

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ ГОРОДА МОСКВЫ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ГОРОДА МОСКВЫ ШКОЛА №1544

Принята на заседании
педагогического совета
от «14» августа 2021
Протокол №1



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА
«Задачи повышенной сложности по химии-10»**

НАПРАВЛЕННОСТЬ: ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНАЯ

Уровень программы: ознакомительный
Возраст обучающихся: 16-17 лет
Срок реализации: 1 год

Составитель - разработчик:

Павленко Ольга Вячеславовна,
учитель химии

г. Москва
2021 год

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Пояснительная записка
2. Учебный (тематический) план
3. Содержание учебного (тематического) плана
4. Формы контроля и оценочные материалы
5. Организационно-педагогические условия реализации Программы
6. Список литературы, использованной при написании Программы

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Биохимия – это химия жизни, или, более строго, наука о химических основах процессов жизнедеятельности. Сфера биохимии столь же широка, как и сама жизнь. Всюду, где существует жизнь, протекают различные химические процессы.

Знания из области биохимии, раскрывающие значение различных химических процессов природного и антропогенного происхождения для существования живых организмов, служат своего рода мостом, соединяющим курсы химии и биологии, основой для практического применения химических знаний в повседневной жизни. По своей сути биохимические знания имеют обобщающий характер, поскольку, опираясь на важнейшие теории и законы химии, они раскрывают специфику проявления этих законов и теорий в биологических системах, т. е. на более высоком уровне организации материи.

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Химия жизни» (далее – Программа) естественно-научной направленности базового уровня направлена на формирование у обучающихся системных знаний о строении химических соединений и их превращениях, лежащих в основе жизнедеятельности организма, понимания единства и многообразия процессов обмена веществ – важнейшего свойства всего живого, представлений о механизмах регуляции процессов жизнедеятельности на молекулярном и клеточном уровне.

Актуальность Программы обусловлена тем, что биохимия является базовой составляющей современной физико-химической биологии. Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) определяет здоровье как состояние «полного физического, духовного и социального благополучия, которое не сводится к простому отсутствию болезней и недомоганий». С биохимической точки зрения организм можно считать здоровым, если многие тысячи реакций, протекающих внутри клеток и во внеклеточной среде, обеспечивают его максимальную жизнеспособность и поддерживают физиологически нормальное состояние. Программа содействует формированию биологически грамотной личности, понимающей значение проблем сохранения здоровья, выяснения причин различных болезней и поиска путей их эффективного лечения.

Новизна Программы заключается в приобретении обучающимися экспериментальных умений и навыков. В Программу включены разделы,

касающиеся характеристики основных классов соединений, входящих в состав живой материи, обменных процессов, а также такие важные разделы биохимии, как изучение ферментов, витаминов, гормонов. Многие вопросы, включенные в Программу, не рассматриваются в школьной программе или изучаются фрагментарно.

Педагогическая целесообразность Программы заключается в том, что она способствует углублению химико-биологических знаний обучающихся, пониманию многообразия биологических явлений, химических процессов, естественно-научных закономерностей. Программа позволяет обучающимся приобрести новые теоретические знания и практические навыки, формирующие целостное представление о мире и роли биологии и химии в создании современной естественно-научной картины мира; научиться понимать природную, социальную, культурную, техническую окружающую действительность, применяя для этого химические и биологические знания.

Отличительная особенность Программы состоит в том, что она является мощным образовательным инструментом, позволяющим обучающимся получать глубокие знания по биохимии, необходимые для формирования осознанных принципов здорового образа жизни, способствующие более глубокой химико-биологической подготовке, ориентирующие на продолжение образования в средних и высших учебных заведениях медицинского, фармацевтического и биологического профилей.

Программа разработана на основе программы «Биохимия и биофизика» (разработчик Костяев Н.А., педагог ГБОУ Школа № 1409 г. Москвы, 2017 г.). Программа может быть использована при реализации проектов «Медицинский класс в московской школе» и «Академический класс в московской школе».

