскады ферментов: понятие и примеры (система свертывания крови, каспазный каскад; аденилатциклазный).

Прямая регуляция скорости ферментативной реакции. Регуляция посредством доступности субстратов или кофакторов/коферментов, ковалентной модификацией фермента, аллостерическая регуляция.

Ингибиторы ферментов. Обратимые и необратимые ингибиторы. Типы обратимого ингибирования. Кинетика ингибирования, понятие о кажущейся константе ингибирования. Конкурентное ингибирование: аналоги субстрата, аналоги переходного состояния. Неконкурентное ингибирование: истинное и смешанное. Бесконкурентное ингибирование. Кинетики ингибирования. Понятие о кажущейся константе Михаэлиса. Типы необратимого ингибирования. Модифицирующие реагенты и суицидные субстраты.

Примеры использования ингибиторов ферментов как лекарственных препаратов.

Энзимодиагностика. Молекулярные основы возможности диагностики приобретенных и наследственных заболеваний с помощью анализа активности и спектра ферментов в биологических пробах.

Примеры ферментов, используемых в качестве лекарственных препаратов, заместительная терапия.

#### **4. Нуклеиновые основания, ДНК и РНК**

##### *Нуклеиновые (азотистые) основания*

Азотистые основания, нуклеозиды и нуклеотиды: строение, принципы классификации, номенклатура, биологическая роль. Биосинтез пуриновых и пиримидиновых азотистых оснований. Общие физико-химические свойства и методы анализа азотистых оснований и нуклеотидов.

##### *Дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)*

ДНК, ее локализация в клетке и биологическая функция.

Первичная структура ДНК. Вторичная структура ДНК. Антипараллельность. Суперспирализация. Денатурация и ренатурация ДНК. Гибридизация ДНК-ДНК, ДНК-РНК. Взаимодействие ДНК с ДНК-связывающих белками (участки «спираль - виток - спираль», «лейциновые молнии», «цинковые пальцы»). Особенности первичной и пространственной структуры гистонов. Роль гистонов в формировании нуклеосом. Нуклеосомная сердцевина. Линкерная ДНК. Дальнейшая упаковка ДНК: соленоиды, петли и складки. Строение хроматина. Эухроматин и гетерохроматин. Хромосомы. Ковалентная модификация белков класса гистонов и ее роль в регуляции структуры и активности хроматина.

Репликация ДНК. Общие принципы. Инициация репликации. Топоизомеразы I, II, хеликаза их роль в релаксации сверхвитков ДНК.

Двунаправленная репликация, устройство репликативной вилки. Типы ДНК-полимераз и их функции. Ленточная модель скользящих зажимов. Праймер. Фрагменты Оказаки. Механизмы исправления ошибок репликации. Терминация репликации. Теломеры и теломераза, их биологическое значение.

Повреждения ДНК и их репарация в живых организмах. Биологическое значение процессов репарации генетической информации. Причины повреждения ДНК: ошибки репликации, депуринизация, дезаминирование и алкилирование оснований, образование пиримидиновых димеров. Природа мутаций и генетическая изменчивость. Молекулярные мутации: замены, делеции, вставки нуклеотидов. Частота мутации, зависимость от условий среды (радиация, химические мутагены). Способы репарации ДНК: зависимость от метилирования, прямая, с вырезанием нуклеотида, эксцизионная, в процессе репликации.

Ген как функциональная единица ДНК. Генетический код. Понятие о геноме. Особенности организации генома эукариот, мозаичность структурных генов, промоторы, операторы, энхансеры и сайленсеры. Три типа эукариотических генов. Цис- и транс-элементы.

#### *Рибонуклеиновая кислота (РНК)*

РНК. Рибосомные, транспортные и матричные РНК, их первичная, вторичная и третичная структуры. Типы РНК: матричная (мРНК), транспортная (тРНК), рибозимы.

Передача кода ДНК на РНК (биосинтез РНК или транскрипция): субстраты, матрица кодирующая и некодирующая цепи ДНК, энергетические затраты, ферменты, белковые факторы. Этапы транскрипции, характеристика процесса. Расплетание ДНК и синтез РНК. Терминация транскрипции, стоп-сигналы. Особенности транскрипции у эукариот: РНК-полимераза I, II, III; промоторы: СААТ-бокс, GC-бокс, ТАТА-бокс. Энхансерный элемент. Дополнительные факторы транскрипции.

