

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский  
университет имени Н.И. Пирогова»**

**Министерства здравоохранения Российской Федерации  
ФГАОУ ВО РНИМУ им Н.И.Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)**

**Институт стоматологии**

**УТВЕРЖДАЮ**

**Директор Института**

**Копецкий Игорь Сергеевич**

**Доктор медицинских наук,  
Профессор**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б.1.О.04 Биохимия**

**для образовательной программы высшего образования - программы специалитета  
по специальности**

**31.05.03 Стоматология  
направленность (профиль)**

**Стоматология**

**Год начала подготовки - 2024**

Настоящая рабочая программа дисциплины Б.1.О.04 Биохимия (далее – рабочая программа дисциплины) является частью программы специалитета по специальности 31.05.03 Стоматология.

Направленность (профиль): Стоматология.

Форма обучения: очная.

Составители:

| №,<br>п/п | Фамилия, Имя,<br>Отчество | Учёная степень,<br>звание | Должность | Место работы |
|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
|-----------|---------------------------|---------------------------|-----------|--------------|

Рабочая программа дисциплины рекомендована к утверждению рецензентами:

| №<br>п/п | Фамилия, Имя,<br>Отчество | Учёная степень,<br>звание | Должность | Место работы |
|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|--------------|
|----------|---------------------------|---------------------------|-----------|--------------|

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры

«Кафедра биохимии и молекулярной биологии ИФМХ»  
протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_

**Зав. кафедрой**  
Шестопалов Александр  
Вячеславович

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена ученым советом

« \_\_\_\_\_ »  
протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ № \_\_\_\_\_

**Директор Института**  
Копецкий Игорь Сергеевич  
Доктор медицинских наук,  
Профессор

Нормативно-правовые основы разработки и реализации рабочей программы дисциплины:

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 31.05.03 Стоматология, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от «12» августа 2020 г. № 984 рук.
2. Устав и локальные нормативные акты Университета.
3. Общая характеристика образовательной программы.
4. Учебный план образовательной программы.

© федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации

## **1. Общие положения**

### **1.1. Цель и задачи освоения дисциплины**

1.1.1. Цель: Целью освоения дисциплины «Биохимия» является получение обучающимися системных знаний об основных закономерностях протекания метаболических процессов, определяющих состояние здоровья и адаптации человека на молекулярном, клеточном и органном уровне целостного организма, а также в получении обучающимися навыков применять полученные знания для интерпретации результатов биохимических исследований при решении клинических задач.

1.1.2. Задачи, решаемые в ходе освоения дисциплины:

- Развитие профессионально важных качеств, значимых для организации работы и управления лабораторно-диагностических подразделений учреждений различного типа.
- Формирование готовности и способности применять знания и умения анализировать данные результатов биохимических исследований и использовать полученные знания для объяснения характера возникающих в организме человека изменений и диагностики заболеваний.
- Формирование навыков общения с коллегами и пациентами с учетом этики и деонтологии.
- Формирование/развитие навыков аналитической работы с информацией (учебной, научной, нормативно-справочной литературой и другими источниками), с информационными технологиями, диагностическими методами исследованиями.
- Формирование/развитие умений, навыков, компетенций, необходимых в организации профессиональной деятельности.
- Формирование системы знаний биохимических и молекулярных основ функционирования организма человека, превращений веществ в организме человека, связи этих превращений с деятельностью органов и тканей, регуляции метаболических процессов и последствиях их нарушения.

### **1.2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Биохимия» изучается в 2, 3 семестре(ах) и относится к обязательной части Блока Б.1 «Дисциплины». Является обязательной дисциплиной.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5.0 з.е.

Для успешного освоения настоящей дисциплины обучающиеся в рамках образовательной программы должны освоить следующие дисциплины и практики: Химия; Биология; Физика, математика.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного освоения дисциплин: Фармакология; Патофизиология; Иммунология.

Знания, умения и опыт практической деятельности, приобретенные при освоении настоящей дисциплины, необходимы для успешного прохождения практик: Научно-исследовательская работа; Помощник врача стоматолога (терапевта).

### 1.3. Планируемые результаты освоения дисциплины

#### 2 семестр

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                             | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                      |
| <b>ОПК-9 Способен оценивать морфофункциональные, физиологические состояния и патологические процессы в организме человека для решения профессиональных задач</b> |                                                                                                                                                                                                                 |
| ОПК-9.ИД1 Владеет алгоритмом клиникалабораторной и функциональной диагностики при решении профессиональных задач                                                 | <b>Знать:</b> значение биохимических показателей для оценки состояния пациента                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> использовать диагностические возможности современных биохимических методов при решении профессиональных задач                                                                                     |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками применения полученных знаний для решения ситуационных задач                                                                                 |
| ОПК-9.ИД2 Оценивает результаты клиникалабораторной и функциональной диагностики при решении профессиональных задач                                               | <b>Знать:</b> значение биохимических показателей в физиологических условиях и при патологии                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> анализировать результаты лабораторных биохимических тестов                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками распознавания направленности биохимических процессов при заболеваниях и использования биохимических тестов в ранней диагностике заболеваний |
| ОПК-9.ИД3 Определяет морфофункциональные, физиологические состояния и патологические процессы организма человека                                                 | <b>Знать:</b> метаболические пути превращения основных классов биологически важных соединений, роль наследственных факторов в развитии заболеваний                                                              |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> определять биохимические аспекты физиологических состояний и патологических процессов                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками распознавания направленности биохимических процессов при заболеваниях                                                                       |
| <b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>                           |                                                                                                                                                                                                                 |
| УК-1.ИД3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников                                       | <b>Знать:</b> основные закономерности биохимических процессов, происходящих в организме человека                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> анализировать надежность источников информации                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками исследовательской деятельности при работе с противоречивой информацией из разных источников                                                 |
| УК-1.ИД4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов                    | <b>Знать:</b> основные биохимические термины, описывающие химико-биологические процессы в организме человека                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> анализировать изменения биохимических процессов при развитии патологических состояний                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации                                                                   |

### 3 семестр

| Код и наименование компетенции                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                             | Планируемые результаты освоения дисциплины                                                                                                                                                                      |
| <b>ОПК-9 Способен оценивать морфофункциональные, физиологические состояния и патологические процессы в организме человека для решения профессиональных задач</b> |                                                                                                                                                                                                                 |
| ОПК-9.ИД1 Владеет алгоритмом клиниколабораторной и функциональной диагностики при решении профессиональных задач                                                 | <b>Знать:</b> значение биохимических показателей для оценки состояния пациента                                                                                                                                  |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> использовать диагностические возможности современных биохимических методов при решении профессиональных задач                                                                                     |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками применения полученных знаний для решения ситуационных задач                                                                                 |
| ОПК-9.ИД2 Оценивает результаты клиниколабораторной и функциональной диагностики при решении профессиональных задач                                               | <b>Знать:</b> значение биохимических показателей в физиологических условиях и при патологии                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> анализировать результаты лабораторных биохимических тестов                                                                                                                                        |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками распознавания направленности биохимических процессов при заболеваниях и использования биохимических тестов в ранней диагностике заболеваний |
| ОПК-9.ИД3 Определяет морфофункциональные, физиологические состояния и патологические процессы организма человека                                                 | <b>Знать:</b> метаболические пути превращения основных классов биологически важных соединений, роль наследственных факторов в развитии заболеваний                                                              |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> определять биохимические аспекты физиологических состояний и патологических процессов                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками распознавания направленности биохимических процессов при заболеваниях                                                                       |
| <b>УК-1 Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий</b>                           |                                                                                                                                                                                                                 |
| УК-1.ИД3 Критически оценивает надежность источников информации, работает с противоречивой информацией из разных источников                                       | <b>Знать:</b> основные закономерности биохимических процессов, происходящих в организме человека                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> анализировать надежность источников информации                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> навыками исследовательской деятельности при работе с противоречивой информацией из разных источников                                                 |
| УК-1.ИД4 Разрабатывает и содержательно аргументирует стратегию решения проблемной ситуации на основе системного и междисциплинарного подходов                    | <b>Знать:</b> основные биохимические термины, описывающие химико-биологические процессы в организме человека                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                  | <b>Уметь:</b> анализировать изменения биохимических процессов при развитии патологических состояний                                                                                                             |
|                                                                                                                                                                  | <b>Владеть практическим опытом (трудовыми действиями):</b> решения поставленной проблемной ситуации на основе доступных источников информации                                                                   |

## 2.Формы работы обучающихся, виды учебных занятий и их трудоёмкость

| Формы работы обучающихся / Виды учебных занятий / Формы промежуточной аттестации      |                                        | Всего часов | Распределение часов по семестрам |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|-------------|----------------------------------|------|
|                                                                                       |                                        |             | 2                                | 3    |
| Учебные занятия                                                                       |                                        |             |                                  |      |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем в семестре (КРО), в т.ч.:              |                                        | 88          | 46                               | 42   |
| Лекционное занятие (ЛЗ)                                                               |                                        | 22          | 12                               | 10   |
| Лабораторно-практическое занятие (ЛПЗ)                                                |                                        | 50          | 26                               | 24   |
| Коллоквиум (К)                                                                        |                                        | 16          | 8                                | 8    |
| Самостоятельная работа обучающихся в семестре (СРО), в т.ч.:                          |                                        | 54          | 24                               | 30   |
| Подготовка к учебным аудиторным занятиям                                              |                                        | 54          | 24                               | 30   |
| Промежуточная аттестация:                                                             |                                        |             |                                  |      |
| Контактная работа обучающихся в ходе промежуточной аттестации (КРПА), в т.ч.:         |                                        | 11          | 2                                | 9    |
| Зачет (З)*                                                                            |                                        | 2           | 2                                | 0    |
| Экзамен (Э)**                                                                         |                                        | 9           | 0                                | 9    |
| Самостоятельная работа обучающихся при подготовке к промежуточной аттестации (СРПА)** |                                        | 27          | 0                                | 27   |
| Общая трудоемкость дисциплины (ОТД)                                                   | в часах: ОТД = КРО+СРО+КРПА+СРПА       | 180         | 72                               | 108  |
|                                                                                       | в зачетных единицах: ОТД (в часах): 36 | 5,00        | 2,00                             | 3,00 |

\* Время для проведения промежуточной аттестации в форме зачёта выделяется в рамках контактной работы (ДВЗ) Проведение промежуточной аттестации в форме зачёта организуется в соответствии с расписанием занятий.

\*\* Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине в форме экзамена организуется в рамках экзаменационной сессии согласно расписанию экзаменов. Время на подготовку к экзамену и его прохождение устанавливается учебным планом образовательной программы.

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Содержание разделов, тем дисциплины

#### 2 семестр

| № п /п                                | Шифр компетенции                                    | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Белки и ферменты</b>     |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1                                     | УК-1.ИДЗ, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Белки и ферменты              | <p>Функции белков в организме человека. Уровни структурной организации белков. Сложные белки. Строение и функции миоглобина и гемоглобина. Химическая природа, физико-химические свойства и биологическая роль ферментов. Классификация и номенклатура ферментов. Строение ферментов - простых, сложных, изоферментов: активный и аллостерический центры, роль в катализе. Определение понятия: кофактор, холофермент, апофермент, кофермент, субстрат, метаболит, продукт. Механизм действия ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Принципы качественного обнаружения и количественного определения активности ферментов. Единицы активности. Регуляция активности ферментов. Аллостерические ферменты. Изоферменты. Использование ферментов в медицине. Витамины. Биохимические функции и коферментные формы витаминов.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Раздел 2. Энергетический обмен</b> |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1                                     | УК-1.ИДЗ, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Энергетический обмен          | <p>Общий путь катаболизма. Окислительное декарбоксилирование пирувата. Цикл трикарбоновых кислот. Регуляция. Анаболические функции цикла трикарбоновых кислот. Анаэробные реакции. Макроэргические субстраты. Пути синтеза АТФ: субстратное и окислительное фосфорилирование. Окислительное фосфорилирование АДФ. Механизм сопряжения окисления и фосфорилирования. Хемосмотическая теория Митчелла. Состав, структура и номенклатура дыхательных комплексов и других компонентов цепи переноса электронов, их локализация и функции во внутренней мембране митохондрий. Строение АТФ-синтазы. Механизм функционирования. Регуляция окислительного фосфорилирования. Дыхательный контроль. Механизмы разобщения окисления и фосфорилирования. Физиологическое значение разобщения. Молекулярно-биологические аспекты функции и дисфункции митохондрий.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Раздел 3. Обмен углеводов</b>      |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 1                                     | УК-1.ИДЗ, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Обмен углеводов               | <p>Механизмы переваривания углеводов. Характеристика и действие ферментов, участвующих в полости и пристеночном пищеварении. Особенности переваривания углеводов в ротовой полости. Механизмы всасывания углеводов. Пути поступления и превращения углеводов в тканях организма. Ключевая роль глюкозо-6-фосфата, пути обмена. Синтез гликогена. Биологическое значение, реакции, ферменты. Распад гликогена – гликогенолиз. Биологическое значение, реакции, ферменты. Биологическое значение и регуляция обмена гликогена в печени и в мышцах. Гликогенозы и агликогенозы. Гликолиз: понятие, значение, последовательность реакций, регуляция. Этапы полного аэробного окисления глюкозы. Энергетический выход. гликолиза в анаэробных условиях. Глюконеогенез: схема, субстраты, биологическая роль. Цикл Кори. Глюкозо-аланиновый цикл. Реципрокная регуляция гликолиза и глюконеогенеза. Особенности метаболизма глюкозы в печени, мозге, скелетных мышцах, жировой ткани, клетках крови. Пентозофосфатный путь. Биологическое значение. Реакции окислительного этапа, регуляция. Нарушения в пентозофосфатном пути. Дефект глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы. Регуляция содержания глюкозы в крови. Сахарный диабет.</p> |
| <b>Раздел 4. Обмен липидов</b>        |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

| № п /п | Шифр компетенции                                    | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | УК-1.ИД3, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Обмен липидов                 | Механизмы переваривания, всасывания липидов. Ферменты. Желчь: состав, функции, механизм участия в пищеварении. Стеаторея: причины, последствия. Мобилизация жиров из жировой ткани: реакции, механизмы регуляции, роль гормонов, значение. Активация и транспорт жирных кислот в митохондрии. Механизмы $\beta$ -окисления жирных кислот: реакции, регуляция, энергетический баланс. Кетоновые тела: биологическая роль, реакции обмена, регуляция. Кетонемия, кетонурия, причины и механизмы развития, последствия. Биосинтез жирных кислот. Этапы, реакции, строение синтазы жирных кислот, регуляция. Биосинтез триацилглицеролов. Механизм, регуляция, тканевые особенности. Обмен глицерофосфолипидов. Биологическое значение. Холестерол: биологическое значение, пути поступления и использования в организме. Синтез холестерина (схема). Регуляция синтеза холестерина. Механизм поступления холестерина в клетку. Транспорт холестерина. Гиперхолестеролемия, ее причины, последствия. Молекулярно-биологические аспекты регуляции обмена холестерина. Липопротеины крови: классификация, строение, этапы формирования, схема метаболизма. Дислипидопроteinемии. Молекулярные механизмы атеросклероза. |