Цель Программы – расширить и систематизировать знания обучающихся о структуре и функциях органических веществ, полученных в курсах общей биологии и органической химии; познакомить с современными достижениями и перспективными направлениями развития биохимии.

Реализация поставленной цели предусматривает решение ряда задач.

Задачи Программы

Обучающие:

- заложить основы знаний о биохимии как науке о химических основах процессов жизнедеятельности;

- ознакомить с историей становления и развития биохимии, с деятельностью выдающихся ученых-биохимиков;
- обучить основным терминам и понятиям;
- расширить и углубить знания о строении и биохимических свойствах основных классов биологически важных соединений: белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, витаминов;
- сформировать представление о современных направлениях развития биохимии;
- сформировать культуру работы с научной литературой.

Развивающие:

- расширить область знаний по биологии и химии;
- развить познавательный интерес, интеллектуальные и творческие способности;
- развить интерес обучающихся к биохимии;
- развить умение работать с разными источниками информации, исследовательские и практические умения, коммуникативную культуру.

Воспитательные:

- воспитать устойчивый профессиональный интерес к изучению биохимии;
- воспитать бережное отношение к собственному здоровью и здоровью окружающих.

Категория обучающихся

Работа ведется в разновозрастных группах, группы комплектуются из обучающихся 16-18 лет. Количество обучающихся в группе – 15 человек.

Сроки реализации

Программа рассчитана на 1 год обучения. Общее количество часов в год составляет 144 часа.

Формы и режим занятий

Программа реализуется 1 раза в неделю по 1 часа, 34 часа в год.

Программа включает в себя лекционные занятия.

Планируемые результаты освоения Программы

По итогам обучения обучающиеся будут

знать:

- современные направления развития биологии, медицины и биохимии;
- строение и бioхимические свойства основных классов биологически важных соединений: белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, витаминов;
- основные метаболические пути превращения; ферментативный катализ; основы бioэнергетики;
- химико-биологическую сущность процессов, происходящих на молекулярном и клеточном уровнях в растениях, в организме животных и человека;
- основные механизмы регуляции метаболических превращений белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов;
- основы техники безопасности в бioхимической лаборатории;

уметь:

- критически анализировать и оценивать основные концепции и генерировать новые идеи в избранной профессиональной области и междисциплинарных дисциплинах;
- обсуждать полученные результаты в профессиональной и междисциплинарной аудитории;
- ориентироваться в специальной научной и методической литературе по профилю подготовки и смежным вопросам;
- планировать и организовывать лабораторное исследование в соответствии с современными бioхимическими методами анализа;
- подготовить рабочее место для проведения бioхимических исследований;
- подобрать соответствующие реагенты для методов исследования, адаптировать их для используемой аппаратуры;
- оценивать и интерпретировать результаты исследований, сформулировать заключение;
- работать с химической посудой и приборами, находящимися в бioхимической лаборатории;

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

Учебный (тематический) план

№	Названия раздела/темы	Количество часов			Формы аттестации и контроля
		Всего	Теория	Практика	
1.	Особенности биогенных веществ и биохимических превращений	9	5	4	
1.1.	Вводное занятие. Предмет, методы и объекты биохимии	2	2	-	
1.2.	Химические процессы в высокоорганизованных системах	2	1	1	
1.3.	Клетка – основной структурный элемент живой материи	2	1	1	
1.4.	Состав живой материи	3	1	2	Текущий контроль. Тест
2.	Вода и ее роль в процессе жизнедеятельности	6	3	3	
2.1.	Кислотно-основной статус человека	2	1	1	
2.2.	Теория кислот и оснований	2	1	1	
2.3.	Буферные свойства растворов	2	1	1	
3.	Аминокислоты и белки	10	5	5	
3.1.	Общие структурные свойства аминокислот	2	1	1	
3.2.	Белки и их главные биологические функции	3	2	1	
3.3.	Структура белков	2	1	1	
3.4.	Классификация белков. Биологические функции белков	3	1	2	Текущий контроль. Тест
4.	Ферменты – биокатализаторы	4	8	6	
4.1.	Каталитическая активность ферментов	1	1		
4.2.	Классификация ферментов на основе реакционной и субстратной специфичности	2	1		
4.3.	Активаторы и ингибиторы ферментов	1	1		Текущий контроль. Тест
5.	Кинетика биологических процессов	4	2	2	