Посттранскрипционная модификация различных классов РНК, созревание РНК. Сплайсинг-РНК, интроны и экзоны. Кэпирование, образование полиаденилового хвоста, алкилирование нуклеотидов. Сайт ветвления. Расщепление ДНК и РНК нуклеазами и рестриктазами. Полимеразная цепная реакция.

Передача (трансляция) кода мРНК на белковую последовательность. Кодоны: иницирующие, кодирующие и стоп- (нон-сенс) кодоны. Этапы трансляции: инициация, элонгация, транслокация, терминация. Инициация (образование аминоацил-т-РНК, аминоацильный и пептидильный участки). Элонгация: образование пептидной связи. Транслокация и транслоказа. Терминация и факторы освобождения белка. Особенности синтеза белка у эукариот. Посттрансляционные гидролитические и негидролитические модификации белков и пептидов. Убиквитин-зависимая полная гидролитическая деградация белков.

## 5. Углеводы (моно-, олиго, полисахариды)

Основные структурные типы природных углеводов (сахаров): моносахариды. Аминосахара. Олигосахариды. Полигликаны. Гетерогликаны. Протеогликаны. Гликозаминогликаны.

Основные пути обмена и утилизации глюкозы в клетке. Фосфорилирование глюкозы как начальная стадия основных путей её обмена. Гексокиназа и глюкокиназа: локализация в организме, различия в функциональны и физико-химических свойствах, особая роль глюкокиназы, механизмы регуляции активности глюкокиназы и гексокиназы в клетке. Гликоген, метаболические пути его биосинтеза и мобилизации.

Гликолиз: биологическая роль, общая схема процесса, последовательность реакций, обратимые и необратимые реакции, характеристика ферментов, лимитирующие стадии. Энергетический эффект гликолиза при наличии и в отсутствие сопряжения гликолиза с функционированием общего пути катаболизма и системы окислительного фосфорилирования. Особенности катаболизма галактозы и фруктозы у человека.

## 6. Липиды

### *Жирные кислоты*

Строение и биологические функции высших жирных кислот. Незаменимые высшие жирные кислоты (ВЖК). Метаболизм высших жирных кислот (ВЖК). Этапы катаболизма ВЖК. Активация ВЖК, строение, свойства и механизм действия ацил-КоА-синтетазы, регуляция её активности. Дальнейшая судьба ацил-КоА. Типы окисления ВЖК:  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\omega$ -окисление. Механизм транспорта ацил-КоА через мембрану митохондрий, карнитин, строение, механизм действия и регуляция активности ацилкарнитинтрансфераз. Митохондриальное  $\beta$ -окисления ВЖК: последовательность реакций, характеристика ферментов, структурно-функциональная организация процесса, сопряжение с циклом трикарбоновых кислот и окислительным фосфорилированием. Особенности митохондриального  $\beta$ -окисления ненасыщенных ВЖК и ВЖК с нечетным числом атомов. Пероксисомальное  $\beta$ -окисление. Механизмы образования непредельных ВЖК в организме человека. Ацил-КоА-оксигеназа. Структура, регуляция активности и экспрессии и функционирование десатураз жирных кислот. Эйкозаноиды: определение, классификация, характеристика, пути биосинтеза и биологические функции отдельных представителей (простагландины, тромбоксаны, простаглицлин, лейкотриены). Ингибиторы синтеза эйкозаноидов как лекарственные препараты.

### *Холестерин и его производные*

Холестерин: химическое строение, функции, принципы классификации. Пути поступления, использования и выведения холестерина. Аналоги холестерина в растениях и грибах. Биосинтез холестерина, его этапы, последовательность реакций, характеристика ферментов, лимитирующие стадии. Значение промежуточных метаболитов биосинтеза холестерина для образования убихинона и долихола. Регуляция биосинтеза холестерина. Ингибиторы биосинтеза холестерина как лекарственные препараты. Производные холестерина и их биологические функции: Желчные кислоты: химическое строение, классификация, биосинтез, роль желчных кислот в переваривании и всасывании жиров. Стероидные гормоны: строение, номенклатура. Ферменты биосинтеза. Оксистеролы.

#### *Сложные липиды млекопитающих*

Сложные липиды: глицеролипиды, сфинголипиды, гликолипиды, эфиры холестерина. Фосфолипиды (глицерофосфолипиды и сфингофосфолипиды): функция, основные принципы строения, физико-химические свойства. Синтез триглицеридов и глицерофосфолипидов: последовательность реакций, характеристика ферментов, источники глицерина и жирных кислот, механизмы регуляции. Обмен сфинголипидов, синтез церамида и его производных, наследственные и приобретенные нарушения метаболизма сфинголипидов. Кардиолипиды. Плазмалогены и гликолипиды.

