

**Программа дисциплины «Биохимия»
по направлению «Общая биология и экология»**

I. Название дисциплины – БИОХИМИЯ

II. Шифр дисциплины - присваивается Управлением академической политики и организации учебного процесса

III. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – ознакомить студентов со строением и основными свойствами различных биологически важных соединений (углеводы, жиры, белки, нуклеиновые кислоты), сформировать представления о путях метаболизма различных соединений, их взаимосвязи и механизмах регуляции метаболических процессов, создать представление о молекулярных механизмах, лежащих в основе функционирования различных органов и тканей.

Задачи дисциплины

- Ознакомить студентов со строением и свойствами основных биологически важных молекул
- Проанализировать современные представления о структуре белка и механизмах функционирования ферментов. Дать представление о геномике и протеомике
- Рассмотреть различные процессы, обеспечивающие получение энергии в клетке
- Проанализировать процессы метаболизма различных биологически значимых соединений и взаимосвязь различных путей метаболизма в клетке
- Ознакомить студентов с молекулярными механизмами регуляции различных биохимических процессов, протекающих в различных органах и тканях.

IV. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Биохимия» относится к базовой части учебного процесса бакалавриата по программе интегрированного магистра (ИМ) по направлению «Общая биология и экология» на шестом семестре третьего курса бакалавриата.

Для освоения дисциплины необходимо освоение следующих дисциплин: неорганическая, органическая и физическая химия, клеточная биология, физиология.

Форма промежуточной аттестации – коллоквиумы, зачеты.

V. Форма проведения дисциплины, лекции, практические занятия, семинары.

УІ. Распределение трудоемкости по разделам и темам, а также формам проведения занятий с указанием форм текущего контроля и промежуточной аттестации для студентов, обучающихся по направлению «Общая биология и экология» (составитель, к.б.н. Г.А.Соловьева)

Лекции 48 часов, лабораторные занятия 48 часов, самостоятельная работа 48 часов

	Наименование разделов и тем дисциплины/ наименование разделов (этапов практики)	Трудоемкость (в ак. часах) по формам занятий (для дисциплин) и видам работ (для практик)			Самостоятельная работа	Форма контроля
		Лекции	Практические занятия (семинары)/ полевые работы	Лабораторные работы/ камеральная работа		
1	Биохимия – одна из областей биологии, изучающая химические основы жизнедеятельности. Молекулярные компоненты клетки эукариотов и прокариотов. Основные классы высокомолекулярных биомолекул (ДНК, РНК, белки, липиды, полисахариды). Молекулы – «строительные блоки». Метаболизм, его функции	2				
2	Белки. Функции. Классификация белков. Глобулярные и фибриллярные. Простые и сложные. Основные приемы выделения и очистки нативных белков. Критерии гомогенности. Методы определения молекулярной массы белка	2		4		
3	Структура белков. Уровни организации молекулы белка. Методы исследования структуры белка. Механизмы сворачивания полипептидной цепи	2		4		Коллоквиум
4	Первичная структура белков. Методы, разработанные Сэнгером. Деградация по Эдману. Вторичная структура белков. Работы Полинга и Кори. Химические особенности пептидной связи. Основные элементы вторичной структуры: упорядоченная (α -спираль, β -складчатый слой, β -поворот) и неупорядоченная.	2				
5	Третичная структура белков. Силы, стабилизирующие её. Классификация глобулярных белков по Левитту и Чотия. Элементы надвторичной структуры. Домены, их функциональная роль. Значение первичной структуры для формирования более высоких уровней структурной организации белка. Работы Anfinsen. Фолдинг белка в клетке. Шапероны. Прионы.	2				
6	Сложные белки – гемопротейны (миоглобины и гемоглобины). Структура простетической группы. Оксигенирование - обратимая реакция присоединения кислорода. Прочность связывания окиси углерода. Миоглобины. Биологическая функция. Характеристика особенностей третичной структуры. Молекулярная масса. Гиперболическая форма кривой насыщения кислородом. Гемоглобины (HbA: $\alpha_2\beta_2$). Биологическая функция. Молекулярная масса. Характеристика третичной и четвертичной структуры.	2				
7	Мононуклеотиды и полинуклеотиды. Биологическая роль. Структура пуриновых и пиримидиновых оснований, таутомерия. Нуклеозиды и нуклеотиды. Mono-, di- и трифосфаты. АТР, GTP, CTP, UTP. Циклические нуклеотиды. Дезоксинуклеотиды.	2		4		Коллоквиум
8	Углеводы. Классификация. Структура и свойства. Важнейшие представители моносахаридов (глицеральдегид, диоксиацетон, рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, манноза, галактоза, фруктоза). Циклическая структура (пиранозные и фуранозные формы). Гликозиды. O- и N-гликозидные связи.	2		4		
9	Термодинамические основы протекания	2				