5.1.	Кинетические уравнения. Порядок реакции. Период полупревращения	2	1	1	
5.2.	Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, среды и температуры. Уравнение Михаэлиса – Ментен и его параметры	2	1	1	
6.	Углеводы	5	2	2	
6.1.	Моносахариды	2	1	1	
6.2.	Олиго- и полисахариды	3	1	1	Текущий контроль. Опрос
	ИТОГО	38	25		

Содержание учебного (тематического) плана

Раздел 1. Особенности биогенных веществ и биохимических превращений

Тема 1.1. Вводное занятие. Предмет, методы и объекты биохимии

Теория. Знакомство с Программой, целями, задачами, порядком и планом работы на учебный год. Инструктаж по технике безопасности. История возникновения и становления биохимии. Синтез мочевины Ф. Велером. Основная задача и предмет изучения биохимии. Физическая биохимия. Химический анализ.

Тема 1.2. Химические процессы в высокоорганизованных системах

Теория. Понятие живой материи. В.И. Вернадский. Система – совокупность упорядоченно взаимодействующих структур организма. Метаболизм (обмен веществ). Биогенные вещества – продукты метаболизма. Отличительные признаки живого объекта. Основные функции биохимических процессов. Автотрофные и гетеротрофные клетки. Миксотрофы. Деление метаболических цепных процессов (реакций): анаболизм и катаболизм. Ассимиляция (синтез) и диссимиляция (распад). Гомеостаз. Основной обмен. Клеточный метаболизм. Ферменты.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Химические процессы в высокоорганизованных системах».

Тема 1.3. Клетка – основной структурный элемент живой материи

Теория. Биосфера. Иерархическая организация живой природы. Клеточная теория М. Шлейдена и Т. Шванна. Основные положения современной клеточной теории. Клеточная структура. Классы клеток: прокариотические (ПК) и эукариотические (ЭК). Компоненты клеток (органеллы). Строение и функции. Общие и отличительные признаки растительной и животной клетки.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Клетка – основной структурный элемент живой материи».

Тема 1.4. Состав живой материи

Теория. Биомолекулы. Факторы, обуславливающие поступление элементов из окружающей среды в живой организм. Состав живого организма: вещественный (химические вещества) и элементарный (химические элементы). Деление по количественному содержанию: органогенные, макроэлементы, микроэлементы, примесные элементы. Основные компоненты организма. Бioхимические функции органических соединений. Функциональные группы биомолекул и основные реакции с их участием. Гидролиз. Этерификация. Окислительно-восстановительные реакции. Функциональные группы биоорганических веществ (строение, семейство).

Практика. Выполнение теста, направленного на закрепление изученного материала тем раздела «Особенности биогенных веществ и бioхимических превращений».

Раздел 2. Вода и ее роль в процессе жизнедеятельности

Тема 2.1. Коллигативные свойства воды. Оsmотическое давление плазмы крови. Гомеостаз

Теория. Коллигативные свойства воды. Четыре термодинамических свойства воды. Понижение давления пара над раствором. Первый закон Ф.М. Рауля. Константа Рауля. Повышение температуры кипения воды и понижение температуры замерзания. Второй закон Ф.М. Рауля. Температурная зависимость. Криоскопическая и эбулиоскопическая константы. Повышение осмотического давления раствора. Интрацеллюлярные (внутриклеточные) жидкости. Оsmос. Оsmотическое давление. Растворы электролитов. Закон Вант-Гоффа. Изотонические растворы: гипотонические и гипертонические. Физиологические растворы. Плазмолиз. Лаковая вода. Гемолиз. Гомеостаз.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Коллигативные свойства воды. Оsmотическое давление плазмы крови. Гомеостаз».