### 3 семестр

| № п /п                                      | Шифр компетенции | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах |
|---------------------------------------------|------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|
| <b>Раздел 1. Обмен белков и нуклеотидов</b> |                  |                                       |                                                    |

| № п /п                                   | Шифр компетенции                                    | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                        | УК-1.ИД3, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Обмен белков и нуклеотидов    | <p>Переваривание белков в ЖКТ. Принципы нормирования белка в питании. Азотистый баланс. Характеристика основных компонентов пищеварительных соков (желудка, кишечника, поджелудочной железы). Механизмы регуляции секреции пищеварительных соков. Образование и секреция HCl. Ферментативный гидролиз белков в желудочно-кишечном тракте. Механизмы всасывания аминокислот. Биохимические аспекты мукозального барьера желудочно-кишечного тракта. Нарушение переваривания белков. Белковая недостаточность: причины, метаболические и клинические последствия, профилактика. Пути образования пула аминокислот в крови и его использование в организме. Общие реакции обмена аминокислот: реакции трансаминирования, прямого и непрямого дезаминирования, декарбоксилирования, тканевые особенности. Пути использования безазотистого остатка аминокислот. Образование биогенных аминов (гистамина, тирамина, триптамина, серотонина, <math>\gamma</math>-аминомасляной кислоты). Роль биогенных аминов в организме. Схема путей обмена серина и глицина, значение каждого пути. Обмен цистеина: схема путей, значение. Значение ФАФС в биологическом сульфировании. Пути обмена метионина и их значение. Образование S-аденозилметионина, его участие в реакциях трансметилирования. Ресинтез метионина, роль ТГФК и витамина B12 в этом процессе. Связь обменов метионина и цистеина. Метионин как липотропный фактор. Схема путей обмена глутаминовой и аспарагиновой кислот, их биосинтез, участие в обезвреживании аммиака. Глутамин как донор аминогруппы при синтезе ряда соединений. Образование и использование в организме ГАМК и ГОМК. Фенилаланин: схема обмена, реакции образования тирозина. Катехоламиновый и меланиновый пути, реакции, регуляция. Гомогентизиновый путь (схема). Фенилкетонурия, альбинизм, алкаптонурия. Триптофан: схема основных путей обмена. Реакции биосинтеза серотонина, биологическое значение. Схема кинуренинового пути, и его роль. Обмен нуклеиновых кислот: переваривание и всасывание продуктов гидролиза нуклеиновых кислот, тканевой обмен нуклеотидов. Схема биосинтеза пуринового кольца. Начальные регуляторные реакции биосинтеза пуриновых нуклеотидов. Биосинтез АМФ и ГМФ из инозиновой кислоты. Реакции распада пуриновых нуклеотидов до мочевой кислоты. Нарушение обмена пуриновых нуклеотидов: гиперурикемия, подагра, мочекаменная болезнь. Реакции использования и обезвреживания аммиака: образование глутамина, аспарагина, мочевины - тканевые особенности. Связь орнитинового цикла с обменом аминокислот и энергетическим обменом. Недостаточность ферментов орнитинового цикла, причины и последствия. Механизмы острой и хронической токсичности аммиака, метаболические и клинические последствия.</p> |
| <b>Раздел 2. Гормоны</b>                 |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1                                        | УК-1.ИД3, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Гормоны                       | <p>Гормоны. Концепции прямой и обратной положительной и отрицательной связи; пермиссивности гормонального действия; концепция ткани-мишени. Этапы метаболизма гормонов. Рецепторы гормонов, виды: мембранные, сопряженные с G-белками, канальные, каталитические, цитозольные, ядерные, функции, метаболизм. Молекулярные механизмы действия водорастворимых сигнальных молекул (пептидных гормонов, факторов роста, цитокинов и др.). Внутриклеточные посредники действия гормонов: циклические нуклеотиды, пептиды, производные жирных кислот, ИТФ, ДГ, <math>Ca^{2+}</math> и др. - химическая природа, структура, обмен, функции. Механизмы действия гормонов различных классов. Гормоны гипоталамуса: особенности биосинтеза, структуры, механизмов действия, функций. Тропные гормоны гипофиза; классификация, химическая природа, значение в регуляции функций периферических желез. СТГ: метаболизм, метаболические и физиологические эффекты. Нейрогормоны - окситоцин и вазопрессин, их биологическое действие. Адреналин, глюкагон, глюкокортикоиды: строение, влияние на обмен веществ. Инсулин: молекулярные механизмы действия и биологические эффекты. Сахарный диабет. Тиреоидные гормоны: строение, влияние на обмен веществ.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Раздел 3. Биохимия печени и крови</b> |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| № п /п                                | Шифр компетенции                                    | Наименование раздела, темы дисциплины | Содержание раздела и темы в дидактических единицах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                     | УК-1.ИД3, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Биохимия печени и крови       | Роль печени в поддержании гомеостаза – в обмене углеводов, липидов и белков. Метаболизм этанола. Роль печени в пигментном обмене. Биосинтез и распад гемоглобина. Порфирии и желтухи. Детоксикационная функция печени. Биохимия крови. Белки плазмы крови: классификация, методы разделения. Особенности энергетического обмена, нуклеотидного обмена, обмена белков, липидов и углеводов в эритроците. Механизмы транспорт кислорода, углекислого газа, регуляции КОС. Обмен железа: роль железа в организме, механизмы интестинальной абсорбции железа, пулы железа, регуляция гомеостаза железа. Нарушения обмена железа. Система гемостаза. Биохимические механизмы формирования кровяного сгустка. Роль Ca <sup>2+</sup> и витамина К. Противосвертывающая система. Система фибринолиза. Методы оценки системы гемостаза. Нарушения системы гемостаза. |
| <b>Раздел 4. Биохимия полости рта</b> |                                                     |                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1                                     | УК-1.ИД3, УК-1.ИД4, ОПК-9.ИД1, ОПК-9.ИД2, ОПК-9.ИД3 | Тема 1. Биохимия полости рта          | Биохимия соединительной ткани. Строение, функции и метаболизм коллагена. Гликопротеины и протеогликаны соединительной ткани и минерализованных тканей зуба. Биохимия тканей зуба. Особенности химического состава эмали, дентина и цемента. Основные этапы минерализации костной и зубной тканей. Биохимия слюны. Состав и физико-химические свойства смешанной слюны. Поверхностные образования на зубах. Биохимические основы патогенеза кариеса зубов.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |

### 3.2. Перечень разделов, тем дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися

Разделы и темы дисциплины для самостоятельного изучения обучающимися в программе не предусмотрены.

#### 4. Тематический план контактной работы обучающихся с преподавателем при проведении занятий

| № п/п                                       | Виды учебных занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и наименования разделов (при наличии), тем, учебных занятий      | Количество часов контактной работы | Виды текущего контроля успеваемости** | Формы проведения текущего контроля успеваемости*** |    |    |
|---------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------------|----|----|
|                                             |                       |                                                                                                               |                                    |                                       | КП                                                 | ОУ | ОК |
| 1                                           | 2                     | 3                                                                                                             | 4                                  | 5                                     | 6                                                  | 7  | 8  |
| <b>2 семестр</b>                            |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Раздел 1. Белки и ферменты</b>           |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Тема 1. Белки и ферменты</b>             |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| 1                                           | ЛЗ                    | Ферменты                                                                                                      | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 2                                           | ЛЗ                    | Витамины                                                                                                      | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 3                                           | ЛПЗ                   | Вводное ознакомительное занятие                                                                               | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 4                                           | ЛПЗ                   | Ферменты: строение, механизмы действия, кинетика                                                              | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 5                                           | ЛПЗ                   | Регуляция активности ферментов. Применение ферментов в стоматологической практике                             | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 6                                           | ЛПЗ                   | Витамины                                                                                                      | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 7                                           | К                     | Текущий рубежный (модульный) контроль по теме 1 «Белки и ферменты»                                            | 2                                  | Р                                     | 1                                                  |    | 1  |
| <b>Раздел 2. Энергетический обмен</b>       |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Тема 1. Энергетический обмен</b>         |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| 8                                           | ЛЗ                    | Энергетический обмен                                                                                          | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 9                                           | ЛПЗ                   | Общие пути катаболизма                                                                                        | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 10                                          | ЛПЗ                   | Пути синтеза АТФ                                                                                              | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 11                                          | ЛПЗ                   | Тканевое дыхание                                                                                              | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 12                                          | К                     | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 2 «Энергетический обмен»                                        | 2                                  | Р                                     | 1                                                  |    | 1  |
| <b>Раздел 3. Обмен углеводов</b>            |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Тема 1. Обмен углеводов</b>              |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| 13                                          | ЛЗ                    | Обмен углеводов-1                                                                                             | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 14                                          | ЛЗ                    | Обмен углеводов-2                                                                                             | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 15                                          | ЛПЗ                   | Переваривание и всасывание углеводов. Особенности переваривания углеводов в полости рта. Метаболизм гликогена | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 16                                          | ЛПЗ                   | Гликолиз и глюконеогенез                                                                                      | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 17                                          | ЛПЗ                   | Пентозофосфатный путь. Регуляция уровня глюкозы в крови                                                       | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 18                                          | К                     | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 3 «Обмен углеводов»                                             | 2                                  | Р                                     | 1                                                  |    | 1  |
| <b>Раздел 4. Обмен липидов</b>              |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Тема 1. Обмен липидов</b>                |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| 19                                          | ЛЗ                    | Обмен липидов                                                                                                 | 2                                  | Д                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 20                                          | ЛПЗ                   | Классификация липидов. Переваривание и всасывание липидов. Особенности переваривания липидов в полости рта    | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 21                                          | ЛПЗ                   | Липолиз. Бета-окисление жирных кислот. Метаболизм кетонных тел                                                | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 22                                          | ЛПЗ                   | Синтез жирных кислот. Синтез ТАГ и ФЛ, синтез холестерина. Липопротеины. Атеросклероз                         | 2                                  | Т                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 23                                          | К                     | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 4 «Обмен липидов»                                               | 2                                  | Р                                     | 1                                                  |    | 1  |
| 24                                          | З                     | Зачетное занятие                                                                                              | 2                                  | ПА                                    | 1                                                  |    | 1  |
|                                             |                       | <b>Всего в семестре</b>                                                                                       | 48                                 |                                       | 23                                                 |    | 23 |
| <b>3 семестр</b>                            |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Раздел 1. Обмен белков и нуклеотидов</b> |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |
| <b>Тема 1. Обмен белков и нуклеотидов</b>   |                       |                                                                                                               |                                    |                                       |                                                    |    |    |

| №<br>п<br>/п                             | Виды<br>учебных<br>занятий* | Период обучения (семестр). Порядковые номера и<br>наименования разделов (при наличии), тем, учебных<br>занятий                                                     | Количество<br>часов<br>контактной<br>работы | Виды текущего<br>контроля<br>успеваемости** | Формы<br>проведения<br>текущего<br>контроля<br>успеваемости*** |    |    |
|------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----|----|
|                                          |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             | КП                                                             | ОУ | ОК |
| 1                                        | 2                           | 3                                                                                                                                                                  | 4                                           | 5                                           | 6                                                              | 7  | 8  |
| 25                                       | ЛЗ                          | Обмен аминокислот                                                                                                                                                  | 2                                           | Д                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 26                                       | ЛПЗ                         | Переваривание белков. Дезаминирование,<br>трансаминирование, декарбоксилирование                                                                                   | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 27                                       | ЛПЗ                         | Образование продуктов азотистого обмена.<br>Обезвреживание аммиака                                                                                                 | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 28                                       | ЛПЗ                         | Метаболизм пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов                                                                                                                   | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 29                                       | К                           | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 5<br>«Обмен белков и нуклеиновых кислот»                                                                             | 2                                           | Р                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| <b>Раздел 2. Гормоны</b>                 |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             |                                                                |    |    |
| <b>Тема 1. Гормоны</b>                   |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             |                                                                |    |    |
| 30                                       | ЛЗ                          | Гормоны                                                                                                                                                            | 2                                           | Д                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 31                                       | ЛПЗ                         | Гормоны: классификация, механизмы действия. Инсулин<br>и глюкагон                                                                                                  | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 32                                       | ЛПЗ                         | Стероидные гормоны. Метаболизм кальция и фосфатов.<br>Регуляция и роль для зубной ткани и слюны                                                                    | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 33                                       | К                           | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 6<br>«Гормоны»                                                                                                       | 2                                           | Р                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| <b>Раздел 3. Биохимия печени и крови</b> |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             |                                                                |    |    |
| <b>Тема 1. Биохимия печени и крови</b>   |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             |                                                                |    |    |
| 34                                       | ЛЗ                          | Биохимия печени                                                                                                                                                    | 2                                           | Д                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 35                                       | ЛЗ                          | Биохимия крови                                                                                                                                                     | 2                                           | Д                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 36                                       | ЛПЗ                         | Роль печени в метаболизме углеводов, липидов и белков.<br>Белки плазмы. Белки острой фазы. Детоксикационная<br>функция печени                                      | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 37                                       | ЛПЗ                         | Роль печени в метаболизме пигментов. Биосинтез и<br>распад гемоглобина. Желтуха                                                                                    | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 38                                       | ЛПЗ                         | Биохимия крови: транспорт кислорода, метаболизм<br>железа, анемии, буферные системы крови, система<br>гемостаза                                                    | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 39                                       | К                           | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 7<br>«Биохимия печени и крови»                                                                                       | 2                                           | Р                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| <b>Раздел 4. Биохимия полости рта</b>    |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             |                                                                |    |    |
| <b>Тема 1. Биохимия полости рта</b>      |                             |                                                                                                                                                                    |                                             |                                             |                                                                |    |    |
| 40                                       | ЛЗ                          | Биохимия полости рта                                                                                                                                               | 2                                           | Д                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 41                                       | ЛПЗ                         | Биохимия соединительной ткани. Структура, функция и<br>метаболизм коллагена. Гликопротеины и протеогликианы<br>соединительной ткани и минерализованных тканей зуба | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 42                                       | ЛПЗ                         | Биохимия тканей зуба. Особенности химического состава<br>эмали, дентина и цемента. Основные этапы<br>минерализации костной ткани и тканей зуба                     | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 43                                       | ЛПЗ                         | Биохимия слюны. Состав и физико-химические свойства<br>смешанной слюны                                                                                             | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 44                                       | ЛПЗ                         | Поверхностные образования на зубах. Биохимические<br>основы патогенеза кариеса зубов                                                                               | 2                                           | Т                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 45                                       | К                           | Текущий рубежный (модульный контроль) по теме 8<br>«Биохимия полости рта»                                                                                          | 2                                           | Р                                           | 1                                                              | 1  | 1  |
| 46                                       | Э                           | Экзамен по биохимии                                                                                                                                                | 9                                           | ПА                                          | 1                                                              | 1  | 1  |
|                                          |                             | <b>Всего в семестре</b>                                                                                                                                            | 51                                          |                                             | 21                                                             | 21 | 21 |
|                                          |                             | <b>Всего по дисциплине</b>                                                                                                                                         | 99                                          |                                             | 44                                                             | 21 | 44 |

(\* , \*\*, \*\*\* смотри условные обозначения)

### Условные обозначения

Виды учебных занятий\*

| Виды учебных занятий             | Сокращённое наименование |     |
|----------------------------------|--------------------------|-----|
| Лекционное занятие               | Лекция                   | ЛЗ  |
| Лабораторно-практическое занятие | Лабораторно-практическое | ЛПЗ |
| Коллоквиум                       | Коллоквиум               | К   |

**Виды текущего контроля успеваемости (ВТК)\*\***

| Виды текущего контроля успеваемости (ВТК) | Сокращённое наименование |   | Содержание                                                                                                        |
|-------------------------------------------|--------------------------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Текущий дисциплинирующий контроль         | Дисциплинирующий         | Д | Контроль посещаемости занятий обучающимся                                                                         |
| Текущий тематический контроль             | Тематический             | Т | Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме занятия                      |
| Текущий рубежный контроль                 | Рубежный                 | Р | Оценка усвоения обучающимся знаний, умений и опыта практической деятельности по теме (разделу, модулю) дисциплины |

**Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся \*\*\***

| № | Формы проведения текущего контроля успеваемости обучающихся (ФПТКУ) | Техническое и сокращённое наименование |    | Возможность проведения текущего контроля успеваемости по видам контроля |   |   |
|---|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------|---|---|
|   |                                                                     |                                        |    | Д                                                                       | Т | Р |
| 1 | Контроль присутствия                                                | Присутствие                            | КП | +                                                                       |   |   |
| 2 | Опрос устный                                                        | Опрос устный                           | ОУ |                                                                         |   |   |
| 3 | Опрос комбинированный                                               | Опрос комбинированный                  | ОК |                                                                         | + | + |

**5. Промежуточная аттестация обучающихся по дисциплине**  
**Оценочные средства промежуточной аттестации**

**5.1. Формы промежуточной аттестации**

| <b>Семестр</b> | <b>Форма промежуточной аттестации****</b> | <b>Форма проведения промежуточной аттестации</b>          |
|----------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| <b>1</b>       | <b>2</b>                                  | <b>3</b>                                                  |
| 2 семестр      | Зачет                                     | Контроль присутствия, Опрос комбинированный               |
| 3 семестр      | Экзамен                                   | Контроль присутствия, Опрос устный, Опрос комбинированный |

**Условные обозначения \*\*\*\***

| <b>Формы промежуточной аттестации</b> | <b>Сокращённое наименование</b> |   |
|---------------------------------------|---------------------------------|---|
| Экзамен                               | Экзамен                         | Э |
| Зачет                                 | Зачет                           | З |

## 6. Структура рейтинга по дисциплине

**6.1. Обучающийся имеет право пройти промежуточную аттестацию по дисциплине или её части на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине в соответствующем семестре.**

**6.2. Критерии, показатели проведения текущего контроля успеваемости с использованием балльно-рейтинговой системы (по семестрам и формам промежуточной аттестации)**

Рейтинг по дисциплине рассчитывается по результатам текущей успеваемости обучающегося. Тип контроля по всем формам контроля дифференцированный, выставляются оценки по шкале: "неудовлетворительно", "удовлетворительно", "хорошо", "отлично". Исходя из соотношения и количества контролей, рассчитываются рейтинговые баллы, соответствующие системе дифференцированного контроля.