	химических реакций. Сопряжение эндергонических реакций с экзергоническими. Роль АТФ как универсального источника энергии в биологических системах. Другие соединения с высоким потенциалом переноса групп.					
10	Ферменты. Основные понятия: субстрат, продукт, активный центр, аллостерический центр. Коферменты – производные витаминов. Международная классификация ферментов. Основные классы. Химическая природа и свойства ферментов. Оптимум pH. Влияние температуры на активность. Сущность явлений катализа. Концепция энергетического барьера реакций, переходное состояние, энергия активации.	2	4			Коллоквиум
11	Особенности ферментативного катализа. Регулируемость ферментативного катализа. Способы изменения каталитической активности ферментов (изоэтерическая, аллостерическая регуляция, ковалентная модификация, белок-белковые взаимодействия). Активация и ингибирование метаболического пути. Регуляторные ферменты. Изоферменты	2		4		
12	Особенности ферментативного катализа. Высокая Эффективность. Специфичность действия ферментов (стереохимическая, абсолютная, групповая). Переваривание белков в желудочно-кишечном тракте. Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте. Характеристика ферментов, участвующих в этом процессе.	4				
13	Обмен углеводов. Превращение гликогена печени в глюкозу. Гликолиз в мышечной ткани в аэробных и анаэробных условиях	2		4		
14	Глюконеогенез. Ферменты глюконеогенеза	2		4		
15	Общая характеристика процесса тканевого дыхания. Пируватдегидрогеназный комплекс. Окисление пирувата до ацетилСоА. Общие представления о механизме и значении пентозного пути	2	4			Коллоквиум
16	Цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса) и его биологическое значение. Механизм сопряжения окисления и фосфорилирования ADP. Хемиосмотическая теория Митчелла. Синтез АТФ, обратимая H^+ -АТРаза.	2				
17	Липиды. Классификация. Свойства. Нейтральные жиры. Глицерофосфолипиды (фосфатидная кислота, фосфатидилхолин, фосфатидилэтаноламин, фосфатидилсерин, фосфатидилинозитол, кардиолипин). Сфинголипиды (церамиды, сфингомиелины). Гликолипиды (цереброзиды, ганглиозиды). Стерины и стероиды. Холестерин, желчные кислоты (первичные и вторичные).	2		4		
18	Активация жирных кислот (образование ацилСоА). Роль карнитина в транспорте ацилСоА из цитоплазмы в митохондрии. Окислительный распад жирных кислот (β -окисление). Его энергетическая эффективность	2				
19	Биосинтез жирных кислот. Источники ацетилСоА. Перенос ацетильных групп из митохондрий в цитоплазму. Синтаза жирных кислот. Реакции синтеза пальмитиновой кислоты. Биосинтез нейтрального жира, фосфолипидов	2				
20	Обмен и функции аминокислот. Общие пути превращения аминокислот. Трансаминирование, декарбоксилирование. Роль пиридоксаофосфата. Дезаминирование. Оксидазы D- и L- аминокислот. Глутаматдегидрогеназа. Непрямое дезаминирование. Представление о синтезе заменимых аминокислот.	2		4		
21	Образование и детоксикация аммиака в организме. Биосинтез мочевины. Энергетическая цена процесса. Сопряженность цикла Кребса с циклом образования мочевины	2				
22	Общие представления о картах метаболизма.	4				Экзамен

Программа курса «Биохимия» для студентов, обучающихся по направлениям «Общая биология и экология» (составитель доцент к.б.н. Г.А.Соловьева)

Тема 1. Биохимия – одна из областей биологии, изучающая химические основы жизнедеятельности.