Тема 2.2. Кислотно-основной статус человека

Теория. Постоянство концентрации водородных ионов во внеклеточном пространстве и в клетках – одно из важнейших условий жизнедеятельности организма. Кислотно-основное состояние (КОС). Кислотно-основное равновесие (КОР). Понятие pH «сила водорода». Кислотно-основной гомеостаз. Значения pH различных биожидкостей и тканей организма человека в норме.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Кислотно-основной статус человека».

Тема 2.3. Теория кислот и оснований

Теория. Теория кислот и оснований. Теория электролитической диссоциации С. Аррениуса. Электролиты: кислота, основание, амфолиты (аминокислоты, белки, нуклеиновые кислоты). Сильные и слабые электролиты. Протонная теория кислот и оснований Ч. Бренстеда и Т. Лоури. Доноры и ацепторы ионов водорода. Электронная теория кислот и оснований Льюиса. Определение константы кислотно-основного равновесия.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Теория кислот и оснований».

Тема 2.4. Буферные свойства растворов

Теория. Буферное свойство смесей. Буферные растворы. Буферные системы. Механизм буферного действия. Расчет pH буферных систем. Влияние разбавления и концентрации на pH буферных растворов. Зона буферного действия. Буферная емкость и ее зависимость от ряда факторов. Уравнение Гендерсона – Гассельбаха. Буферные системы крови. Плазматическая гидрокарбонатная буферная система. Эритроцитная гидрокарбонатная буферная система. Гемоглобин-оксигемоглобиновая буферная система. Метод Т. Амбурже. Эффект Бора. Плазматическая протеиновая буферная система. Фосфатная буферная система.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Буферные свойства растворов».

Раздел 3. Аминокислоты и белки

Тема 3.1. Общие структурные свойства аминокислот

Теория. Структура и классификация аминокислот. α -аминокислоты. Их особенности. Функциональные группы и их химическая природа. Алифатические гидрофобные аминокислоты. Ароматические гидрофобные аминокислоты. Гидрофильные аминокислоты. Имидазольное кольцо. Зоны буферного действия аминокислот. Определение электрического заряда

аминокислот. Метод электрофореза. Электрофорез с подвижной границей. Зональный электрофорез. Хроматографическое разделение аминокислот. Характерные химические реакции аминокислот.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Общие структурные свойства аминокислот».

Тема 3.2. Белки и их главные биологические функции

Теория. Белки (протеины). Функции. Каталитическая функция. Разнообразие белков. Полипептиды. Синтез белка. «Главная цепь». Пептидная связь и аминокислотный остаток. Олигопептиды. Полипептидный скелет и боковые цепи. Деление белков: по качественному и количественному составу: простые и сложные. Аминокислотная последовательность. Секвенирование. Методы выделения и анализа белков. Гидролиз (кислотный, щелочной, ферментативный). Изоэлектрическая точка белка (ИЭТ). Титрование. Электрофорез белков. Гель-проникающая хроматография. Аффинная хроматография. Осмометрический метод определения молекулярной массы. Диализ. Высаливание. Спектроскопические методы. Хромофоры. Оптическая плотность. Поглощение света (абсорбция). Закон Бугера – Ламберта – Берга. Коэффициент экстинкции.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Белки и их главные биологические функции».

Тема 3.3. Структура белков

Теория. Определенность в строении белковых молекул –Хоппе-Зейдлер. Расшифровка пространственного строения белков английскими биохимиками Перутц и Кендрю. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР). Четыре уровня организации: первичная, вторичная, третичная, четвертичные структуры. Состав и особенности. Термин « α -спираль» Лайнуса Полинга.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Структура белков».