### 2 семестр

| Виды занятий                          |     | Формы проведения текущего контроля успеваемости |    | Кол-во контролей | Макс. кол-во баллов | Соответствие оценок рейтинговым баллам |     |      |      |        |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----|------|------|--------|
|                                       |     |                                                 |    |                  |                     | ТК                                     | ВТК | Отл. | Хор. | Удовл. |
| Лабораторно-практическое занятие      | ЛПЗ | Опрос комбинированный                           | ОК | 13               | 156                 | В                                      | Т   | 12   | 8    | 4      |
| Коллоквиум                            | К   | Опрос комбинированный                           | ОК | 4                | 352                 | В                                      | Р   | 88   | 59   | 30     |
| Сумма баллов по дисциплине за семестр |     |                                                 |    |                  | 508                 |                                        |     |      |      |        |

### 3 семестр

| Виды занятий                          |     | Формы проведения текущего контроля успеваемости |    | Кол-во контролей | Макс. кол-во баллов | Соответствие оценок рейтинговым баллам |     |      |      |        |
|---------------------------------------|-----|-------------------------------------------------|----|------------------|---------------------|----------------------------------------|-----|------|------|--------|
|                                       |     |                                                 |    |                  |                     | ТК                                     | ВТК | Отл. | Хор. | Удовл. |
| Лабораторно-практическое занятие      | ЛПЗ | Опрос комбинированный                           | ОК | 12               | 144                 | В                                      | Т   | 12   | 8    | 4      |
| Коллоквиум                            | К   | Опрос комбинированный                           | ОК | 4                | 352                 | В                                      | Р   | 88   | 59   | 30     |
| Сумма баллов по дисциплине за семестр |     |                                                 |    |                  | 496                 |                                        |     |      |      |        |

**Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме зачета (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части в семестре)**

### 2 семестр

| Шкала оценивания | Критерии выставления оценки                                                                                                                                                                                       |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «зачтено»        | Рейтинговый балл — не менее 60 % (не менее 304 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «не зачтено»     | Рейтинговый балл — менее 60 % (менее 304 баллов)<br>и/или<br>Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля |

**Критерии выставления оценок при прохождении промежуточной аттестации в форме экзамена (на основании рейтинга успеваемости обучающегося и результатов прохождения текущего рубежного контроля по дисциплине (модулю) или её части)**

### 3 семестр

| Шкала оценивания | Критерии выставления оценки                                                                                                                                             |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «отлично»        | Рейтинговый балл не менее 90 % (не менее 900 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре |

| Шкала оценивания      | Критерии выставления оценки                                                                                                                                                                                     |
|-----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| «хорошо»              | Рейтинговый балл не менее 75 % (не менее 750 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «удовлетворительно»   | Рейтинговый балл не менее 60 % (не менее 600 баллов)<br>и<br>Получение оценки не ниже «удовлетворительно» за прохождение каждого текущего рубежного контроля в семестре                                         |
| «неудовлетворительно» | Рейтинговый балл менее 60 % (менее 600 баллов)<br>и/или<br>Получение оценки ниже «удовлетворительно» за прохождение хотя бы одного текущего рубежного контроля в семестре или не прохождение рубежного контроля |

## **7. Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

### **Примеры практических (ситуационных) задач для подготовки к промежуточной аттестации**

1. У пациентки с системной красной волчанкой обнаружена анемия. Как регулируется всасывание железа? Какова роль гепсидина? Почему развивается анемия хронических заболеваний?
2. У пациента с кардиогенным шоком обнаружен высокий уровень лактата в крови. В каком процессе образуется лактат? Напишите реакцию образования лактата. Почему его количество может сильно возрастать при гипоксии тканей? Какой тип нарушений кислотно-основного баланса может развиваться при накоплении в крови лактата?
3. Родители ребенка обнаружили быстрое потемнение его мочи при контакте с воздухом. Какое заболевание можно предположить? Обмен какой аминокислоты нарушен? Объясните биохимический механизм нарушений.

1. A patient with systemic lupus erythematosus has anemia. How is iron absorption regulated? What is the role of hepcidin? Why does anemia of chronic diseases develop?
2. A patient with cardiogenic shock has a high blood lactate level. In what process is lactate formed? Write the reaction of lactate formation. Why can its amount increase significantly in tissue hypoxia? What type of acid-base balance disorders can develop when lactate accumulates in the blood?
3. The child's parents found rapid darkening of his urine upon contact with air. What kind of disease can be assumed? Which amino acid metabolism is disrupted? Explain the biochemical mechanism of the disorders.

## **2 семестр**

### **Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме зачёта**

#### **Ферменты**

1. Функции белков в организме человека. Физиологически активные пептиды. Уровни структурной организации белков. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белка. Связи, их стабилизирующие.
2. Сложные белки. Классификация, строение, примеры. Строение и функции миоглобина.
3. Строение и функции гемоглобина. Понятие о гемоглобинопатиях.
4. Общая характеристика ферментов. Специфичность ферментов. Виды специфичности, примеры. Строение ферментов. Кофакторы и коферменты. Классификация и номенклатура ферментов.

5. Механизм действия ферментов. Активный центр фермента. Этапы ферментативного катализа. Модели взаимодействия фермента с субстратом: «ключ-замок» и Кошланда (индуцированного соответствия).

6. Основы кинетики ферментативных реакций. Зависимость скорости ферментативной реакции от количества субстрата. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Зависимость скорости ферментативной реакции от количества фермента. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры и pH среды.

7. Ингибирование ферментативной активности. Конкурентное и неконкурентное обратимое ингибирование. Необратимое ингибирование. Кинетические зависимости. Примеры.

8. Аллостерические ферменты. Особенности строения и функционирования. Аллостерические эффекторы. Регуляция активности ферментов белок-белковыми взаимодействиями. Регуляторные белки. Ассоциация-диссоциация. Примеры. Регуляция активности ферментов путем фосфорилирования-дефосфорилирования, частичным протеолизом.

9. Изоферменты. Примеры. Биологическое значение. Понятие об энзимопатиях. Примеры. Энзимодиагностика и энзимотерапия. Примеры использования ферментов в качестве лекарственных средств.

#### Энергетический обмен

1. Катаболизм и анаболизм. Общая схема обмена веществ и энергии в организме человека. Специфические и общие пути катаболизма.

2. Окислительное декарбоксилирование пирувата. Строение пируватдегидрогеназного комплекса. Стадии окислительного декарбоксилирования пирувата. Регуляция пируватдегидрогеназного комплекса.

3. Цикл трикарбоновых кислот. Общая схема, энергетическое значение.

4. Последовательность реакций цикла трикарбоновых кислот. Реакции дегидрирования. Субстратное фосфорилирование.

5. Регуляция цикла трикарбоновых кислот. Анаболические функции цикла трикарбоновых кислот. Анаплеротические реакции.

6. Представление о макроэргических субстратах. Классификация макроэргов. Макроэргичность АТФ. АТФ – универсальная энергетическая валюта клетки.

7. Пути синтеза АТФ: субстратное и окислительное фосфорилирование. Примеры реакций субстратного фосфорилирования.

8. Окислительное фосфорилирование АДФ. Механизм сопряжения окисления и фосфорилирования. Хемиосмотическая теория Митчелла.

9. Состав, структура и номенклатура дыхательных комплексов и других компонентов цепи переноса электронов, их локализация и функции во внутренней мембране митохондрий. Строение АТФ-синтазы. Механизм функционирования.

10. Регуляция окислительного фосфорилирования. Дыхательный контроль. Механизмы разобщения окисления и фосфорилирования. Физиологическое значение разобщения. UCP-белки. Молекулярно-биологические аспекты функции и дисфункции митохондрий.

## Обмен углеводов

1. Биологическая роль углеводов. Суточная потребность в углеводах у взрослых и детей. Углеводы пищи животного и растительного происхождения, их значение.
2. Структура и функции представителей углеводов: моносахаридов, дисахаридов, гомополисахаридов.
3. Переваривание углеводов. Характеристика и действие ферментов, участвующих в полостном и пристеночном пищеварении:  $\alpha$ -амилаза ротовой полости, ферменты панкреатического сока, ферментные комплексы тонкого кишечника, отвечающие за гидролиз дисахаридов.
4. Нарушение переваривания и всасывания углеводов: синдром мальабсорбции: биохимические причины, метаболические нарушения и последствия, механизмы развития ведущих типовых симптомов. непереносимость сахарозы и лактозы: биохимические причины, последствия, механизмы развития характерных симптомов.
5. Транспорт моносахаридов через клеточные мембраны: облегченная диффузия и активный транспорт. Транспортёры глюкозы: виды, особенности структуры, функции. Инсулин-зависимые транспортеры.
6. Пути превращения глюкозы в клетке. Источники глюкозы в клетке. Фосфорилирование глюкозы, ключевая роль глюкозо-6-фосфата.
7. Особенности ферментов обмена углеводов в печени: участие глюкокиназы и глюкозо-6-фосфатазы в поддержании постоянной концентрации глюкозы в крови.
8. Синтез гликогена из глюкозо-6-фосфата (гликогеногенез). Биологическое значение, реакции, ферменты. Тканевая и клеточная локализация.
9. Распад гликогена до глюкозо-6-фосфата. Биологическое значение, реакции, ферменты. Тканевая и клеточная локализация.
10. Особенности обмена гликогена в печени и мышцах при некоторых физиологических состояниях (потребление пищи, голодание, мышечная активность). Участие гормонов в этих процессах.
11. Регуляция ферментов обмена гликогена – гликогенсинтазы и гликоген-фосфорилазы: гормональная – влияние адреналина и глюкагона (аденилатциклазный механизм, роль цАМФ и протеинкиназы А); роль инсулина и участие фосфодиэстеразы в снижении концентрации цАМФ в клетке; аллостерическая регуляция активности гликогенфосфорилазы при участии АМФ; кальций-зависимая активация киназы фосфорилазы гликогена.
12. Генетические нарушения синтеза (агликогеноз) и распада гликогена (печеночные, мышечные и смешанные гликогенозы).
13. Характеристика процесса гликолиза: локализация и условия протекания процесса, последовательность реакций и ферменты, конечные продукты, участие адениловых нуклеотидов и энергетический эффект, необратимые реакции гликолиза, реакции гликолиза, сопряженные с потреблением АТФ, реакции субстратного фосфорилирования, их сущность и значение, гликолитическая оксидоредукция ее сущность и значение.
14. Характеристика процесса глюконеогенеза: локализация и условия протекания реакций, субстраты, последовательность реакций и ферменты, реакции глюконеогенеза, сопряженные с потреблением ГТФ и АТФ, необратимые реакции глюконеогенеза, значение при голодании и физической работе, расход энергии для синтеза одной молекулы глюкозы.

15. Реципрокная регуляция гликолиза и глюконеогенеза: гормональная – роль инсулина, адреналина, кортизола, глюкагона; аллостерическая – роль АТФ, АДФ, АМФ, цитрата, жирных кислот, глюкозо-6-фосфата, фруктозо-6-фосфата, фруктозо-1,6-дифосфата, ацетил-SKoA.
16. Анаэробное окисление глюкозы. Судьба продуктов гликолиза в анаэробных условиях. Энергетический эффект окисления глюкозы и гликогена в анаэробных условиях.
17. Судьба продуктов гликолиза в аэробных условиях. Глицеролфосфатная и малат-аспартатная челночные системы. Энергетический выход аэробного окисления глюкозы.
18. Этапы аэробного окисления и суммарное уравнение аэробного распада глюкозы. Преимущества аэробного окисления.
19. Пируват: пути обмена, значение, реакции превращения в ацетил-SKoA и оксалоацетат, энергетический баланс окисления до CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O.
20. Глюкозо-лактатный цикл (цикл Кори), его значение при физической работе. Источники молочной кислоты в организме.
21. Особенности метаболизма глюкозы в печени, мозге, скелетных мышцах, жировой ткани, эритроцитах.
22. Характеристика пентозофосфатного пути окисления глюкозы: распространение и роль пентозофосфатного пути, реакции окислительного этапа, представление о неокислительном этапе, ферменты, коферменты, взаимосвязь процесса с гликолизом, значение пентозофосфатного пути в жировой клетке, эритроците, в делящихся клетках.
23. Наследственная энзимопатия глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы. Факторы, провоцирующие проявление недостаточности фермента. Последствия.
24. Гормональная регуляция обмена углеводов. Влияние инсулина, адреналина, глюкагона, кортизола на уровень глюкозы крови и на внутриклеточные процессы превращения глюкозы. Инсулин-зависимые ткани. Гормон-чувствительные ферменты обмена углеводов, способы их регуляции.
25. Физиологические и патологические гипер- и гипогликемии: причины возникновения.
26. Общая характеристика сахарного диабета 1 и 2 типа. Нарушенные пути обмена углеводов. Биохимические механизмы осложнений сахарного диабета.

## Обмен липидов

1. Классификация липидов. Простые липиды. Триацилглицеролы, строение, биологическая роль и функции, жирные кислоты, входящие в их состав. Биологическая роль полиненасыщенных жирных кислот.
2. Переваривание липидов. Пищевые источники липидов, суточная потребность детей и взрослых в жидких и твердых жирах. Этапы переваривания липидов в ЖКТ.
3. Состав желчи и ее роль для организма и в переваривании липидов. Виды желчных кислот, их функции, строение. Причины и последствия нарушения желчеобразования и секреции желчи. Ферменты, осуществляющие переваривание триацилглицеролов, фосфолипидов и эфиров холестерина в тонком кишечнике. Место образования и способ активации этих ферментов. Роль фосфолипаз A<sub>2</sub> и C.