Молекулярные компоненты клетки эукариотов и прокариотов. Основные классы высокомолекулярных биомолекул (ДНК, РНК, белки, липиды, полисахариды). Молекулы – «строительные блоки». Метаболизм, его функции. Белки. Аминокислотный состав. Стереохимия аминокислот. Свойства α -аминогруппы и α -карбоксила. Образование пептидных связей.

Тема 2. Строение и свойства аминокислот

Способы классификации аминокислот. Основные классы: гидрофобные (алифатические и ароматические), гидрофильные (положительно заряженные, отрицательно заряженные, полярные не заряженные). Структура и свойства индивидуальных аминокислот. Методы разделения аминокислот.

Тема 3. Белки

Белки. Функции. Классификация белков. Различные уровни структурной организации белков. Домены, их функциональная роль. Значение первичной структуры для формирования более высоких уровней структурной организации белка. Работы Анфинсена. Фолдинг белка в клетке. Шапероны. Прионы.

Тема 4. Сложные белки

Сложные белки – гемопротейны (миоглобины и гемоглобины). Структура простетической группы. Миоглобины. Биологическая функция. Характеристика особенностей третичной структуры. Молекулярная масса. Гиперболическая форма кривой насыщения кислородом. Гемоглобины (НВА: $\alpha_2\beta_2$). Биологическая функция. Роль четвертичной структуры в функциональных различиях между миоглобином и гемоглобином. Аллостерические регуляторы функции гемоглобина. Мутантные гемоглобины человека. Гемоглобины при серповидноклеточной анемии

Тема 5. Моно- и полинуклеотиды.

Мононуклеотиды и полинуклеотиды. Биологическая роль. Структура пуриновых и пиримидиновых оснований, таутомерия. Нуклеозиды и нуклеотиды. Моно-, ди- и трифосфаты. АТР, ГТР, СТР, УТР. Циклические нуклеотиды. Дезоксинуклеотиды. Общие представления о структуре и роли ДНК. Комплементарность оснований. Водородные связи, стекнинг взаимодействия. Структура и роль РНК.

Тема 6. Углеводы

Классификация. Структура и свойства. Важнейшие представители моносахаридов (глицеральдегид, диоксиацетон, рибоза, дезоксирибоза, глюкоза, манноза, галактоза, фруктоза). Циклическая структура (пиранозные и фуранозные формы). Гликозиды. О- и

N-гликозидные связи. Полисахариды. Гликоген, крахмал, целлюлоза, хитины. Строение, свойства, биологическая роль.

Тема 7. Ферменты

Основные понятия: субстрат, продукт, активный центр, аллостерический центр. Коферменты – производные витаминов. Международная классификация ферментов. Основные классы: оксидоредуктазы, трансферазы, гидролазы, лиазы, изомеразы, лигазы или синтетазы. Химическая природа и свойства ферментов. Оптимум pH. Влияние температуры на активность. Сущность явлений катализа. Концепция энергетического барьера реакций, переходное состояние, энергия активации. Роль правильной ориентации субстратов в ускорении реакции. Влияние концентрации субстрата на скорость ферментативной реакции. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Представление о константе Михаэлиса (K_m) и максимальной скорости реакции (V_{max}). Графическое определение K_m и V_{max} (Метод Лайнуивера-Берка).

Тема 8. Особенности ферментативного катализа

Особенности ферментативного катализа. Высокая Эффективность. Специфичность действия ферментов (стереохимическая, абсолютная, групповая). Переваривание белков в желудочно-кишечном тракте. Протеолитические ферменты, их активация и специфичность действия. Переваривание углеводов в желудочно-кишечном тракте. Характеристика ферментов, участвующих в этом процесс. Регулируемость ферментативного катализа. Способы изменения каталитической активности ферментов (изостерическая, аллостерическая регуляция, ковалентная модификация, белок-белковые взаимодействия).

Тема 9. Обмен углеводов

Гликолиз в мышечной ткани в аэробных и анаэробных условиях. Механизм и значение реакции гликолитической оксидоредукции, сопряженной с фосфорилированием. Субстратное фосфорилирование, образование АТФ. Энергетический эффект анаэробного гликолиза. Регуляция. Цикл Кори. Глюконеогенез. Ферменты глюконеогенеза.