Тема 3.4. Классификация белков. Биологические функции белков

Теория. Классификация белков: по составу (простые, сложные), структуре (фибриллярные, глобулярные, промежуточные), функциям. Нативный и денатурированный белок. Денатурация и ренатурация. Фибриллярные белки. α -кератин. Коллаген. Эластин. Кератин. Глобулярные белки. Гемоглобин. Миоглобин.

Практика. Выполнение теста, направленного на закрепление изученного материала раздела «Аминокислоты и белки».

Раздел 4. Ферменты – биокатализаторы Тема 4.1. Каталитическая активность ферментов

Теория. Термин «фермент» Ван Гельмонт (XVII в.). Ферменты – энзимы. Э. Бухнер – первый выделил из клетки набор ферментов. Белковая природа ферментов Дж. Нортроп. Пепсин и трипсин. Зависимость каталитической активности ферментов от нативной структуры белка. Кофактор. Коферменты. Голофермент. Апофермент. Три группы коферментов.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Каталитическая активность ферментов»

Тема 4.1. Активные центры ферментов

Теория. Активный центр (A). Субстрат (S). Части активного центра: адсорбционный и каталитический центры фермента. Регуляторный (аллостерический) центр. Аллостерические эффекторы: положительные (активаторы), или отрицательные (ингибиторы). Функциональные группы ферментов, принимающие участие в катализе. Общее строение ферментов.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Активные центры ферментов».

Тема 4.2. Активаторы и ингибиторы ферментов

Теория. Активаторы – вещества ускоряющие ферментативные реакции, ингибиторы – замедляющие. Влияние на активность ферментов.

Проферменты. Два типа ингибирования (торможения) активности ферментов: субстратное и аллостерическое. Их особенности.

Мультиферментные системы.

Практика. Выполнение теста, направленного на закрепление изученного материала раздела «Ферменты – биокатализаторы».

Раздел 5. Кинетика биологических процессов

Тема 5.1. Кинетические уравнения. Порядок реакции. Период полупревращения

Теория. Кинетическое уравнение реакции – уравнение, описывающее зависимость скорости реакции от концентрации ее участников – реагентов. Кинетическая кривая. k – константа скорости реакции. Закон действующих масс для скорости. Реакции нулевого порядка. Реакции первого порядка. Реакции второго порядка. Время, за которое расходуется половина вступившего в реакцию вещества – период полупревращения. Подразделение

реакций на: гомогенные и гетерогенные. По механизму химического превращения: простые и сложные реакции. Их особенности. Лимитирующая стадия. Стационарное состояние. Метод стационарных концентраций Боденштейна. Типы температурной зависимости: нормальный и аномальный. Закон Арренцуса. Энергия активации.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Кинетические уравнения. Порядок реакции. Период полупревращения».

Тема 5.2. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, среды и температуры. Уравнение Михаэлиса – Ментен и его параметры

Теория. Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата: при низкой концентрации – близка к линейной, при высокой – максимальна, постоянна. Явление насыщения фермента субстратом. Кривая расходования субстрата. Образование промежуточного комплекса в ферментативном процессе. Уравнение Л. Михаэлиса – М. Ментен. Уравнение и график Г. Лайнуивера – Д. Бэрка.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Зависимость скорости ферментативных реакций от концентрации субстрата, среды и температуры. Уравнение Михаэлиса – Ментен и его параметры».

Раздел 6. Углеводы

Тема 6.1. Моносахариды

Теория. Определение углеводов. Деление углеводов. Моносахариды: полиоксиальдегиды (альдозы) и полиоксикетоны (кетозы). По числу углеродных атомов делятся на: триозы, тетрозы, пентозы, гексозы, гептозы, октозы, нанозы. Глюкоза, ее значение для человека. Манноза. Галактоза. Фруктоза. Рибоза и дезоксирибоза. Где встречаются, для чего служат.

Практика. Выполнение практических заданий, направленных на закрепление темы «Моносахариды».