4. Возможные причины нарушения переваривания и всасывания пищевого жира. Причины гиповитаминозов и стеатореи при нарушении переваривания липидов.
5. Ресинтез липидов в энтероцитах, его роль. Транспорт ресинтезированных триацилглицеролов в организме.
6. Характеристика синтеза жирных кислот из глюкозы: локализация и условия протекания процесса, схема образования ацетил-SКоА из глюкозы, роль цитрата в переносе ацетильной группы в цитозоль, его дальнейшие превращения, реакция синтеза малонил-SКоА, роль витамина Н, его характеристика. Строение мультиферментного синтазного комплекса, химизм реакций, происходящих в комплексе, конечный продукт синтеза, регуляция процесса.
7. Реакции синтеза глицерол-3-фосфата из глюкозы. Локализация и роль процесса.
8. Реакции синтеза триацилглицеролов (липогенез). Жирно-кислотный состав триацилглицеролов. Связь синтеза триацилглицеролов с обменом углеводов. Сходство и отличие биосинтеза триацилглицеролов в жировой ткани и печени.
9. Липолиз: локализация и условия протекания процесса, последовательность реакций и ферменты, конечные продукты, гормональная регуляция процесса, транспорт и использование свободных жирных кислот, образующихся при липолизе. Утилизация глицерола.
10. Реакции окисления жирных кислот до углекислого газа и воды: роль карнитина в окислении жирных кислот, локализация и условия протекания  $\beta$ -окисления, последовательность реакций  $\beta$ -окисления и ферменты, участие витаминов и коферментов, конечные продукты, связь с ЦТК и дыхательной цепью, энергетический выход процесса, расчет энергетической ценности  $\beta$ -окисления пальмитиновой кислоты.
11. Особенности обмена триацилглицеролов при некоторых физиологических состояниях (потребление пищи, голодание, мышечная активность).
12. Реакции синтеза кетоновых тел. Условия, локализация и роль процесса. Реакции утилизации кетоновых тел в тканях.
13. Причины кетоацидоза при голодании и сахарном диабете. Роль дефицита оксалоацетата для активации кетогенеза.
14. Жирно-кислотный состав фосфолипидов. Два пути биосинтеза фосфолипидов. Роль витаминов В6, В9 и В12, серина и метионина. Липотропные вещества, реакции, в которых они участвуют. Причины нарушения синтеза фосфолипидов. Причины и последствия жирового гепатоза.
15. Химическое строение и биологическая роль холестерина. Пищевые источники холестерина. Пути и продукты метаболизма холестерина. Выведение холестерина из организма.
16. Синтез холестерина. Локализация, источники углерода и водорода, этапы синтеза. Реакции синтеза мевалоновой кислоты. Схема дальнейших этапов синтеза холестерина. Связь синтеза холестерина с обменом углеводов. Регуляция синтеза холестерина.
17. Липопротейны крови: классификация, строение, этапы формирования. Апобелки: классификация, функции.
18. Транспорт пищевых триацилглицеролов в организме. Характеристика хиломикронов: липидный состав, соотношение липидных фракций, значение, функции. Основные апобелки, их функция. Схема строения хиломикрона. Условия, при которых образуются эти липопротейны. Утилизация хиломикронов в тканях. Роль липопротейнлипазы.

19. Липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП): структура и роль. Источники ТАГ в печени. Схема строения ЛПОНП. Основные апобелки, их функция. Утилизация ЛПОНП в тканях. Роль липопротеинлипазы.

20. Липопротеины низкой плотности (ЛПНП): структура и роль. Локализация и роль апо В100 рецептора. Значение рецептор-опосредованного эндоцитоза ЛПНП и пути метаболизма их компонентов после эндоцитоза.

21. Липопротеины высокой плотности (ЛПВП): структура и роль. Метаболизм ЛПВП.

22. Гиперлипипротееинемии: типы, причины и и клинические последствия. Характеристика нарушения транспорта холестерина в ткани – гиперлипипротееинемия IIa типа (семейная гиперхолестеролемиа), ее причина и клинические последствия.

23. Характеристика атеросклероза (по стадиям). Роль модифицированных ЛПНП в инициации атеросклероза, причины их появления. Участие нейтрофилов и моноцитов в патогенезе атеросклероза.

## Enzymes

1. The functions of proteins in the human body. Physiologically active peptides. Levels of structural organization of proteins. Primary, secondary, tertiary and quaternary protein structures. Connections that stabilize them.

2. Complex proteins. Classification, structure, examples. The structure and functions of myoglobin.

3. The structure and functions of hemoglobin. The concept of hemoglobinopathies.

4. General characteristics of enzymes. The specificity of enzymes. Types of specificity, examples. The structure of enzymes. Cofactors and coenzymes. Classification and nomenclature of enzymes.

5. The mechanism of enzyme action. The active site of enzymes. Stages of enzymatic catalysis. Models of enzyme-substrate interaction: key-lock and Koshland model (induced-fit).

6. Fundamentals of kinetics of enzymatic reactions. Dependence of the rate of the enzymatic reaction on the amount of substrate. The Michaelis-Menten equation. The dependence of the rate of the enzymatic reaction on the amount of enzyme. The dependence of the rate of the enzymatic reaction on the temperature and pH of the medium.

7. Inhibition of enzymatic activity. Competitive and non-competitive reversible inhibition. Irreversible inhibition. Kinetic dependencies. Examples.

8. Allosteric enzymes. Features of the structure and functioning. Allosteric effectors. Regulation of enzyme activity by protein-protein interactions. Regulatory proteins. Association and dissociation. Examples. Regulation of enzyme activity by phosphorylation-dephosphorylation, by partial proteolysis.

9. Isoenzymes. Examples. Biological significance. The concept of enzymopathies. Examples. Enzyme diagnostics and enzyme therapy. Examples of the use of enzymes as medicines.

## Energy metabolism

1. Catabolism and anabolism. The general scheme of metabolism and energy in the human body. Specific and common pathways of catabolism.

2. Oxidative decarboxylation of pyruvate. The structure of the pyruvate dehydrogenase complex. The stages of oxidative decarboxylation of pyruvate. Regulation of the pyruvate dehydrogenase complex.

3. The tricarboxylic acid cycle. The general scheme, the role in energy metabolism.
4. The sequence of reactions of the tricarboxylic acid cycle. Dehydrogenation reactions. Substrate-level phosphorylation in the tricarboxylic acid cycle.
5. Regulation of the tricarboxylic acid cycle. Anabolic functions of the tricarboxylic acid cycle. Anaplerotic reactions.
6. The concept of macroergic substrates. Classification of macroergic substrates. Macroergicity of ATP. ATP as the universal energy currency of the cell.
7. Pathways of ATP synthesis: substrate-level phosphorylation and oxidative phosphorylation. Examples of substrate-level phosphorylation reactions.
8. Oxidative phosphorylation of ADP. The mechanism of coupling between oxidation and phosphorylation. Mitchell's chemiosmotic theory.
9. Composition, structure and nomenclature of respiratory complexes and other components of the electron transport chain, their localization and functions in the inner membrane of mitochondria. The structure of ATP synthase. The mechanism of functioning.
10. Regulation of oxidative phosphorylation. Respiratory control. Mechanisms of dissociation of oxidation and phosphorylation. The physiological significance of uncoupling. Uncoupling proteins (UCP). Molecular biological aspects of mitochondrial function and dysfunction.

#### Metabolism of carbohydrates

1. The biological role of carbohydrates. The daily need for carbohydrates in adults and children. Carbohydrates of food of animal and vegetable origin, their importance.
2. Structure and functions of representatives of carbohydrates: monosaccharides, disaccharides, homopolysaccharides.
3. Digestion of carbohydrates. Characteristics and action of enzymes involved in the digestion in the lumen of the gastrointestinal tract and in parietal digestion:  $\alpha$ -amylase of the oral cavity, pancreatic juice enzymes, enzyme complexes of the small intestine responsible for the hydrolysis of disaccharides.
4. Impaired digestion and absorption of carbohydrates: malabsorption syndrome: biochemical causes, metabolic disorders and consequences, mechanisms of development of the typical symptoms. Sucrose and lactose intolerance: biochemical causes, consequences, mechanisms of development of characteristic symptoms.
5. Transport of monosaccharides through cell membranes: facilitated diffusion and active transport. Glucose transporters: types, structural features, functions. Insulin-dependent transporters.
6. Pathways of glucose metabolism in cells. Sources of glucose in cells. Phosphorylation of glucose, the key role of glucose-6-phosphate.
7. Features of carbohydrate metabolism enzymes in the liver: the role of glucokinase and glucose-6-phosphatase in maintaining a constant concentration of glucose in the blood.
8. Synthesis of glycogen from glucose-6-phosphate (glycogenogenesis). Biological significance, reactions, enzymes. Tissue and cellular localization.
9. Breakdown of glycogen to glucose-6-phosphate. Biological significance, reactions, enzymes. Tissue and cellular localization.

10. Features of glycogen metabolism in the liver and muscles in certain physiological conditions (food intake, fasting, physical activity). The involvement of hormones in these processes.
11. Regulation of glycogen metabolism enzymes – glycogen synthase and glycogen phosphorylase: hormonal - the effect of adrenaline and glucagon (adenylate cyclase mechanism, the role of cAMP and protein kinase A); the role of insulin and the participation of phosphodiesterase in reducing cAMP concentration in the cell; allosteric regulation of glycogen phosphorylase activity with the participation of AMP; calcium-dependent activation of glycogen phosphorylase kinase.
12. Genetic disorders of glycogen synthesis and breakdown (hepatic, muscular and mixed glycogen storage diseases).
13. Characteristics of the glycolysis: localization and conditions of the process, reactions, enzymes, end products, participation of adenylic nucleotides and energy effect, irreversible glycolysis reactions, glycolysis reactions associated with ATP consumption, substrate phosphorylation reactions, their significance, glycolytic oxidoreduction, its significance.
14. Characteristics of the gluconeogenesis process: localization and conditions of reactions, substrates, reactions and enzymes, gluconeogenesis reactions associated with the consumption of GTP and ATP, irreversible reactions of gluconeogenesis, the importance of the gluconeogenesis process during fasting and physical activity, energy consumption for the synthesis of one glucose molecule.
15. Reciprocal regulation of glycolysis and gluconeogenesis: hormonal – the role of insulin, adrenaline, cortisol, glucagon; allosteric – the role of ATP, ADP, AMP, citrate, fatty acids, glucose-6-phosphate, fructose-6-phosphate, fructose-1,6-diphosphate, acetyl-SCoA.
16. Anaerobic oxidation of glucose. The fate of glycolysis products in anaerobic conditions. The energetic effect of glucose and glycogen oxidation in anaerobic conditions.
17. Fate of glycolysis products in aerobic conditions. Glycerol phosphate and malate-aspartate shuttle systems. The energy yield of aerobic glucose oxidation.
18. The stages of aerobic oxidation and the total equation of aerobic glucose breakdown. The benefits of aerobic oxidation.
19. Pyruvate: metabolism pathways, role, reactions of transformation to acetyl-SCoA and oxaloacetate, energy balance of oxidation to CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O.
20. Glucose-lactate cycle (Cori cycle), its importance during physical activity. Sources of lactic acid in the human body.
21. Features of glucose metabolism in the liver, brain, skeletal muscles, adipose tissue, and red blood cells.
22. Characteristics of the pentose phosphate pathway of glucose oxidation: the role of the pentose phosphate pathway, the reactions of the oxidative stage, the concept of the non-oxidative stage, enzymes, coenzymes, the connection of the process with glycolysis, the importance of the pentose phosphate pathway in adipose cells, erythrocytes, and dividing cells.
23. Hereditary enzymopathy of glucose-6-phosphate dehydrogenase. Factors that provoke the manifestation of enzyme deficiency. The consequences.
24. Hormonal regulation of carbohydrate metabolism. The effect of insulin, adrenaline, glucagon, and cortisol on blood glucose levels and intracellular glucose metabolism. Insulin-dependent tissues. Hormone-sensitive enzymes of carbohydrate metabolism, mechanisms of their regulation.
25. Physiological and pathological hyper- and hypoglycemia: causes.

26. General characteristics of type 1 and type 2 diabetes mellitus. Impaired carbohydrate metabolism pathways. Biochemical mechanisms of complications of diabetes mellitus.

### Metabolism of lipids.

1. Classification of lipids. Simple lipids. Triacylglycerols, structure, biological role and functions, fatty acids included in their structures. The biological role of polyunsaturated fatty acids.
2. Digestion of lipids. Dietary sources of lipids, daily needs of children and adults in liquid and solid fats. Stages of lipid digestion in the gastrointestinal tract.
3. The composition of bile and its role in the human organism. Types of bile acids, their functions, structure. Causes and consequences of disorders of formation and secretion of bile. Enzymes involved in the digestion of triacylglycerols, phospholipids, and cholesterol esters in the small intestine. The place of formation and the mechanism of activation of these enzymes. The role of phospholipases A2 and C.
4. Causes of impaired digestion and absorption of dietary lipids. Causes of hypovitaminosis and steatorrhea in lipid digestion disorders.
5. Lipid resynthesis in enterocytes, its role. Transport of resynthesized triacylglycerols in the body.
6. Characteristics of the synthesis of fatty acids from glucose: localization and conditions of the process, the scheme of formation of acetyl CoA from glucose, the role of citrate in the transfer of the acetyl group to the cytosol, its further transformations, the reaction of synthesis of malonyl-CoA, the role of vitamin H, its characteristics. The structure of the multi-enzyme synthase complex, the chemistry of reactions occurring in the complex, the final product of synthesis, and the regulation of the process.
7. Reactions of glycerol-3-phosphate synthesis from glucose. Localization and the role of the process.
8. Reactions of synthesis of triacylglycerols (lipogenesis). Fatty acid composition of triacylglycerols. The relationship of triacylglycerol synthesis with carbohydrate metabolism. The similarity and difference of triacylglycerol biosynthesis in adipose tissue and in the liver.
9. Lipolysis: localization and conditions of the process, reactions and enzymes, end products, hormonal regulation of the process, transport and usage of free fatty acids formed during lipolysis. Glycerol utilization.
10. Reactions of oxidation of fatty acids to carbon dioxide and water: the role of carnitine in the oxidation of fatty acids, localization and conditions of the  $\beta$ -oxidation process, reactions and enzymes, the participation of vitamins and coenzymes, end products, the relationship with the tricarboxylic acid cycle and the respiratory chain, the energy yield of the process, calculation of the energy value of palmitic acid oxidation.
11. Features of triacylglycerol metabolism in certain physiological conditions (food intake, fasting, physical activity).
12. Reactions of synthesis of ketone bodies. Conditions, localization, and the role of the process. Reactions of utilization of ketone bodies in tissues.
13. Causes of ketoacidosis during fasting and diabetes mellitus. The role of oxaloacetate deficiency in the activation of ketogenesis.

14. Fatty acid composition of phospholipids. Two ways of phospholipid biosynthesis. The role of vitamins B6, B9 and B12, serine and methionine. Lipotropic substances, reactions in which they are involved. Causes of impaired phospholipid synthesis. Causes and consequences of fatty hepatosis.
15. Chemical structure and biological role of cholesterol. Dietary sources of cholesterol. Pathways and products of cholesterol metabolism. Elimination of cholesterol from the body.
16. Synthesis of cholesterol. Localization, sources of carbon and hydrogen, stages of synthesis. Reactions of mevalonic acid synthesis. The scheme of further stages of cholesterol synthesis. The relationship of cholesterol synthesis with carbohydrate metabolism. Regulation of cholesterol synthesis.
17. Blood lipoproteins: classification, structure, stages of formation. Proteins: classification, functions.
18. Transport of food triacylglycerols in the body. Characteristics of chylomicrons: lipid composition, ratio of lipid fractions, role and functions. The main apoproteins, their function. The scheme of the chylomicron structure. The conditions under which these lipoproteins are formed. Utilization of chylomicrons in tissues. The role of lipoprotein lipase.
19. Very low density lipoproteins (VLDL): structure and role. Sources of TAG in the liver. The scheme of the VLDL structure. The main proteins, their function. Utilization of VLDL in tissues. The role of lipoprotein lipase.
20. Low density lipoproteins (LDL): structure and role. Localization and role of the apo B100 receptor. The significance of LDL receptor-mediated endocytosis and the pathways of metabolism of their components after endocytosis.
21. High-density lipoproteins (HDL): structure and role. HDL metabolism.
22. Hyperlipoproteinemia: types, causes and clinical consequences. The characteristic of impaired cholesterol transport in the tissue is type IIa hyperlipoproteinemia (familial hypercholesterolemia), its cause and clinical consequences.
23. Characteristics of atherosclerosis (by stages). The role of modified LDL in the initiation of atherosclerosis, the causes of their occurrence. The involvement of neutrophils and monocytes in the pathogenesis of atherosclerosis.