Триацилглицеролы и эфиры стероидов: строение, биологические функции, локализация в организме. Ресинтез триацилглицеринов и образование эстерифицированного холестерина.

Внеклеточный транспорт липидов. Липопротеины плазмы крови человека: определение, принципы структурной организации, классификация.

## **7. Биологические мембраны**

Основные мембраны клетки (плазматическая, митохондриальная, эндоплазматического ретикулума, ядра) и их функции. Амфифильные липиды, их поведение в водной фазе и образование липидного бислоя. Белки мембран, интегральные и периферические мембранные белки. Функции мембранных белков. Два основных пути биосинтеза мембранных белков.

Архитектоника и общие свойства мембран. Мозаичная модель. Подвижность. Асимметрия липидов и белков в составе мембраны. Избирательная проницаемость мембран.

Механизмы переноса веществ через мембраны. Активный транспорт: унипорт, симпорт, антипорт. Пассивный транспорт: простая и облегченная диффузия.

Повреждение компонентов мембран активными формами кислорода (АФК). Типы АФК, их источники в организме, механизмы повреждения белков и липидов. Перекисное окисление липидов (ПОЛ). Защита липидов мембран от ПОЛ и репарация окислительных повреждений. Ферментные

антиоксидантные системы (каталаза, супероксиддисмутаза, глутатионпероксидаза, цитохром с). Низкомолекулярные биогенные антиоксиданты.

## 8. Энергетический обмен

Макроэнергетические соединения: определение, примеры, типы высокоэнергетических связей (фосфодиэфирная, тиоэфирная, фосфоамидная), причины их нестабильности и энергия гидролиза. Молекула аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ) как основная форма сохранения химической энергии в клетке. Участие АТФ в реакциях энергетического сопряжения. Способы синтеза АТФ в живых организмах (реакции фосфорилирования): субстратное фосфорилирование, фотофосфорилирование, окислительное фосфорилирование.

Электрохимический потенциал и протондвижущая сила. Протон-зависимый синтез на мембранах - основной источник образования АТФ в живых организмах.  $H^+$ -переносящая АТФ-синтетаза: биологическая роль, строение, механизм синтеза АТФ, особенности ферментов прокариот, митохондрий и хлоропластов. Транспорт АТФ и АДФ через митохондриальные мембраны. Роль митохондриальной креатинкиназы.

Светозависимые способы формирования протонного градиента на мембранах. Бактериородопсин.

Окислительное фосфорилирование: сущность процесса, обобщенная схема, субстраты. Окислительно-восстановительный механизм формирования протонного градиента. Цепь переноса электронов (дыхательная цепь) митохондрий. Источники электронов для функционирования дыхательной цепи. Сопряжение транспорта электронов и протонов. Структурно-функциональная организация дыхательной цепи. Особенности состава, строения и функций отдельных компонентов дыхательной цепи. Кофакторы, принимающие участие в переносе протонов и электронов. Представление о механизмах трансмембранного транспорта протонов в дыхательной цепи. Взаимосвязь функционирования дыхательной цепи и не входящих в неё митохондриальных флавин-зависимых дегидрогеназ. Дегидрирование субстратов как подготовительный этап для функционирования системы окислительного фосфорилирования.

Субстраты общего пути катаболизма (пируват, ацетил-КоА), основные источники их образования в клетке. Цикл трикарбоновых кислот (ЦТК): последовательность реакций, характеристика ферментов.

## 9. Регуляции биохимических процессов

Регуляции биохимических процессов на различных уровнях: регуляция транскрипции, трансляции, активности ферментов. Принцип обратной связи. Нейромедиаторная и гормональная регуляция: сходства и различия. Нейромедиаторы, их типы, структуры и механизмы действия, белки-мишени (рецепторы и ионные каналы).