Синтез гликогена. Регуляция активности гликогенсинтазы и гликогенфосфорилазы. Характеристика гормонов, регулирующих обмен гликогена (адреналин, глюкагон, инсулин). Роль сАМР, протеинкиназы А и протеинфосфатазы.

Тема 10. Общая характеристика процесса тканевого дыхания

Пируватдегидрогеназный комплекс. Окисление пирувата до ацетилСоА. Спиртовое брожение. Представление о пентозофосфатном пути. Его значение для метаболизма. Реакции, в которых образуется NADPH. Цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса) и его биологическое значение. Компоненты митохондриальной цепи переноса электронов – дыхательной цепи. Механизм сопряжения окисления и фосфорилирования ADP. Хемиосмотическая теория Митчелла. Синтез АТФ, обратимая H^+ -АТРаза. Стехиометрические уравнения окисления NADH и убихинола кислородом. Энергетический эффект окисления ацетилСоА, пирувата, глюкозы.

Тема 11. Строение, свойства и метаболизм липидов

Липиды. Классификация. Свойства. Распад нейтрального жира. Липиды. Специфичность действия. Транспорт липидов. Хиломикроны, липопротеины. Строение и

функции. Распад нейтрального жира. Липиды. Специфичность действия. Транспорт липидов. Хиломикроны, липопротеины. Строение и функции. Биосинтез жирных кислот. Источники ацетилСоА. Перенос ацетильных групп из митохондрий в цитоплазму. Синтаза жирных кислот. Реакции синтеза пальмитиновой кислоты. Биосинтез нейтрального жира, фосфолипидов.

Тема 12. Обмен азотсодержащих соединений

Общие пути превращения аминокислот. Трансаминирование, декарбоксилирование. Роль пиридоксаофосфата. Дезаминирование. Оксидазы D- и L-аминокислот. Глутаматдегидрогеназа. Непрямое дезаминирование. Образование и детоксикация аммиака в организме. Способы его выведения: аммонийотелия, урикоотелия, уреотелия. Глутамин – транспортная форма аммиака в крови, аланин – транспортная форма аминного азота в крови. Глюкозо-аланиновый цикл. Биосинтез мочевины. Энергетическая цена процесса. Сопряженность цикла Кребса с циклом образования мочевины.

Тема 13. Общие представления о картах метаболизма.

Взаимосвязь реакций превращения аминокислот, углеводов, нуклеотидов и липидов.

Темы некоторых практических лабораторных работ, выполняемых студентами

1. Растворы, выражение концентрации Теория электролитической диссоциации. Буферные растворы
2. Методы определения рН. Потенциометрия Изучение свойств буферных растворов
3. Аминокислоты пептиды и белки Различные методы осаждения белка
4. Методы количественного определения белка. Определение концентрации неизвестного белка биуретовым методом.
5. Разделение аминокислот методом ионообменной тонкослойной хроматографии
6. Гель-фильтрация. Разделение смеси веществ на колонке Сефадекс G75.
7. Нуклеозиды, мононуклеотиды, полинуклеотиды. Выделение рибонуклеопротеидов из дрожжей.
8. Углеводы. Изучение свойств
9. Влияние различных факторов на активность ферментов на примере амилазы и инвертазы
10. Количественные методы определения углеводов
11. Анализ некоторых реакций гликолиза. Влияние иодацетата.
12. Выделение, определение активности и изоформентного состава лактатдегидрогеназы разных тканей.
13. Методы выделения и идентификации некоторых групп липидов
14. Ферментативный гидролиз жира молока

УШ. Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины

СК-системные компетенции

- способность к квалифицированному анализу научных источников;

- приобретение навыков поиска, обобщения и систематизации научной информации в области биохимии
- способность к дальнейшему самостоятельному повышению уровня образованности в области междисциплинарных и специальных биологических и медицинских исследований

ИК – инструментальные компетенции

- приобретение основных навыков работы в биохимической лаборатории
- освоение простейших методов выделения и очистки белков, а также методов измерения ферментативной активности
- способность использовать полученные знания для применения в различных областях биологии и смежных областях