### **Образец билета для проведения зачета**

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Кафедра биохимии и молекулярной биологии ИФМХ

**Билет № \_\_\_\_\_**

для проведения зачета по дисциплине «Биохимия» по программе специалитета по  
специальности 31.05.03 Стоматология  
направленность (профиль) Стоматология

1. Общая характеристика ферментов. Специфичность ферментов. Виды специфичности, примеры. Строение ферментов. Кофакторы и коферменты. Классификация и номенклатура ферментов.
  2. Генетические нарушения синтеза (агликогеноз) и распада гликогена (печеночные, мышечные и смешанные гликогенозы).
  3. Состав желчи и ее роль для организма и в переваривании липидов. Виды желчных кислот, их функции, строение. Причины и последствия нарушения желчеобразования и секреции желчи. Ферменты, осуществляющие переваривание триацилглицеролов, фосфолипидов и эфиров холестерина в тонком кишечнике. Место образования и способ активации этих ферментов. Роль фосфолипаз A2 и C.
- 
1. General characteristics of enzymes. The specificity of enzymes. Types of specificity, examples. The structure of enzymes. Cofactors and coenzymes. Classification and nomenclature of enzymes.
  2. Genetic disorders of glycogen synthesis and breakdown (hepatic, muscular and mixed glycogen storage diseases).
  3. The composition of bile and its role in the human organism. Types of bile acids, their functions, structure. Causes and consequences of disorders of formation and secretion of bile. Enzymes involved in the digestion of triacylglycerols, phospholipids, and cholesterol esters in the small intestine. The place of formation and the mechanism of activation of these enzymes. The role of phospholipases A2 and C.

Кафедра биохимии и молекулярной биологии ИФМХ

Заведующий кафедрой  
Шестопалов Александр  
Вячеславович

### 3 семестр

#### Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации в форме экзамена

##### Ферменты

1. Функции белков в организме человека. Физиологически активные пептиды. Уровни структурной организации белков. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белка. Связи, их стабилизирующие.
2. Сложные белки. Классификация, строение, примеры. Строение и функции миоглобина.
3. Строение и функции гемоглобина. Понятие о гемоглобинопатиях.
4. Общая характеристика ферментов. Специфичность ферментов. Виды специфичности, примеры. Строение ферментов. Кофакторы и коферменты. Классификация и номенклатура ферментов.
5. Механизм действия ферментов. Активный центр фермента. Этапы ферментативного катализа. Модели взаимодействия фермента с субстратом: «ключ-замок» и Кошланда (индуцированного соответствия).

6. Основы кинетики ферментативных реакций. Зависимость скорости ферментативной реакции от количества субстрата. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Зависимость скорости ферментативной реакции от количества фермента. Зависимость скорости ферментативной реакции от температуры и pH среды.

7. Ингибирование ферментативной активности. Конкурентное и неконкурентное обратимое ингибирование. Необратимое ингибирование. Кинетические зависимости. Примеры.

8. Аллостерические ферменты. Особенности строения и функционирования. Аллостерические эффекторы. Регуляция активности ферментов белок-белковыми взаимодействиями. Регуляторные белки. Ассоциация-диссоциация. Примеры. Регуляция активности ферментов путем фосфорилирования-дефосфорилирования, частичным протеолизом.

9. Изоферменты. Примеры. Биологическое значение. Понятие об энзимопатиях. Примеры. Энзимодиагностика и энзимотерапия. Примеры использования ферментов в качестве лекарственных средств.

### Энергетический обмен

1. Катаболизм и анаболизм. Общая схема обмена веществ и энергии в организме человека. Специфические и общие пути катаболизма.

2. Окислительное декарбоксилирование пирувата. Строение пируватдегидрогеназного комплекса. Стадии окислительного декарбоксилирования пирувата. Регуляция пируватдегидрогеназного комплекса.

3. Цикл трикарбоновых кислот. Общая схема, энергетическое значение.

4. Последовательность реакций цикла трикарбоновых кислот. Реакции дегидрирования. Субстратное фосфорилирование.

5. Регуляция цикла трикарбоновых кислот. Анаболические функции цикла трикарбоновых кислот. Анаплеротические реакции.

6. Представление о макроэргических субстратах. Классификация макроэргов. Макроэргичность АТФ. АТФ – универсальная энергетическая валюта клетки.

7. Пути синтеза АТФ: субстратное и окислительное фосфорилирование. Примеры реакций субстратного фосфорилирования.

8. Окислительное фосфорилирование АДФ. Механизм сопряжения окисления и фосфорилирования. Хемиосмотическая теория Митчелла.

9. Состав, структура и номенклатура дыхательных комплексов и других компонентов цепи переноса электронов, их локализация и функции во внутренней мембране митохондрий. Строение АТФ-синтазы. Механизм функционирования.

10. Регуляция окислительного фосфорилирования. Дыхательный контроль. Механизмы разобщения окисления и фосфорилирования. Физиологическое значение разобщения. UCP-белки. Молекулярно-биологические аспекты функции и дисфункции митохондрий.

### Обмен углеводов

1. Биологическая роль углеводов. Суточная потребность в углеводах у взрослых и детей. Углеводы пищи животного и растительного происхождения, их значение.

2. Структура и функции представителей углеводов: моносахаридов, дисахаридов, гомополисахаридов.
3. переваривание углеводов. Характеристика и действие ферментов, участвующих в полостном и пристеночном пищеварении:  $\alpha$ -амилаза ротовой полости, ферменты панкреатического сока, ферментные комплексы тонкого кишечника, отвечающие за гидролиз дисахаридов.
4. Нарушение переваривания и всасывания углеводов: синдром мальабсорбции: биохимические причины, метаболические нарушения и последствия, механизмы развития ведущих типовых симптомов. непереносимость сахарозы и лактозы: биохимические причины, последствия, механизмы развития характерных симптомов.
5. Транспорт моносахаридов через клеточные мембраны: облегченная диффузия и активный транспорт. Транспортёры глюкозы: виды, особенности структуры, функции. Инсулин-зависимые транспортеры.
6. Пути превращения глюкозы в клетке. Источники глюкозы в клетке. Фосфорилирование глюкозы, ключевая роль глюкозо-6-фосфата.
7. Особенности ферментов обмена углеводов в печени: участие глюкокиназы и глюкозо-6-фосфатазы в поддержании постоянной концентрации глюкозы в крови.
8. Синтез гликогена из глюкозо-6-фосфата (гликогеногенез). Биологическое значение, реакции, ферменты. Тканевая и клеточная локализация.
9. Распад гликогена до глюкозо-6-фосфата. Биологическое значение, реакции, ферменты. Тканевая и клеточная локализация.
10. Особенности обмена гликогена в печени и мышцах при некоторых физиологических состояниях (потребление пищи, голодание, мышечная активность). Участие гормонов в этих процессах.
11. Регуляция ферментов обмена гликогена – гликогенсинтазы и гликоген-фосфорилазы: гормональная – влияние адреналина и глюкагона (аденилатциклазный механизм, роль цАМФ и протеинкиназы А); роль инсулина и участие фосфодиэстеразы в снижении концентрации цАМФ в клетке; аллостерическая регуляция активности гликогенфосфорилазы при участии АМФ; кальций-зависимая активация киназы фосфорилазы гликогена.
12. Генетические нарушения синтеза (агликогеноз) и распада гликогена (печеночные, мышечные и смешанные гликогенозы).
13. Характеристика процесса гликолиза: локализация и условия протекания процесса, последовательность реакций и ферменты, конечные продукты, участие адениловых нуклеотидов и энергетический эффект, необратимые реакции гликолиза, реакции гликолиза, сопряженные с потреблением АТФ, реакции субстратного фосфорилирования, их сущность и значение, гликолитическая оксидоредукция ее сущность и значение.
14. Характеристика процесса глюконеогенеза: локализация и условия протекания реакций, субстраты, последовательность реакций и ферменты, реакции глюконеогенеза, сопряженные с потреблением ГТФ и АТФ, необратимые реакции глюконеогенеза, значение при голодании и физической работе, расход энергии для синтеза одной молекулы глюкозы.
15. Реципрокная регуляция гликолиза и глюконеогенеза: гормональная – роль инсулина, адреналина, кортизола, глюкагона; аллостерическая – роль АТФ, АДФ, АМФ, цитрата, жирных кислот, глюкозо-6-фосфата, фруктозо-6-фосфата, фруктозо-1,6-дифосфата, ацетил-SКоА.
16. Анаэробное окисление глюкозы. Судьба продуктов гликолиза в анаэробных условиях. Энергетический эффект окисления глюкозы и гликогена в анаэробных условиях.

17. Судьба продуктов гликолиза в аэробных условиях. Глицеролфосфатная и малат-аспартатная челночные системы. Энергетический выход аэробного окисления глюкозы.
18. Этапы аэробного окисления и суммарное уравнение аэробного распада глюкозы. Преимущества аэробного окисления.
19. Пируват: пути обмена, значение, реакции превращения в ацетил-SКоА и оксалоацетат, энергетический баланс окисления до  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .
20. Глюкозо-лактатный цикл (цикл Кори), его значение при физической работе. Источники молочной кислоты в организме.
21. Особенности метаболизма глюкозы в печени, мозге, скелетных мышцах, жировой ткани, эритроцитах.
22. Характеристика пентозофосфатного пути окисления глюкозы: распространение и роль пентозофосфатного пути, реакции окислительного этапа, представление о неокислительном этапе, ферменты, коферменты, взаимосвязь процесса с гликолизом, значение пентозофосфатного пути в жировой клетке, эритроците, в делящихся клетках.
23. Наследственная энзимопатия глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы. Факторы, провоцирующие проявление недостаточности фермента. Последствия.
24. Гормональная регуляция обмена углеводов. Влияние инсулина, адреналина, глюкагона, кортизола на уровень глюкозы крови и на внутриклеточные процессы превращения глюкозы. Инсулин-зависимые ткани. Гормон-чувствительные ферменты обмена углеводов, способы их регуляции.
25. Физиологические и патологические гипер- и гипогликемии: причины возникновения.
26. Общая характеристика сахарного диабета 1 и 2 типа. Нарушенные пути обмена углеводов. Биохимические механизмы осложнений сахарного диабета.

## Обмен липидов

1. Классификация липидов. Простые липиды. Триацилглицеролы, строение, биологическая роль и функции, жирные кислоты, входящие в их состав. Биологическая роль полиненасыщенных жирных кислот.
2. Переваривание липидов. Пищевые источники липидов, суточная потребность детей и взрослых в жидких и твердых жирах. Этапы переваривания липидов в ЖКТ.
3. Состав желчи и ее роль для организма и в переваривании липидов. Виды желчных кислот, их функции, строение. Причины и последствия нарушения желчеобразования и секреции желчи. Ферменты, осуществляющие переваривание триацилглицеролов, фосфолипидов и эфиров холестерина в тонком кишечнике. Место образования и способ активации этих ферментов. Роль фосфолипаз A2 и C.
4. Возможные причины нарушения переваривания и всасывания пищевого жира. Причины гиповитаминозов и стеатореи при нарушении переваривания липидов.
5. Ресинтез липидов в энтероцитах, его роль. Транспорт ресинтезированных триацилглицеролов в организме.

6. Характеристика синтеза жирных кислот из глюкозы: локализация и условия протекания процесса, схема образования ацетил-SKoA из глюкозы, роль цитрата в переносе ацетильной группы в цитозоль, его дальнейшие превращения, реакция синтеза малонил-SKoA, роль витамина Н, его характеристика. Строение мультиферментного синтазного комплекса, химизм реакций, происходящих в комплексе, конечный продукт синтеза, регуляция процесса.
7. Реакции синтеза глицерол-3-фосфата из глюкозы. Локализация и роль процесса.
8. Реакции синтеза триацилглицеролов (липогенез). Жирно-кислотный состав триацилглицеролов. Связь синтеза триацилглицеролов с обменом углеводов. Сходство и отличие биосинтеза триацилглицеролов в жировой ткани и печени.
9. Липолиз: локализация и условия протекания процесса, последовательность реакций и ферменты, конечные продукты, гормональная регуляция процесса, транспорт и использование свободных жирных кислот, образующихся при липолизе. Утилизация глицерола.
10. Реакции окисления жирных кислот до углекислого газа и воды: роль карнитина в окислении жирных кислот, локализация и условия протекания  $\beta$ -окисления, последовательность реакций  $\beta$ -окисления и ферменты, участие витаминов и коферментов, конечные продукты, связь с ЦТК и дыхательной цепью, энергетический выход процесса, расчет энергетической ценности  $\beta$ -окисления пальмитиновой кислоты.
11. Особенности обмена триацилглицеролов при некоторых физиологических состояниях (потребление пищи, голодание, мышечная активность).
12. Реакции синтеза кетонных тел. Условия, локализация и роль процесса. Реакции утилизации кетонных тел в тканях.
13. Причины кетоацидоза при голодании и сахарном диабете. Роль дефицита оксалоацетата для активации кетогенеза.
14. Жирно-кислотный состав фосфолипидов. Два пути биосинтеза фосфолипидов. Роль витаминов В6, В9 и В12, серина и метионина. Липотропные вещества, реакции, в которых они участвуют. Причины нарушения синтеза фосфолипидов. Причины и последствия жирового гепатоза.
15. Химическое строение и биологическая роль холестерина. Пищевые источники холестерина. Пути и продукты метаболизма холестерина. Выведение холестерина из организма.
16. Синтез холестерина. Локализация, источники углерода и водорода, этапы синтеза. Реакции синтеза мевалоновой кислоты. Схема дальнейших этапов синтеза холестерина. Связь синтеза холестерина с обменом углеводов. Регуляция синтеза холестерина.
17. Липопротеины крови: классификация, строение, этапы формирования. Апобелки: классификация, функции.
18. Транспорт пищевых триацилглицеролов в организме. Характеристика хиломикронов: липидный состав, соотношение липидных фракций, значение, функции. Основные апобелки, их функция. Схема строения хиломикрона. Условия, при которых образуются эти липопротеины. Утилизация хиломикронов в тканях. Роль липопротеинлипазы.
19. Липопротеины очень низкой плотности (ЛПОНП): структура и роль. Источники ТАГ в печени. Схема строения ЛПОНП. Основные апобелки, их функция. Утилизация ЛПОНП в тканях. Роль липопротеинлипазы.
20. Липопротеины низкой плотности (ЛПНП): структура и роль. Локализация и роль апо В100 рецептора. Значение рецептор-опосредованного эндоцитоза ЛПНП и пути метаболизма их компонентов после эндоцитоза.

21. Липопротеины высокой плотности (ЛПВП): структура и роль. Метаболизм ЛПВП.

22. Гиперлипопротеинемии: типы, причины и клинические последствия. Характеристика нарушения транспорта холестерина в ткани – гиперлипопротеинемия IIa типа (семейная гиперхолестерolemия), ее причина и клинические последствия.

23. Характеристика атеросклероза (по стадиям). Роль модифицированных ЛПНП в инициации атеросклероза, причины их появления. Участие нейтрофилов и моноцитов в патогенезе атеросклероза.

## Обмен белков и нуклеотидов

1. Понятие "азотистый баланс" и причины его изменения (равновесие, положительный и отрицательный азотистый баланс). Особенности азотистого баланса у детей. Пищевые источники белка. Суточная потребность организма в белке. Биологическая ценность белков. Проявления белковой недостаточности, квашиоркор.

2. Переваривание белков в желудке и кишечнике. Механизм синтеза и биологическая роль соляной кислоты желудочного сока. Понятия гиперхлоргидрия, гипохлоргидрия, ахлоргидрия, ахилия. Ферменты желудочного сока, панкреатического сока и кишечного сока, участвующие в переваривании белков.

3. Дезаминирование аминокислот. Окислительное дезаминирование глутамата и его роль в дезаминировании аминокислот. Прямое и непрямое окислительное дезаминирование.

4. Реакции трансаминирования. Роль витамина B6. Значение реакций трансаминирования. Аланинаминотрансфераза (АЛТ) и аспартатаминотрансфераза (АСТ) и их роль в диагностике.

5. Синтез биогенных аминов (на примере  $\gamma$ -аминомасляной кислоты, гистамина, серотонина, дофамина). Роль этих биогенных аминов. Обезвреживание биогенных аминов: дезаминирование с участием моноаминоксидазы (МАО) и реакции метилирования.