Гормоны, их типы (белковые, пептидные, тиреоидные, стероидные), биосинтез, структуры и механизмы действия (рецепторы и вторичные мессенджеры) и биологические эффекты.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«БИОХИМИЯ»

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					УСР Количество часов	Форма контроля знаний
		Лекции	Занятия Практические	Занятия Семинарские	Занятия Лабораторные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Предмет и задачи биохимии	2		-	-			
2	Аминокислоты	2		4	6		8	
3	Пептиды и белки: структура и биологические функции	4		4	4		12	К
4	Пептиды и белки: методы анализа	4		4	4		16	Т
5	Основы энзимологии	4		4	4		16	Т
6	Нуклеиновые основания, ДНК и РНК	4		4	4		16	К
7	Углеводы	4		2	4		8	
8	Липиды	4		4	4		16	Т
9	Биологические мембраны	4		4	-		12	К
10	Энергетический обмен	4		-	-		10	
11	Регуляции биохимических	4		-	-		10	К

	процессов							
	<b>ИТОГО</b>	<b>40</b>		<b>30</b>	<b>30</b>		<b>124</b>	

\*К – контрольная, Т – тест

## ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1. Список литературы

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Белясова, Н.А.* Биохимия и молекулярная биология: учебное пособие для студентов специальности "Биотехнология" вузов / Н.А. Белясова. М.: Изд. Книжный дом, 2004. – 416 с.
2. Биохимия: Учебник для вузов / Под ред. Е.С. Северина. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. – 784 с.
3. *Кнорре Д.Г.* Биологическая химия / Д.Г. Кнорре, С.Д. Мызина. М.: Высш. школа, 2000. – 479 с.
4. *Кольман Я.* Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем. М: Мир, 2000. – 469 с., ил.
5. *Кухта В.К.* Биологическая химия / В.К. Кухта, Т.Е. Морозкина, З.И. Олецкий, А.Д. Таганович. Минск: Асар, М: Изд. Бином, 2008 – 688 с.
6. *Сенчук В.В.* Биохимия: курс лекций. Биомолекулы / В.В.Сенчук. Мн.: БГУ, 2005. – 179 с.
7. *Тюкавкина, Н.А.* Биоорганическая химия. Учебник для ВУЗов. / Н.А. Тюкавкина, Ю.И. Бауков.М.: Дрофа, 2014. – 544 с.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

8. *Плакунов, В.К.* Основы динамической биохимии: учебник / В.К. Плакунов, Ю.А. Николаев. М.: Логос. 2010 г. – 212 с.
9. *Чиркин, А.А.* Биохимия / А.А. Чиркин, Е.О. Данченко. М.: Медицинская литература, 2010. – 608 с.
10. *Глик, Б.* Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / Б. Глик, Дж. Пастернак. М: Мир, 2002. – 589 с.

## **2. Примерный перечень заданий управляемой самостоятельной работы**

### **2.1 Примерная тематика семинарских занятий и коллоквиумов**

#### **Белки и пептиды**

Методы выделения и очистки белков. Методы определения аминокислотной последовательности белков и пептидов. Методы определения концентрации белков в растворах. Химическая модификация белков.

#### **Основы энзимологии**

Протеазы системы свертывания крови. Оксидоредуктазы метаболизма жирных кислот и стероидов. Кинетика ферментативных реакций. Типы ингибиторов ферментов.

#### **РНК и ДНК**

Биосинтез азотистых оснований. ДНК: структура и функции. Структура и функции матричных, рибосомальных и транспортных РНК.

#### **Метаболизм и модификация нуклеиновых кислот**

Расщепление нуклеиновых кислот нуклеазами и рестриктазами. Полимеразная цепная реакция. Принципы «встраивания» белков при помощи рекомбинантных ДНК.

#### **Биосинтез и биodeградация белков**

Биосинтез белков. Посттрансляционные модификации белков и пептидов. Ферментативный гидролиз белков. Убиквитин-зависимая деградация белков.

#### **Углеводы**

Полигликаны. Протеогликаны. Гликозаминогликаны. Гликопротеиды.

#### **Липиды**

Холестерин и его производные. Жирные кислоты млекопитающих и микроорганизмов. Эйкозаноиды: структура и функции. Гликолипиды. Липопротеиды.