Тема 6.2. Олиго- и полисахариды

Теория. Олигосахариды. Деление: гомоолигосахариды и гетероолигосахариды. Мальтоза. Лактоза. Сахароза. Где встречаются, для чего служат. Полисахариды (полиозы, гликаны). Деление на гомо- и гетерополисахариды; на линейные и разветвленные. Целлюлоза (клетчатка). Крахмал. Гликоген. Углеводсодержащие смешанные биополимеры:

гликопротеины, гликолипиды, гликолипопротеины, тейхоевые кислоты, нуклеиновые кислоты. Где встречаются, для чего служат.

Практика. Опрос по изученному материалу раздела «Углеводы».

ФОРМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Формы контроля и оценочные материалы служат для определения результативности освоения Программы обучающимися. Текущий контроль проводится по окончании изучения каждой темы – выполнение обучающимися практических заданий. Промежуточный контроль проходит в середине учебного года в форме открытого занятия. Итоговый контроль проходит в конце учебного года – в форме зачетной работы.

Формы проведения аттестации:

- выполнение практических заданий (практикум, лабораторная работа);
- контрольная работа;
- тестирование;
- опрос;
- зачётная работа.

ОРГАНИЗАЦИОННО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ

При реализации данной Программы используются следующие методы обучения:

- словесные (лекции, объяснения, беседы, консультации);
- наглядные (наглядные пособия, плакаты, видео и CD);
- исследовательские (выполнение обучающимися исследовательских заданий).

Основными формами проведения занятий являются комбинированные занятия, состоящие из теоретической и практической части.

Усвоение материала контролируется при помощи опросов, тестирования, выполнения практических заданий.

Заключительное занятие объединения проводится в форме зачетной работы.

Материально-технические условия реализации Программы

Продуктивность работы во многом зависит от качества материально-технического оснащения процесса. Программа реализуется в аудитории

образовательной организации с применением технических средств обучения и лабораторного оборудования:

инфраструктура организации:

- учебный кабинет;

технические средства обучения:

- компьютеры;
- проектор;
- экран;
- телевизор;
- интерактивная доска SMART;

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Список литературы, используемой при написании программы

1. Биологическая химия. Тесты, задачи, вопросы. /Под ред. А.И. Глухова. – Москва: Практическая медицина, 2018.
2. Биохимия с упражнениями и задачами. Учебник для вузов. /Под ред. А.И. Глухова, Е.С. Северина. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019.
3. Василенко Ю.К. Биологическая химия. – Москва: МЕДпресс- информ, 2011.
4. Горчаков Э.В., Багамаев Б.М., Федота Н.В. Основы биологической химии. – Москва: Лань, 2019.
5. Губарева А.Е. и др. Биологическая химия. Ситуационные задачи и тесты. /Под ред. А.Е. Губаревой. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2016.
6. Зезеров Е.Г. Биохимия общая, медицинская и фармакологическая. – Москва: МИА, 2019.
7. Кокс М., Нельсон Д. Основы биохимии Ленинжера. В 3-х т. – Москва: Лаборатория знаний, 2020.
8. Кольман Я., Рэм К.-Г. Наглядная биохимия. – Москва: Лаборатория знаний, 2019.
9. Кривенцев Ю.А., Никулина Д.М. Биохимия: строение и роль белков гемоглобинового профиля. Учебное пособие для среднего профессионального образования. – Москва: Юрайт, 2020.
10. Маршал В.Дж. Клиническая биохимия. – Москва: Бином, 2020.

11. Основы биохимии: учебное пособие. /Под ред. Н.Н. Чернова, В.С. Покровского. – Москва: Е-ното, 2020.
12. Северин С.Е. Биохимия. Учебник. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2019.
13. Северин С.Е., Алейникова Т.Л., Осипов Е.В., Силаева С.А. Биологическая химия. – Москва: МИА, 2017.
14. Тестовые вопросы по биохимии для подготовки к экзамену. / Под ред. Н.Н. Чернова, В.С. Покровского. – Москва: Е-ното, 2020.
15. Чиркин А.А., Данченко Е.О. Биохимия. – Москва: Медицинская литература, 2010.