6. Основные пути образования аммиака в тканях. Токсичность аммиака. Транспортные формы аммиака в крови (глутамин, аланин). Реакции их образования. Глюкозо-аланиновый цикл. Роль печени и почек в связывании и выведении аммиака.

7. Орнитиновый цикл синтеза мочевины, локализация, ферменты, значение. Связь с ЦТК. Клинико-диагностическое значение определения концентрации мочевины.

8. Гипераммониемии, их причины и последствия. Нормальный и предельно допустимый уровень концентрации аммиака в крови. Причины токсичности аммиака.

9. Схема путей использования глицина и серина. Взаимосвязь обмена глицина, серина, метионина и цистеина, витаминов B6, B9 и B12: реакция взаимопревращения серина и глицина, реакции образования метилен-ТГФК и метил-ТГФК, реакции синтеза S аденозилметионина из гомоцистеина, роль витамина B12, участие S аденозилметионина в процессах транسمетилирования при синтезе биологически важных веществ; реакции получения гомоцистеина и путь его превращения в цистеин, роль витамина B6.

10. Пути использования в клетке фенилаланина и тирозина. Анаболические и катаболические пути превращений тирозина. Реакция превращения фенилаланина в тирозин. Характеристика заболевания фенилкетонурия: дефектные ферменты, биохимические основы патогенеза, характерные клинические проявления, основы лечения.

11. Реакции превращения тирозина в диоксифенилаланин, дофамин, норадреналин и адреналин. Нарушение метаболизма тирозина – альбинизм и паркинсонизм. Молекулярные причины, биохимические основы патогенеза, характерные особенности заболеваний, основы лечения.
12. Строение креатина и креатинфосфата, реакции их синтеза, локализация процесса. Биологическая роль креатинфосфата.
13. Пуриновые и пиримидиновые нуклеотиды: строение, роль в организме. Источники атомов азота и углерода в пуриновом кольце.
14. Катаболизм пуриновых нуклеотидов: реакции распада АМФ и ГМФ; реакции реутилизации гипоксантина и гуанина, реакция образования мочевой кислоты из гипоксантина и ксантина, роль ксантиноксидазы. Первичные и вторичные гиперурикемии, их причины и последствия: мочекаменная болезнь, причины, биохимические основы патогенеза, основы лечения; подагра, причины, клинические проявления, биохимические основы патогенеза, основы лечения. Механизм действия аллопуринола при лечении подагры. Синдром Леша-Нихана, причины, основы лечения, прогноз.

## Гормоны

1. Общие биологические признаки гормонов. Иерархия регуляторных систем. Классификация гормонов по химическому строению. Характеристика мембранных механизмов передачи гормонального сигнала в клетки-мишени. Понятие о рецепторе, белке-адапторе, белке-эффекторе, вторичном мессенджере.
2. Аденилатциклазный механизм действия: гормоны, вторичный посредник, ферменты и процессы, регулируемые этим механизмом. Реакции синтеза и распада цАМФ. Особенности активации протеинкиназы А. Роль активирующей и ингибирующей субъединицы G белка. Транскрипционный фактор CREB. Кальций-фосфолипидный механизм действия: гормоны, вторичные посредники, ферменты и процессы, регулируемые этим механизмом. Реакция образования инозитолтрифосфата (ИФ3) и диацилглицерола (ДАГ). Источники ионов кальция.
3. Тирозинкиназный механизм: ферментативный каскад, связанный с активацией Ras-белка, его схема, последовательность событий, основные участники, значение для метаболизма клетки. Цитозольный механизм передачи гормональных сигналов в клетки-мишени, его этапы. Гормоны, действие которых проявляется посредством этого механизма. Особенности внутриклеточных рецепторов.
4. Гипоталамо-гипофизарно-адренокортикальная система (ГГАКС), биологическое значение, компоненты, регуляция. Глюкокортикоиды: регуляция синтеза и секреции, основные этапы синтеза, механизм действия и органы-мишени, влияние на обмен веществ – регулируемые процессы. Гипо- и гиперфункция ГГАКС – метаболические нарушения, связь функции гормонов с характерными клиническими проявлениями. Основы лечения.
5. Гипоталамо-гипофизарно-тиреоидная система, биологическое значение, компоненты, регуляция. Тиреотропный гормон: регуляция синтеза и секреции, химическая природа, механизм действия и органы-мишени, биологические эффекты.
6. Тиреоидные гормоны: химическая структура, регуляция синтеза и секреции, основные этапы синтеза, механизм действия и органы-мишени, влияние на обмен веществ – регулируемые процессы. Калоригенный эффект. Гипо- и гиперфункция щитовидной железы – метаболические нарушения, связь функции гормона с характерными клиническими проявлениями. Основы лечения.

7. Гормональная регуляция абсорбтивного и постабсорбтивного периодов. Глюкагон: биологическое значение, регуляция синтеза и секреции, механизм действия, органы-мишени, влияние на обмен веществ – регулируемые ферменты и процессы.
8. Адреналин: биологическое значение, химическая структура, регуляция синтеза и секреции, реакции синтеза, адренергические рецепторы, их распределение, механизм действия в зависимости от рецептора, органы-мишени, влияние на обмен веществ в зависимости от рецептора – регулируемые ферменты и процессы, гипо- и гиперфункция – метаболические нарушения, связь функции гормона с характерными клиническими проявлениями. Основы лечения.
9. Инсулин: биологическое значение, основные этапы синтеза, регуляция секреции, механизм действия инсулина, молекулярные эффекты инсулина - метаболический и митогенный путь. Влияние инсулина на обмен углеводов, липидов и белков.
10. Сахарный диабет 1 и 2 типов. Причины абсолютной и относительной инсулиновой недостаточности. Сходство и различия метаболических нарушений при 1 и 2 типах диабета. Связь функции гормона с характерными клиническими проявлениями. Причины инсулинорезистентности. Биохимические механизмы осложнений сахарного диабета.
11. Биохимическая диагностика сахарного диабета: тест толерантности к глюкозе, концентрация гликозилированного гемоглобина (HbA1c) и С-пептида.
12. Половые гормоны. Классификация. Метаболические эффекты.
13. Метаболизм кальция и фосфатов. Регуляция и роль для зубной ткани и слюны. Регуляция фосфорного и кальциевого обмена. Паратиреоидный гормон, кальцитонин, кальцитриол. Локализация синтеза, регуляция синтеза и секреции и механизм эффектов.

#### Биохимия печени и крови

1. Участие печени в обмене белков и азотистых веществ. Оценка данной функции, нормальные показатели, клинко-диагностическое значение. Белковые фракции крови: альбумины,  $\alpha$ 1- и  $\alpha$ 2-глобулины,  $\beta$ -глобулины,  $\gamma$ -глобулины. Белки острой фазы, их представители.
2. Участие печени в углеводном обмене: обеспечение гомеостаза глюкозы крови, его гормональная и метаболическая регуляция. Оценка углеводного обмена, нормальные показатели, клинко-диагностическое значение.
3. Участие печени в липидном обмене: основные этапы синтеза триацилглицеролов, холестерина, фосфолипидов, их гормональная и метаболическая регуляция, липопротеины, образуемые в печени, их строение и роль, жировой гепатоз, оценка липидного обмена (холестерин, ТАГ, ХС-ЛПВП, ХС-ЛПНП, коэффициент атерогенности), нормальные показатели, клинко-диагностическое значение.
4. Роль печени в пищеварении. Состав желчи и ее роль. Строение и виды желчных кислот и реакции их синтеза. Причины нарушения синтеза и секреции желчи и их последствия.
5. Биотрансформация ксенобиотиков в организме. Роль печени в общей схеме превращения чужеродных соединений, ее взаимодействие с другими органами. Схема процесса микросомального окисления. НАДФН-зависимый и НАДН-зависимый пути поступления электронов. Источники НАДН и НАДФН, компоненты электронпереносящих цепей. Роль цитохрома Р450. Субстраты микросомального окисления. Индукторы и ингибиторы микросомального окисления.

6. Процесс конъюгации. Строение УДФ-глюкуроновой кислоты (УДФГК) и фосфоаденозинфосфосерной кислоты (ФАФС). Реакции образования прямого билирубина и животного индикана.
7. Синтез гема. Образование порфиобилиногена, схема синтеза протопорфирина IX и его превращения в гем. Роль феррохелатазы (гемсинтазы). Регуляция процесса – роль гема, ионов железа, гипоксии. Нарушения синтеза гема и гемоглобина: порфирии и талассемии.
8. Распад гемоглобина и образование билирубина в ретикулоэндотелиальной системе. Транспорт билирубина в печень. Этапы метаболизма билирубина в печени. Роль фермента УДФ-глюкуронил-трансферазы. Этапы метаболизма билирубина в кишечнике.
9. Желтухи, виды, причины, лабораторные критерии. Физиологические желтухи новорожденных. Патологические желтухи новорожденных.
10. Обмен железа в организме: потребность, пищевые источники, механизм всасывания, транспорт в крови, механизм переноса через клеточные мембраны, запасная форма. Железосодержащие белки. Регуляция обмена железа. Роль гепсидина и цитокинов.
11. Причины, биохимические последствия и клинические проявления избытка и недостаточности железа. Гемохроматоз. Железодефицитные состояния.
12. Дыхательная функция крови. Схемы реакций, происходящих в эритроците в капиллярах легких и капиллярах тканей. Способы транспорта углекислого газа. Роль карбоангидразы. Роль эритроцита в изменении концентрации бикарбонат-ионов плазмы. Механизм связывания гема гемоглобина с кислородом, роль процесса в регуляции кислотно-основного состояния.
13. Кислотно-основное состояние крови. Роль постоянства концентрации ионов  $H^+$  в деятельности клеток. Источники ионов  $H^+$  в клетке. Основные показатели кислотно-основного состояния (pH,  $pCO_2$ ).
14. Химические механизмы регуляции кислотно-основного состояния. Буферные системы крови – фосфатная, белковая, бикарбонатная, гемоглобиновая.
15. Основные виды нарушений КОС – респираторный (дыхательный) ацидоз и алкалоз, метаболический ацидоз и алкалоз, причины, их вызывающие. Изменение основных показателей кислотно-основного состояния при ацидозах и алкалозах.
16. Система гемостаза, ее значение, компоненты. Плазменные белки системы свертывания крови. Общая характеристика. Образование тромбина. Функции тромбина. Превращение фибриногена в нерастворимый фибрин. Роль тромбина и фактора XIII.
17. Клеточная модель свертывания крови, основные процессы, происходящие на каждой стадии. Стадии: инициация, амплификация, распространение (образование фибрина).
18. Витамин К-зависимые факторы свертывания. Физиологическое значение  $\gamma$ -карбоксилирования. Варфарин, механизм действия, основные побочные эффекты. Витамин К, пищевые источники, суточная потребность, биохимические функции, причины недостаточности и ее характерные признаки.
19. Антикоагулянты, характеристика, функционирование и роль: ингибитор пути тканевого фактора (TFPI), антитромбин III, гепарин, система протеина C и S. Система фибринолиза. Основные участники и их характеристика (плазминоген, тканевой активатор плазминогена, урокиназа). Основной физиологический механизм запуска.

1. Биохимия соединительной ткани. Структура, функции и метаболизм коллагена. Этапы формирования коллагеновых волокон. Цинга. Гликопротеины и протеогликаны соединительной ткани и минерализованных тканей зуба.
2. Биохимия тканей зуба. Особенности химического состава эмали, дентина и цемента. Основные этапы минерализации костной и зубной тканей.
3. Биохимия слюны. Состав и физико-химические свойства смешанной слюны.
4. Поверхностные образования на зубах. Биохимические основы патогенеза кариеса зубов.

## Enzymes

1. The functions of proteins in the human body. Physiologically active peptides. Levels of structural organization of proteins. Primary, secondary, tertiary and quaternary protein structures. Connections that stabilize them.
2. Complex proteins. Classification, structure, examples. The structure and functions of myoglobin.
3. The structure and functions of hemoglobin. The concept of hemoglobinopathies.
4. General characteristics of enzymes. The specificity of enzymes. Types of specificity, examples. The structure of enzymes. Cofactors and coenzymes. Classification and nomenclature of enzymes.
5. The mechanism of enzyme action. The active site of enzymes. Stages of enzymatic catalysis. Models of enzyme-substrate interaction: key-lock and Koshland model (induced-fit).
6. Fundamentals of kinetics of enzymatic reactions. Dependence of the rate of the enzymatic reaction on the amount of substrate. The Michaelis-Menten equation. The dependence of the rate of the enzymatic reaction on the amount of enzyme. The dependence of the rate of the enzymatic reaction on the temperature and pH of the medium.
7. Inhibition of enzymatic activity. Competitive and non-competitive reversible inhibition. Irreversible inhibition. Kinetic dependencies. Examples.
8. Allosteric enzymes. Features of the structure and functioning. Allosteric effectors. Regulation of enzyme activity by protein-protein interactions. Regulatory proteins. Association and dissociation. Examples. Regulation of enzyme activity by phosphorylation-dephosphorylation, by partial proteolysis.
9. Isoenzymes. Examples. Biological significance. The concept of enzymopathies. Examples. Enzyme diagnostics and enzyme therapy. Examples of the use of enzymes as medicines.

## Energy metabolism

1. Catabolism and anabolism. The general scheme of metabolism and energy in the human body. Specific and common pathways of catabolism.
2. Oxidative decarboxylation of pyruvate. The structure of the pyruvate dehydrogenase complex. The stages of oxidative decarboxylation of pyruvate. Regulation of the pyruvate dehydrogenase complex.
3. The tricarboxylic acid cycle. The general scheme, the role in energy metabolism.
4. The sequence of reactions of the tricarboxylic acid cycle. Dehydrogenation reactions. Substrate-level phosphorylation in the tricarboxylic acid cycle.

5. Regulation of the tricarboxylic acid cycle. Anabolic functions of the tricarboxylic acid cycle. Anaplerotic reactions.
6. The concept of macroergic substrates. Classification of macroergic substrates. Macroergicity of ATP. ATP as the universal energy currency of the cell.
7. Pathways of ATP synthesis: substrate-level phosphorylation and oxidative phosphorylation. Examples of substrate-level phosphorylation reactions.
8. Oxidative phosphorylation of ADP. The mechanism of coupling between oxidation and phosphorylation. Mitchell's chemiosmotic theory.
9. Composition, structure and nomenclature of respiratory complexes and other components of the electron transport chain, their localization and functions in the inner membrane of mitochondria. The structure of ATP synthase. The mechanism of functioning.
10. Regulation of oxidative phosphorylation. Respiratory control. Mechanisms of dissociation of oxidation and phosphorylation. The physiological significance of uncoupling. Uncoupling proteins (UCP). Molecular biological aspects of mitochondrial function and dysfunction.

#### Metabolism of carbohydrates

1. The biological role of carbohydrates. The daily need for carbohydrates in adults and children. Carbohydrates of food of animal and vegetable origin, their importance.
2. Structure and functions of representatives of carbohydrates: monosaccharides, disaccharides, homopolysaccharides.
3. Digestion of carbohydrates. Characteristics and action of enzymes involved in the digestion in the lumen of the gastrointestinal tract and in parietal digestion:  $\alpha$ -amylase of the oral cavity, pancreatic juice enzymes, enzyme complexes of the small intestine responsible for the hydrolysis of disaccharides.
4. Impaired digestion and absorption of carbohydrates: malabsorption syndrome: biochemical causes, metabolic disorders and consequences, mechanisms of development of the typical symptoms. Sucrose and lactose intolerance: biochemical causes, consequences, mechanisms of development of characteristic symptoms.
5. Transport of monosaccharides through cell membranes: facilitated diffusion and active transport. Glucose transporters: types, structural features, functions. Insulin-dependent transporters.
6. Pathways of glucose metabolism in cells. Sources of glucose in cells. Phosphorylation of glucose, the key role of glucose-6-phosphate.
7. Features of carbohydrate metabolism enzymes in the liver: the role of glucokinase and glucose-6-phosphatase in maintaining a constant concentration of glucose in the blood.
8. Synthesis of glycogen from glucose-6-phosphate (glycogenogenesis). Biological significance, reactions, enzymes. Tissue and cellular localization.
9. Breakdown of glycogen to glucose-6-phosphate. Biological significance, reactions, enzymes. Tissue and cellular localization.
10. Features of glycogen metabolism in the liver and muscles in certain physiological conditions (food intake, fasting, physical activity). The involvement of hormones in these processes.