## 2.2 Примеры тестовых заданий

И.	а	б	в	г
1. Ферменты состоят из	полипептида	полипептида и небелковой части	апофермента	кофермента
2. К оксидоредуктазам относятся	пиридиновые дегидрогеназы	уреаза	флавиновые дегидрогеназы	цитохромы
3. Ферменты являются	регуляторами	катализаторами	активаторами субстрата	энзимами
4. Цитохромы...	это гем-содержащие белки	содержат порфириновую систему	катализируют перенос электронов	ускоряют реакции переноса водорода
5. Оксидазы катализируют	перенос электронов (протонов) от субстрата на O <sub>2</sub>	перенос электронов (протонов) на промежуточный субстрат	присоединение кислорода	только перенос электронов
6. Пиридиновые дегидрогеназы содержат	НАД <sup>+</sup>	НАДН	Витамин РР	ФАД
7. Флавиновые дегидрогеназы содержат	НАДФ <sup>+</sup>	ФМН	ФАД	Витамин В2
8. Трансферазы...	катализируют перенос атомных групп внутри молекулы	катализируют перенос атомных групп от одной молекулы к другой	катализируют перенос остатков фосфорной кислоты от АТФ на глюкозу	Могут содержать производные витамина В6
9. Гидролазы...	катализируют расщепление белка и полипептидов	катализируют расщепление С-С связей	могут быть карбогидразами	катализируют расщепление липидов
10. К протеазам относятся	пепсин	трипсин	липаза	пептидаза
11. Лиазы катализируют	отщепление от субстрата определённых групп без участия воды	отщепление CO <sub>2</sub> от субстрата (укорачивание цепи)	изомеризацию	реакции соединения двух молекул
12. Лигазы...	катализируют расщепление связей в молекуле	могут быть карбоксилазами	могут быть декарбоксилазами	для их действия необходим АТФ

II.	А	Б	В	Г
1. Углеводы – это...	альдегиды и кетоны многоатомных спиртов	продукты конденсации альдегидов и кетонов	продукты конденсации спиртов и альдегидов	полиоксигальдегиды и полиоксикетоны
2. Углеводы входят в состав...	нуклеиновых кислот	ферментов	нейтральных жиров	полипептидов
3. Моносахариды – это...	альдозы и кетозы	триозы	декозы	диозы
4. Олигосахариды	рибоза	сахароза	мальтоза	фруктоза
5. Полисахариды	целлобиоза	амилоза	лактоза	манноза

### III.

1. Витамины – это:

- А) высокомолекулярные органические вещества;
- Б) производные аминов;
- В) низкомолекулярные органические вещества;
- Г) высокомолекулярные и низкомолекулярные органические вещества;
- Д) низкомолекулярные неорганические вещества.

2. Витаминоподобные вещества:

- А) блокируют действие витаминов;
- Б) усиливают действие витаминов;
- В) могут выполнять функции витаминов;
- Г) могут синтезироваться из витаминов;
- Д) могут превращаться в витамины.

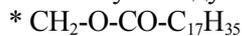
3. Карнитин...

- А) осуществляет перенос КоА
- Б) осуществляет перенос ацилов
- В) усиливает действие ферментов b-окисления
- Г) является ферментом b-окисления

4. В цикле биосинтеза жирных кислот получают...

- А) ацетил-КоА и малонил-КоА
- Б) бутирил-КоА
- В) малонил-КоА
- Г) бутирил-КоА и ацетил-КоА

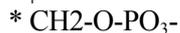
5. Какому липиду соответствует эта формула?



\* |



\* |



- А) фосфатидная кислота
- Б) фосфатидилхолин
- В) лецитин
- Г) фосфатидилэтанолламин
- Д) фосфатидилинозит
- Е) плазмалоген

### **3 Примерный перечень лабораторных работ**

- Электрофорез белков в полиакриамидном геле
- Определение концентрации белка в растворе
- Определение амилолитической активности ферментов
- Определение протеолитической активности ферментов
- Выделение эргостерина из дрожжей
- Выделение фосфолипидов из животного сырья
- Получение митохондриальных и микросомальных фракций
- Качественный анализ стероидов методом тонкослойной хроматографии
- Качественный анализ фосфолипидов методом тонкослойной хроматографии
- Качественный анализ аминокислот методом тонкослойной хроматографии
- Флуориметрическое определение рибофлавина
- Разделение смеси стероидов и красителей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии.
- Анализ смеси аминокислот и красителей методом капиллярного электрофореза
- Определение концентрации ДНК в плазме по флуоресценции
- Определение суммарного содержания нуклеиновых кислот в биологическом материале по фосфору

### **4 Перечень рекомендуемых средств диагностики**

Для диагностики знаний и овладения умениями и навыками по учебной дисциплине «Биохимия» используются опросы студентов на лекциях и семинарах, коллоквиумы, письменные тесты, письменные тематические контрольные работы и рефераты, защита отчетов по лабораторным работам, сдача зачета. Итоговая оценка знаний осуществляется в форме экзамена.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО  
«БИОХИМИЯ»

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
1. Аналитическая химия	Кафедра аналитической химии	нет	
2. Органическая химия	Кафедра органической химии	нет	

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УВО  
«БИОХИМИЯ»

на \_\_\_\_ / \_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры  
\_\_\_\_\_ (название кафедры) (протокол № \_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 201\_ г.)

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ (ученая степень, ученое звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (И.О.Фамилия)