ОНК – общенаучные компетенции

- обладание знаниями о строении и свойствах основных биологически важных веществ
- обладание знаниями о механизмах превращения биологических макромолекул
- способность анализировать сложные биологические эксперименты и выявлять основные молекулярные механизмы, лежащие в их основе
- обладание знаниями о механизмах получения энергии в клетке
- представление о возможностях использования биохимических методов и подходов для решения различных междисциплинарных проблем

IX. Используемые технологии

А. Образовательные технологии

- использование современных отечественных и переводных учебников по биохимии, а также использование учебно-методических пособий, подготовленных сотрудниками кафедры

Б. Научно-исследовательские технологии

- использование современных данных научно-исследовательской литературы по биохимии, молекулярной биологии и иммунохимии
- использование возможностей Интернет для поиска и обработки собранных биохимических данных

В. Научно-производственные технологии

- использование современного спектрофотометрического оборудования для измерения активности ферментов
- использование хроматографического и электрофоретического оборудования для выделения и характеристики свойств исследуемых белков
- ознакомление студентов с методами центрифугирования и некоторыми иммунохимическими методами

X. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

Примерный список заданий для проведения текущей и промежуточной аттестации (темы коллоквиумов)

Аминокислоты, пептиды, белки

Ферменты

Углеводы, липиды, нуклеотиды

Гликолиз, глюконеогенез, синтез гликогена и пентозный путь

Метаболизм липидов

Цикл ди- и трикарбоновых кислот. Окислительное фосфорилирование

Превращения азот-содержащих соединений

Примерный список вопросов для проведения текущей и промежуточной аттестации

1. Первичная структура белка и принципы, лежащие в основе ее определения.
2. Нековалентные связи, участвующие в поддержании структуры белка (водородные связи, ионные и гидрофобные взаимодействия). Обратимая и необратимая денатурация.
3. Третичная и четвертичная структура белков. Примеры белков, имеющих четвертичную структуру.
4. Четвертичная структура белка и ее роль в функционировании белков.
5. Посттрансляционная модификация белков.
6. Классификация природных аминокислот.
7. Кривые титрования аминокислот.
8. Миоглобин и гемоглобин. Представление об аллостерии и кооперативности.
9. Мотивы и домены в структуре белка. Консервативность и эволюция структуры белка.
10. Методы разделения сложных смесей белков, основанные на избирательном осаждении (изоэлектрическое осаждение, фракционирование сульфатом аммония и органическими растворителями).
11. Классификация сахаров. Стереохимия сахаров.
12. Полисахариды (крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин и т.д.): строение и биологическая роль.
13. Расщепление углеводов в желудочно-кишечном тракте.
14. Классификация ферментов.
15. Общие представления о кофакторах ферментов.
16. Факторы, влияющие на ферментативную активность. Влияние pH на активность ферментов.
17. Кислотно-основной катализ в ферментативных реакциях.
18. Кинетика Михаэлиса-Ментен. Константа Михаэлиса, максимальная скорость ферментативной реакции.
19. Физический смысл константы скорости химической реакции.
20. Специфичность ферментативного катализа.
21. Липопротеиды: строение и свойства. Участие в транспорте жиров и холестерина.
22. Физико-химические свойства фосфолипидов. Мицеллы, липосомы, двухслойные фосфолипидные мембраны.
23. Общие представления о строении биологических мембран.
24. Структура биологических мембран. Протеолипосомы как модель биологических мембран.
25. Липидный состав биологических мембран.
26. Проницаемость биологических мембран. Пассивный и активный транспорт, транспортные АТФазы.
27. Соединения с высоким потенциалом переноса групп (АТФ, фосфокреатин и др).
28. Фосфокреатин: образование и физиологическое значение.
29. Физико-химические свойства АТФ. Гидролиз АТФ.
30. Пуриновые и пиримидиновые основания.