11. Regulation of glycogen metabolism enzymes – glycogen synthase and glycogen phosphorylase: hormonal - the effect of adrenaline and glucagon (adenylate cyclase mechanism, the role of cAMP and protein kinase A); the role of insulin and the participation of phosphodiesterase in reducing cAMP concentration in the cell; allosteric regulation of glycogen phosphorylase activity with the participation of AMP; calcium-dependent activation of glycogen phosphorylase kinase.
12. Genetic disorders of glycogen synthesis and breakdown (hepatic, muscular and mixed glycogen storage diseases).
13. Characteristics of the glycolysis: localization and conditions of the process, reactions, enzymes, end products, participation of adenylic nucleotides and energy effect, irreversible glycolysis reactions, glycolysis reactions associated with ATP consumption, substrate phosphorylation reactions, their significance, glycolytic oxidoreduction, its significance.
14. Characteristics of the gluconeogenesis process: localization and conditions of reactions, substrates, reactions and enzymes, gluconeogenesis reactions associated with the consumption of GTP and ATP, irreversible reactions of gluconeogenesis, the importance of the gluconeogenesis process during fasting and physical activity, energy consumption for the synthesis of one glucose molecule.
15. Reciprocal regulation of glycolysis and gluconeogenesis: hormonal – the role of insulin, adrenaline, cortisol, glucagon; allosteric – the role of ATP, ADP, AMP, citrate, fatty acids, glucose-6-phosphate, fructose-6-phosphate, fructose-1,6-diphosphate, acetyl-SCoA.
16. Anaerobic oxidation of glucose. The fate of glycolysis products in anaerobic conditions. The energetic effect of glucose and glycogen oxidation in anaerobic conditions.
17. Fate of glycolysis products in aerobic conditions. Glycerol phosphate and malate-aspartate shuttle systems. The energy yield of aerobic glucose oxidation.
18. The stages of aerobic oxidation and the total equation of aerobic glucose breakdown. The benefits of aerobic oxidation.
19. Pyruvate: metabolism pathways, role, reactions of transformation to acetyl-SCoA and oxaloacetate, energy balance of oxidation to CO<sub>2</sub> and H<sub>2</sub>O.
20. Glucose-lactate cycle (Cori cycle), its importance during physical activity. Sources of lactic acid in the human body.
21. Features of glucose metabolism in the liver, brain, skeletal muscles, adipose tissue, and red blood cells.
22. Characteristics of the pentose phosphate pathway of glucose oxidation: the role of the pentose phosphate pathway, the reactions of the oxidative stage, the concept of the non-oxidative stage, enzymes, coenzymes, the connection of the process with glycolysis, the importance of the pentose phosphate pathway in adipose cells, erythrocytes, and dividing cells.
23. Hereditary enzymopathy of glucose-6-phosphate dehydrogenase. Factors that provoke the manifestation of enzyme deficiency. The consequences.
24. Hormonal regulation of carbohydrate metabolism. The effect of insulin, adrenaline, glucagon, and cortisol on blood glucose levels and intracellular glucose metabolism. Insulin-dependent tissues. Hormone-sensitive enzymes of carbohydrate metabolism, mechanisms of their regulation.
25. Physiological and pathological hyper- and hypoglycemia: causes.
26. General characteristics of type 1 and type 2 diabetes mellitus. Impaired carbohydrate metabolism pathways. Biochemical mechanisms of complications of diabetes mellitus.

## Metabolism of lipids.

1. Classification of lipids. Simple lipids. Triacylglycerols, structure, biological role and functions, fatty acids included in their structures. The biological role of polyunsaturated fatty acids.
2. Digestion of lipids. Dietary sources of lipids, daily needs of children and adults in liquid and solid fats. Stages of lipid digestion in the gastrointestinal tract.
3. The composition of bile and its role in the human organism. Types of bile acids, their functions, structure. Causes and consequences of disorders of formation and secretion of bile. Enzymes involved in the digestion of triacylglycerols, phospholipids, and cholesterol esters in the small intestine. The place of formation and the mechanism of activation of these enzymes. The role of phospholipases A2 and C.
4. Causes of impaired digestion and absorption of dietary lipids. Causes of hypovitaminosis and steatorrhea in lipid digestion disorders.
5. Lipid resynthesis in enterocytes, its role. Transport of resynthesized triacylglycerols in the body.
6. Characteristics of the synthesis of fatty acids from glucose: localization and conditions of the process, the scheme of formation of acetyl CoA from glucose, the role of citrate in the transfer of the acetyl group to the cytosol, its further transformations, the reaction of synthesis of malonyl-CoA, the role of vitamin H, its characteristics. The structure of the multi-enzyme synthase complex, the chemistry of reactions occurring in the complex, the final product of synthesis, and the regulation of the process.
7. Reactions of glycerol-3-phosphate synthesis from glucose. Localization and the role of the process.
8. Reactions of synthesis of triacylglycerols (lipogenesis). Fatty acid composition of triacylglycerols. The relationship of triacylglycerol synthesis with carbohydrate metabolism. The similarity and difference of triacylglycerol biosynthesis in adipose tissue and in the liver.
9. Lipolysis: localization and conditions of the process, reactions and enzymes, end products, hormonal regulation of the process, transport and usage of free fatty acids formed during lipolysis. Glycerol utilization.
10. Reactions of oxidation of fatty acids to carbon dioxide and water: the role of carnitine in the oxidation of fatty acids, localization and conditions of the  $\beta$ -oxidation process, reactions and enzymes, the participation of vitamins and coenzymes, end products, the relationship with the tricarboxylic acid cycle and the respiratory chain, the energy yield of the process, calculation of the energy value of palmitic acid oxidation.
11. Features of triacylglycerol metabolism in certain physiological conditions (food intake, fasting, physical activity).
12. Reactions of synthesis of ketone bodies. Conditions, localization, and the role of the process. Reactions of utilization of ketone bodies in tissues.
13. Causes of ketoacidosis during fasting and diabetes mellitus. The role of oxaloacetate deficiency in the activation of ketogenesis.
14. Fatty acid composition of phospholipids. Two ways of phospholipid biosynthesis. The role of vitamins B6, B9 and B12, serine and methionine. Lipotropic substances, reactions in which they are involved. Causes of impaired phospholipid synthesis. Causes and consequences of fatty hepatosis.

15. Chemical structure and biological role of cholesterol. Dietary sources of cholesterol. Pathways and products of cholesterol metabolism. Elimination of cholesterol from the body.
16. Synthesis of cholesterol. Localization, sources of carbon and hydrogen, stages of synthesis. Reactions of mevalonic acid synthesis. The scheme of further stages of cholesterol synthesis. The relationship of cholesterol synthesis with carbohydrate metabolism. Regulation of cholesterol synthesis.
17. Blood lipoproteins: classification, structure, stages of formation. Proteins: classification, functions.
18. Transport of food triacylglycerols in the body. Characteristics of chylomicrons: lipid composition, ratio of lipid fractions, role and functions. The main apoproteins, their function. The scheme of the chylomicron structure. The conditions under which these lipoproteins are formed. Utilization of chylomicrons in tissues. The role of lipoprotein lipase.
19. Very low density lipoproteins (VLDL): structure and role. Sources of TAG in the liver. The scheme of the VLDL structure. The main proteins, their function. Utilization of VLDL in tissues. The role of lipoprotein lipase.
20. Low density lipoproteins (LDL): structure and role. Localization and role of the apo B100 receptor. The significance of LDL receptor-mediated endocytosis and the pathways of metabolism of their components after endocytosis.
21. High-density lipoproteins (HDL): structure and role. HDL metabolism.
22. Hyperlipoproteinemia: types, causes and clinical consequences. The characteristic of impaired cholesterol transport in the tissue is type IIa hyperlipoproteinemia (familial hypercholesterolemia), its cause and clinical consequences.
23. Characteristics of atherosclerosis (by stages). The role of modified LDL in the initiation of atherosclerosis, the causes of their occurrence. The involvement of neutrophils and monocytes in the pathogenesis of atherosclerosis.

## Metabolism of proteins and nucleotides

1. The concept of "nitrogen balance" and the causes of its change (equilibrium, positive and negative nitrogen balance). Features of nitrogen balance in children. Dietary sources of protein. The daily protein requirement. The biological value of proteins. Manifestations of protein deficiency, kwashiorkor.
2. Digestion of proteins in the stomach and intestines. The mechanism of synthesis and the biological role of hydrochloric acid in gastric juice. The concepts of hyperchlorhydria, hypochlorhydria, achlorhydria, achilia. Enzymes of gastric juice, pancreatic juice and intestinal juice involved in the digestion of proteins.
3. Deamination of amino acids. Oxidative deamination of glutamate and its role in amino acid deamination. Direct and indirect oxidative deamination.
4. Transamination reactions. The role of vitamin B6. The significance of transamination reactions. Alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST) and their role in diagnosis.
5. Synthesis of biogenic amines (for example,  $\gamma$ -aminobutyric acid, histamine, serotonin, dopamine). The role of these biogenic amines. Neutralization of biogenic amines: deamination with the participation of monoamine oxidase (MAO) and methylation reactions.

6. The main ways of ammonia formation in tissues. The toxicity of ammonia. Transport forms of ammonia in the blood (glutamine, alanine). Reactions of their formation. Glucose-alanine cycle. The role of the liver and kidneys in binding and excretion of ammonia.
7. Urea cycle, localization, enzymes, significance. The relationship with the tricarboxylic acid cycle. The diagnostic significance of determining the concentration of urea.
8. Hyperammonemia, its causes and consequences. The physiological range of ammonia concentration in the blood. Causes of ammonia toxicity.
9. Scheme of metabolism of glycine and serine. The relationship between the metabolism of glycine, serine, methionine and cysteine, vitamins B6, B9 and B12: the reaction of interconversion of serine and glycine, reactions of formation of methylene THFA and methyl THFA, reactions of synthesis of S-adenosylmethionine from homocysteine, the role of vitamin B12, the participation of S-adenosylmethionine in transmethylation processes in the synthesis of biologically important substances; reactions of production of homocysteine and the way of its transformation into cysteine, the role of vitamin B6.
10. Metabolism of phenylalanine and tyrosine. Anabolic and catabolic pathways of tyrosine transformations. The reaction of conversion of phenylalanine to tyrosine. Characteristics of the diseases phenylketonuria: defective enzymes, biochemical basis of pathogenesis, characteristic clinical manifestations, fundamentals of treatment.
11. Reactions of conversion of tyrosine into dioxyphenylalanine, dopamine, norepinephrine and adrenaline. Tyrosine metabolism disorders – albinism and parkinsonism. Molecular causes, biochemical bases of pathogenesis, characteristic features of diseases, fundamentals of treatment.
12. The structure of creatine and creatine phosphate, reactions of their synthesis, localization of the process. The biological role of creatine phosphate.
13. Purine and pyrimidine nucleotides: structure, role in the body. Sources of nitrogen and carbon atoms in the purine ring.
14. Purine nucleotide catabolism: AMP and GMP degradation reactions; reactions of hypoxanthine and guanine reutilization, reaction of uric acid formation from hypoxanthine and xanthine, role of xanthine oxidase. Primary and secondary hyperuricemia, their causes and consequences: urolithiasis, causes, biochemical basis of pathogenesis, fundamentals of treatment; gout, causes, clinical manifestations, biochemical basis of pathogenesis, fundamentals of treatment. The mechanism of action of allopurinol in the treatment of gout. Lesch-Nihan syndrome, causes, treatment basics, prognosis.

## Hormones

1. Common biological signs of hormones. Hierarchy of regulatory systems. Classification of hormones by chemical structure. Characterization of membrane mechanisms of hormonal signal transmission to target cells. The concept of a receptor, an adapter protein, an effector protein, and a secondary messenger.
2. Adenylate cyclase mechanism of hormonal action: hormones, a secondary mediator, enzymes and processes regulated by this mechanism. Reactions of formation and hydrolysis of cAMP. Features of activation of protein kinase A. The role of the activating and inhibitory G subunit of the G protein. The transcription factor CREB. Calcium-phospholipid mechanism of action: hormones, secondary mediators, enzymes, and processes regulated by this mechanism. The reaction of formation of inositol triphosphate (IP3) and diacylglycerol (DAG). Sources of calcium ions.

3. Tyrosine kinase mechanism: the enzymatic cascade associated with the activation of Ras protein, its scheme, sequence of events, main participants, importance for cell metabolism. The cytosolic mechanism of transmission of hormonal signals to target cells, its stages. Hormones whose action is performed through this mechanism. Features of intracellular receptors.
4. Hypothalamic-pituitary-adrenocortical system, biological significance, components, regulation. Glucocorticoids: regulation of synthesis and secretion, main stages of synthesis, mechanism of action and target organs, effect on metabolism – regulated processes. Hypo- and hyperfunction of hypothalamic-pituitary-adrenocortical system: metabolic disorders, the relationship of hormone function with characteristic clinical manifestations. The basics of treatment.
5. Hypothalamic-pituitary-thyroid system, biological significance, components, regulation. Thyroid-stimulating hormone: regulation of synthesis and secretion, chemical nature, mechanism of action and target organs, biological effects.
6. Thyroid hormones: chemical structure, regulation of synthesis and secretion, main stages of synthesis, mechanism of action and target organs, influence on metabolism – regulated processes. Calorigenic effect. Hypo- and hyperfunction of thyroid gland: metabolic disorders, the relationship of hormone function with characteristic clinical manifestations. The basics of treatment.
7. Hormonal regulation of the absorptive and postabsorptive periods. Glucagon: biological significance, regulation of synthesis and secretion, mechanism of action, target organs, effect on metabolism – regulated enzymes and processes.
8. Epinephrine: biological significance, chemical structure, regulation of synthesis and secretion, reactions of the synthesis, adrenergic receptors, their distribution, mechanism of action depending on the receptor, target organs, effect on metabolism depending on the receptor - regulated enzymes and processes, hypo- and hyperfunction: metabolic disorders, hormone function relationship with characteristic clinical manifestations. The basics of treatment.
9. Insulin: biological significance, main stages of synthesis, regulation of secretion, mechanism of action of insulin, molecular effects of insulin - metabolic and mitogenic pathway. The effect of insulin on the metabolism of carbohydrates, lipids and proteins.
10. Type 1 and type 2 diabetes mellitus. Causes of absolute and relative insulin deficiency. Similarities and differences of metabolic disorders in types 1 and 2 of diabetes. The relationship of hormone function with characteristic clinical manifestations. Causes of insulin resistance. Biochemical mechanisms of complications of diabetes mellitus.
11. Biochemical diagnosis of diabetes mellitus: glucose tolerance test, concentration of glycated hemoglobin (HbA1c) and C-peptide.
12. Sex hormones. Classification. Metabolic effects.
13. Metabolism of calcium and phosphates. Regulation and role for dental tissue and saliva. Regulation of phosphorus and calcium metabolism. Parathyroid hormone, calcitonin, calcitriol. Localization of synthesis, regulation of synthesis and secretion, and mechanism of effects.

## Biochemistry of liver and blood

1. The role of the liver in the metabolism of proteins and other nitrogenous substances. Diagnosis of this function, normal parameters, clinical and diagnostic value. Protein fractions of blood: albumins,  $\alpha$ 1- and  $\alpha$ 2-globulins,  $\beta$ -globulins,  $\gamma$ -globulins. Acute phase proteins, examples.