31. Нуклеозиды и нуклеотиды.
32. Нуклеозид ди- и трифосфаткиназы.
33. Общие представления о структуре нуклеиновых кислот. Комплементарность оснований, водородные связи и стеккинг взаимодействия.
34. Спирты, входящие в состав липидов.
35. Переваривание липидов и роль желчных кислот в этом процессе.
36. Насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты: строение, свойства и участие в построении липидов.
37. Аденилатциклазная реакция.
38. Пентозный путь превращения углеводов
39. Связи между обменом углеводов (глюкоза) и нейтрального жира.
40. Пиридоксальные ферменты.
41. Электрохимическая теория сопряжения в окислительном фосфорилировании.
42. Общие промежуточные продукты обмена белков, жиров и углеводов.
43. Посттрансляционная модификация белков.
44. Карнитин и его биологическая роль.
45. Образование аммиака в организме и пути его обезвреживания.
46. Циклические нуклеотиды, их роль в передаче гормонального сигнала.
47. Регуляция распада и синтеза гликогена.
48. Гликонеогенез.
49. Гормоны и рецепторы. Механизм передачи гормонального сигнала внутрь клетки.
50. Окисление жирных кислот. Конечные этапы окисления "нечетных" жирных кислот.
51. Цикл ди- и трикарбоновых кислот (цикл Кребса).
52. Кофермент А. Строение и роль в обмене веществ.
53. Влияние гормонов на гликогенолиз.
54. Реакции, обеспечивающие стабилизацию и регулирование "фосфорильного" потенциала в клетке.
55. Кетоновые "тела" и их роль в энергетическом обмене.

XI. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины/практики:

	Автор	Название книги (статьи)	Отв.редактор	Место издания	Издательство	Год издания	Название журнала	Том	Номер журнала
1	Д.Нельсон М.Кокс	Основы биохимии Ленинджера	А.А.Богданов С.Н.Кочетов	Москва	Бином	2012			
2	А.Ленинджер	Основы биохимия		Москва	Мир	1985			
3	Л.Страйер	Биохимия	С.Е.Северин	Москва	Мир	1984			
4	Р.Марри Д.Греннер П.Мейес В.Родуэлл	Биохимия человека	Л.М.Гинодман	Москва	Мир	1993			
5		Биохимия Учебник для вузов	Е.С.Северин	Москва	ГЭОТАР	2003			
6	Т.Т.Березов Б.Ф.Коровкин	Биологическая химия		Москва	Медицина	1998			
6	Я. Кольман К-Г.Рем	Наглядная биохимия	П.Д.Решетова Т.И.Соркина	Москва	Мир	2000			
7	J.M. Berg J.L. Tymoczko L.Stryer	Biochemistry		New York	W.H.Freeman and Co	2007			
8	D.L. Nelson M.M. Cox	Lehninger principles of biochemistry		New York	W.H.Freeman and Co	2005			
9	А.Уайт Ф.Хендлер Э.Смит Р.Хилл И.Леман	Основы биохимии	Ю.А.Овчинников	Москва	Мир	1981			

Дополнительная литература для практических занятий по биохимии

Автор	Название книги (статьи)	Отв. редактор	Место издания	Издательство	Год издания	Название журнала	Том	Номер журнала
Коллектив авторов	Практикум по биохимии	С.Е.Северин Г.А.Соловьева	Москва	Издательство МГУ	1989			
Г.А.Соловьева, М.И.Сафронова Н.Н.Зайцева А.С.Рыжавская	Методы биохимического исследования. Учебно-методическое пособие для практических занятий по биохимии		Москва	Мир	2010			

XII. Материально-техническое обеспечение дисциплины/практики

А. Помещения

-Лекции проводятся в аудитории, оснащенной проектором для показа презентаций

Б. Оборудование

- Лекционное оборудование (компьютер, проектор, экран, маркерная доска)
- доступ к Интернет-ресурсам (электронные библиотеки) для самостоятельной работы
- практикум оснащен малым лабораторным оборудованием (рН-метры, весы, спектральные приборы, автоматические пипетки, настольные центрифуги, приборы для проведения электрофореза, источники питания), необходимым для выполнения практических задач

Составители:

доцент кафедры биохимии биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
к.б.н. Г.А.Соловьева

доцент кафедры биохимии биологического факультета МГУ имени М.В.Ломоносова
к.б.н. Н.Ю.Гончарова