2. The role of the liver in the metabolism of carbohydrates: blood glucose homeostasis, its hormonal and metabolic regulation. Diagnosis of carbohydrate metabolism, normal parameters, clinical and diagnostic significance.
3. The role of the liver in the metabolism of lipids: the main stages of synthesis of triacylglycerols, cholesterol, phospholipids, their hormonal and metabolic regulation, lipoproteins formed in the liver, their structure and role, fatty liver disease. Diagnosis of lipid metabolism (cholesterol, TAG, HDL-C, LDL-C, atherogenic index), normal parameters, clinical and diagnostic significance.
4. The role of the liver in digestion. The composition of bile and its role. The structure and types of bile acids and reactions of their synthesis. The causes of impaired synthesis and secretion of bile and their consequences.
5. Biotransformation of xenobiotics in the body. The role of the liver in the general scheme of transformation of foreign compounds, its interaction with other organs. The scheme of the microsomal oxidation process. NADPH-dependent and NADH-dependent electron transport. NADH and NADPH sources, components of electron-transport chain. The role of cytochrome P450. Substrates of microsomal oxidation. Inducers and inhibitors of microsomal oxidation.
6. The conjugation process. The structure of UDP-glucuronic acid and phosphoadenosine phosphosulphate. Reactions of formation of direct bilirubin and animal indican.
7. The structure and synthesis of heme. Chemistry of porphobilinogen formation, scheme of protoporphyrin IX synthesis and its transformation into heme. The role of ferrochelatase (heme synthase). The regulation of the process: the role of heme, iron ions, and hypoxia. Disorders of heme and hemoglobin synthesis: porphyria and thalassemia.
8. Hemoglobin breakdown and bilirubin formation in the reticuloendothelial system. Transport of bilirubin to the liver. Stages of bilirubin metabolism in the liver. The role of the UDP-glucuronyl transferase enzyme. Stages of bilirubin metabolism in the intestine.
9. Jaundice, types, causes, laboratory criteria. Physiological jaundice of newborns. Pathological jaundice of newborns.
10. Iron metabolism: daily requirements, dietary sources of iron, mechanism of absorption, transport in the blood, mechanism of passage through cell membranes, form of storage. Iron-containing proteins. Regulation of iron metabolism. The role of hepcidin and cytokines.
11. Causes, biochemical consequences, and clinical manifestations of iron excess and deficiency. Hemochromatosis. Iron deficiency conditions.
12. Respiratory function of blood. Schemes of reactions occurring in the erythrocyte in the capillaries of the lungs and capillaries of tissues. Mechanisms of carbon dioxide transport. The role of carbonic anhydrase. The role of the erythrocyte in changing the concentration of bicarbonate ions in plasma. The mechanism of hemoglobin binding to oxygen, the role of the process in the regulation of the acid-base balance.
13. Acid-base balance of blood. The role of the constant concentration of  $H^+$  ions in cell function. Sources of  $H^+$  ions in cells. The main indicators of the acid-base balance (pH,  $pCO_2$ ).
14. Chemical mechanisms of regulation of acid-base state. Blood buffer systems are phosphate, protein, bicarbonate, and hemoglobin.
15. The main types of acid-base balance disorders: respiratory acidosis and alkalosis, metabolic acidosis and alkalosis, and their causes. Changes in the basic parameters of the acid-base balance in acidosis and alkalosis.

16. The hemostasis system, its significance, components. Plasma proteins of the blood coagulation system. General characteristics. Thrombin formation. Thrombin functions. Conversion of fibrinogen into insoluble fibrin. The role of thrombin and factor XIII.
17. The cell-based model of hemostasis, the main processes occurring at each stage. Stages: initiation, amplification, propagation (fibrin formation).
18. Vitamin K-dependent coagulation factors. The physiological significance of  $\gamma$ -carboxylation. Warfarin, mechanism of action, main side effects. Vitamin K: dietary sources, daily requirements, biochemical functions, causes of deficiency and its characteristic features.
19. Natural anticoagulants, characteristics, function and role: tissue factor pathway inhibitor (TFPI), antithrombin III, heparin, protein C and S. Fibrinolysis system. The main participants and their characteristics (plasminogen, tissue plasminogen activator, urokinase). The main physiological trigger mechanism.

#### Biochemistry of the oral cavity.

1. Biochemistry of connective tissue. The structure, functions and metabolism of collagen. Stages of formation of collagen fibers. Scurvy. Glycoproteins and proteoglycans of connective tissue and mineralized tooth tissues.
2. Biochemistry of tooth tissues. Features of the chemical composition of enamel, dentin and cement. The main stages of mineralization of bone and dental tissues.
3. Biochemistry of saliva. The composition and physico-chemical properties of mixed saliva.
4. Surface formations on teeth. Biochemical bases of dental caries pathogenesis.

#### **Образец билета для проведения экзамена**

ФГАОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России (Пироговский Университет)

Кафедра биохимии и молекулярной биологии ИФМХ

**Билет № \_\_\_\_**

для проведения экзамена по дисциплине «Биохимия» по программе специалитета по  
специальности 31.05.03 Стоматология  
направленность (профиль) Стоматология

1. Механизм действия ферментов. Активный центр фермента. Этапы ферментативного катализа. Модели взаимодействия фермента с субстратом: «ключ-замок» и Кошланда (индуцированного соответствия).
2. Реакции трансаминирования. Роль витамина B6. Значение реакций трансаминирования. Реакции, катализируемые аспаратаминотрансферазой (АСТ) и аланинаминотрансферазой (АЛТ).

3. Биохимия соединительной ткани. Строение, функции и метаболизм коллагена. Этапы формирования коллагеновых волокон. Цинга. Гликопротеины и протеогликаны соединительной ткани и минерализованных тканей зуба.

#### Ситуационная задача

У пациентки с системной красной волчанкой обнаружена анемия. Как регулируется всасывание железа? Какова роль гепсидина? Почему развивается анемия хронических заболеваний?

1. The mechanism of enzyme action. The active site of enzymes. Stages of enzymatic catalysis. Models of enzyme-substrate interaction: key-lock and Koshland model (induced-fit).
2. Transamination reactions. The role of vitamin B6. The significance of transamination reactions. Reactions catalyzed by aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT).
3. Biochemistry of connective tissue. The structure, functions and metabolism of collagen. Stages of formation of collagen fibers. Scurvy. Glycoproteins and proteoglycans of connective tissue and mineralized tooth tissues.

#### Case study

A patient with systemic lupus erythematosus has anemia. How is iron absorption regulated? What is the role of hepcidin? Why does anemia of chronic diseases develop?

Кафедра биохимии и молекулярной биологии ИФМХ

Заведующий кафедрой  
Шестопалов Александр  
Вячеславович

## **8. Методические указания обучающимся по освоению дисциплины**

### **Методические указания для подготовки к занятиям лекционного типа**

внимательно прочитать материал предыдущей лекции;  
ознакомиться с учебным материалом по учебнику, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам с темой прочитанной лекции;  
внести дополнения к полученным ранее знаниям по теме лекции на полях лекционной тетради;  
записать возможные вопросы, которые следует задать преподавателю по материалу изученной лекции.

### **Методические указания для подготовки к занятиям лабораторно-практического типа**

внимательно изучить теоретический материал по конспекту лекции, учебникам, учебным пособиям, а также электронным образовательным ресурсам.

### **Методические указания для подготовки к коллоквиуму (текущий рубежный контроль)**

изучить учебный материал по теме коллоквиума и отдельным значимым учебным вопросам, по которым будет осуществляться опрос.

### **Методические указания для подготовки к зачету**

- ознакомиться со списком вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию в форме зачета;

- проанализировать материал и наметить последовательность его повторения;
- определить наиболее простые и сложные темы дисциплины;
- повторить материал по наиболее значимым/сложным темам дисциплины по конспектам лекций и учебной литературе, а также электронным образовательным ресурсам;
- повторить реакции, схемы, таблицы и другой материал, изученный в процессе освоения дисциплины.

### **Методические указания для подготовки к экзамену**

- ознакомиться со списком вопросов и ситуационных задач, выносимых на промежуточную аттестацию в форме экзамена;

- проанализировать материал и наметить последовательность его повторения;
- определить наиболее простые и сложные темы дисциплины;
- повторить материал по наиболее значимым/сложным темам дисциплины по конспектам лекций и учебной литературе, а также электронным образовательным ресурсам;
- повторить упражнения, практические (ситуационные) задачи, схемы, таблицы и другой материал, изученный в процессе освоения дисциплины.

### **Методические указания для самостоятельной работы студентов (СРС)**

закрепление и углубление полученных знаний, умений и навыков, поиск и приобретение новых знаний, выполнение учебных заданий, подготовку к предстоящим занятиям, текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации. Выполнение домашних заданий осуществляется в форме работы с учебной, учебно-методической и научной литературой, электронными образовательными ресурсами, конспектами обучающегося: чтение, изучение, анализ, сбор и обобщение информации.

## 9. Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение дисциплины

### 9.1. Перечень литературы по дисциплине:

| № п/п | Наименование, автор, год и место издания                                                                                                                                                  | Рекомендуется при изучении разделов дисциплины                                                                                                      | Количество экземпляров в библиотеке | Электронный адрес ресурса                                                                                                                                                                                                                                   |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | 2                                                                                                                                                                                         | 3                                                                                                                                                   | 4                                   | 5                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 1     | Principles of Medical Biochemistry, Meisenberg G., Simmons W. H., 2024 - 2025                                                                                                             | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 10                                  |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 2     | Биологическая химия с упражнениями и задачами: учебник, Северин С. Е., 2024 - 2025                                                                                                        | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 0                                   | <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970472088.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970472088.html</a>                                                                                                                           |
| 3     | Биохимия: учебник, Давыдов В. В., Вавилова Т. П., Островская И. Г., 2024 - 2025                                                                                                           | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 0                                   | <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970469538.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970469538.html</a>                                                                                                                           |
| 4     | Биохимия полости рта, Данилова Л. А., Чайка Н. А., 2024 - 2025                                                                                                                            | Биохимия полости рта                                                                                                                                | 0                                   | <a href="https://e.lanbook.com/book/104005">https://e.lanbook.com/book/104005</a>                                                                                                                                                                           |
| 5     | Биохимия тканей и жидкостей полости рта: учебное пособие, Вавилова Т. П., 2024 - 2025                                                                                                     | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 0                                   | <a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970472682.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970472682.html</a>                                                                                                                           |
| 6     | Наглядная биохимия, Кольман Я., Рём К.-Г., 2024 - 2025                                                                                                                                    | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 0                                   | <a href="https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=125bn.pdf&amp;show=dcatalogues/1/5366/125bn.pdf&amp;view=true">https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=125bn.pdf&amp;show=dcatalogues/1/5366/125bn.pdf&amp;view=true</a>     |
| 7     | Биохимия соединительной ткани: учебное пособие, Шатова О. П., 2024 - 2025                                                                                                                 | Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта                                                                                                     | 0                                   | <a href="https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=190705.pdf&amp;show=dcatalogues/1/4533/190705.pdf&amp;view=true">https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=190705.pdf&amp;show=dcatalogues/1/4533/190705.pdf&amp;view=true</a> |
| 8     | Биохимия жировой ткани: [учебное пособие для медицинских вузов], Тимин О. А., 2024 - 2025                                                                                                 | Гормоны Обмен липидов                                                                                                                               | 0                                   | <a href="https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=191741.pdf&amp;show=dcatalogues/1/5241/191741.pdf&amp;view=true">https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=191741.pdf&amp;show=dcatalogues/1/5241/191741.pdf&amp;view=true</a> |
| 9     | Биохимия мышечной ткани: учебное пособие, Терентьев А. А., 2024 - 2025                                                                                                                    | Обмен углеводов Энергетический обмен                                                                                                                | 0                                   | <a href="https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=189712.pdf&amp;show=dcatalogues/1/3965/189712.pdf&amp;view=true">https://rsmu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=189712.pdf&amp;show=dcatalogues/1/3965/189712.pdf&amp;view=true</a> |
| 10    | Principles of medical biochemistry: Tutorial on biochemistry for foreign students of medical department of higher education institutions, Davydov V. V., Grabovetskaya E. R., 2024 - 2025 | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 70                                  |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 11    | Medical Biochemistry: [a textbook], Davydov V. V., 2024 - 2025                                                                                                                            | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и нуклеотидов Биохимия полости рта Обмен липидов | 49                                  |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 12    | Netter's Essential Biochemistry, Ronner P., 2024 - 2025                                                                                                                                   | Биохимия печени и крови Белки и ферменты Обмен углеводов Гормоны Энергетический обмен Обмен белков и                                                | 10                                  |                                                                                                                                                                                                                                                             |

| №<br>п<br>/п | Наименование, автор, год и место издания | Рекомендуется при изучении разделов дисциплины    | Количество экземпляров в библиотеке | Электронный адрес ресурса |
|--------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1            | 2                                        | 3                                                 | 4                                   | 5                         |
|              |                                          | нуклеотидов Биохимия полости рта<br>Обмен липидов |                                     |                           |

## 9.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе профессиональных баз данных, необходимых для освоения дисциплины

1. <http://www.biblioclub.ru> (электронная библиотечная система «Университетская библиотека онлайн» РНИМУ им. Пирогова)
2. Консультант студента <http://www.studentlibrary.ru>

## 9.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при наличии)

1. MS Windows в редакциях: 7 Pro, 10 Pro, 11 Pro (x86, x64) – лицензия бессрочно
2. MS Office в редакциях: «Standard», «Professional Plus» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
3. MS Visio в редакциях: «Professional» (2013, 2016, 2019, 2021(x86, x64)) – лицензия бессрочно
4. Astra Linux Special Edition, вариант лицензирования «Орел», РУСБ.10015-10 – лицензия бессрочно
5. Adobe Acrobat Reader – свободно распространяемое ПО
6. Гарант (справочная правовая система) – лицензия до 31.07.2027
7. FastStone Image Viewer – свободно распространяемое ПО
8. Яндекс Браузер для организаций – свободно распространяемое ПО
9. Платформа «1С:Предприятие 8», конфигурации «1С:Документооборот государственного учреждения», «1С:Университет ПРОФ», «1С:Медицина» – лицензия бессрочно
10. Единая цифровая образовательная среда РНИМУ им. Н.И. Пирогова – собственная разработка РНИМУ
11. МТС Линк платформа для проведения вебинаров – лицензия до 04.07.2027 г.
12. Антивирус Kaspersky endpoint Security – лицензия до 19.09.2027 г.
13. Архиватор 7-Zip – свободно распространяемое ПО
14. Платформа «Kinescore» - лицензия до 11.03.2027 г.
15. Система управления обучением (LMS) – лицензия бессрочная
16. Ubuntu – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
17. Debian – свободно распространяемое ПО (ОС с открытым исходным кодом)
18. Автоматизированная образовательная среда университета

#### 9.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде университета из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»), как на территории Университета, так и вне ее.

Электронная информационно-образовательная среда университета обеспечивает:

- доступ к учебному плану, рабочей программе дисциплины, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочей программе дисциплины;

- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

Университет располагает следующими видами помещений и оборудования для материально-технического обеспечения образовательной деятельности для реализации образовательной программы дисциплины:

| № п /п | Наименование оборудованных учебных аудиторий                                                                                                                                                                                   | Перечень специализированной мебели, технических средств обучения                                                                                                           |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | Аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оборудованная мультимедийными и иными средствами обучения | Столы , Ноутбук , Экран для проектора , Стулья , Проектор мультимедийный , Доска маркерная , Доска меловая                                                                 |
| 2      | Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации             | Учебная мебель (столы, стулья), компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |
| 3      | Учебная аудитория для проведения промежуточной аттестации                                                                                                                                                                      | Учебная мебель (столы и стулья для обучающихся), стол, стул преподавателя, персональный компьютер; набор демонстрационного оборудования (проектор, экран, колонки)         |

Университет обеспечен необходимым комплектом лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения (состав определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению при необходимости). Библиотечный фонд укомплектован печатными изданиями из расчета не менее 0,25 экземпляра каждого из изданий, указанных в рабочей программе дисциплины, на одного обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих соответствующую дисциплину.

Обучающимся обеспечен доступ (удаленный доступ), в том числе в случае применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий, к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам, состав которых определяется в рабочей программе дисциплины и подлежит обновлению (при необходимости).

Обучающиеся из числа инвалидов обеспечены печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.