

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ


ФЕДЕРАЛЬНОЕ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ЛГУ»)

Институт естественных наук

Кафедра химии и биохимии

УТВЕРЖДАЮ

Директор Института  
естественных наук

 С.Ю. Гаврик  
«17» января 20 25 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Химические аспекты жизненных процессов

По направлению подготовки 04.04.01 Химия

Программа магистратуры Биохимия

Квалификация выпускника магистр

Форма обучения очная

Курс 2

Луганск, 20 25

Рабочая программа учебной дисциплины является частью основной профессиональной образовательной программы для подготовки магистров по направлению подготовки 04.04.01 Химия и программе магистратуры Биохимия очной формы обучения.

Рабочая программа учебной дисциплины разработана в соответствии с ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки 04.04.01 Химия, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 13 июля 2017 г. № 655 (с изменениями и дополнениями), Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта» от 18 октября 2013 г. № 544н (с изменениями и дополнениями) и Профессиональным стандартом, утвержденным Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Об утверждении профессионального стандарта» от 4 марта 2014 г. № 121н (с изменениями и дополнениями).

**СОСТАВИТЕЛЬ:**

Профессор кафедры химии и биохимии ФГБОУ ВО «ЛГПУ», доктор химических наук, профессор Дяченко Владимир Данилович.

Утверждена на заседании кафедры химии и биохимии  
Протокол от «10» сентября 2025 г. № 6  
Заведующий кафедрой химии и биохимии

 В.Д. Дяченко

Одобрена на заседании учебно-методической комиссии Института естественных наук  
Протокол от «13» сентября 2025 г. № 6  
Председатель учебно-методической комиссии  
Института естественных наук

 С.Н. Несторенко

**СОГЛАСОВАНО:**

Директор Департамента образования

 В.В. Савенков

## 1. Цели и задачи учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины – изучить особенности химического строения, химических свойств и биологических функций важнейших классов жизненно необходимых соединений: аминокислот, белков, нуклеиновых кислот, углеводов, липидов, путей их химических превращений в живых организмах и значения этих превращений для понимания физико-химических молекулярных механизмов наследственности и изменчивости, регуляции и адаптации.

Задачи: формирование у обучающихся правильного представления об основных химических компонентах клетки, молекулярных основах биокатализа, метаболизма, современном состоянии вопросов взаимосвязи структуры и свойств важнейших типов биомолекул с их биологической функцией.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП

Учебная дисциплина «Химические аспекты жизненных процессов» входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений (Б1.В.04), дисциплин подготовки студентов.

Необходимыми условиями для освоения учебной дисциплины являются знания общей химии, умения прослушивать и осмысливать лекционный материал, навыки решения задач в ходе выполнения индивидуальных заданий по основным разделам курса.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Неорганическая химия», «Физико-химические методы исследования вещества», «Органическая химия», «Химия высокомолекулярных соединений» и служит основой для дальнейшего освоения дисциплин «Азотсодержащие лекарственные вещества», «Современный скрининг новых веществ», «Синтез лекарственных средств с противоопухолевым и сердечно-сосудистым действием», «Биохимия питания», «Промышленная биохимия».

## 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код по ФГОС ВО	Индикатор достижения	Результаты обучения по дисциплине
Общепрофессиональные		
ОПК-2. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и	ОПК-2.1. Проводит критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических	Знает: как проводить критический анализ результатов собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ, корректно

расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	работ, корректно интерпретирует их ОПК-2.2. Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук	интерпретирует их. Умеет: характеризовать основные пути метаболизма химических компонентов в живом организме. Владеет навыками: формулировки заключения и выводов по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ в избранной области химии или смежных наук.
<b>Профессиональные</b>		
ПК-2. Способен проводить патентно-информационные исследования в выбранной области химии и/или смежных наук	ПК-2.1. Проводит поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных ПК-2.2. Анализирует и обобщает результаты патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии (химической технологии)	Знает: строение и свойства основных химических компонентов живой материи, особенности структуры и функционирования белковых молекул и их комплексов как носителей жизни. Умеет: проводить поиск специализированной информации в патентно-информационных базах данных. Владеет навыками: анализа и обобщения результатов патентного поиска по тематике проекта в выбранной области химии.

## 4. Структура и содержание учебной дисциплины

### 4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы

Вид учебной работы	Объем часов / зачетных единиц	
	Очная форма	Очно-заочная форма / Заочная форма
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>252</b> <b>(7 зач. ед)</b>	-
<b>Обязательная аудиторная нагрузка (всего часов), в том числе:</b>	<b>84</b>	-
Лекции	32	-
Семинарски занятия	-	-
Практические занятия	-	-
Лабораторные работы	52	-
Курсовая работа / курсовой проект	-	-
Другие формы организации учебного процесса (контрольные работы,	-	-

индивидуальные занятия, консультации и др.)		
<b>Самостоятельная работа студента (всего часов)</b>	<b>168</b>	-
Форма аттестации	Экзамен (3 семестр) / Экзамен (4 семестр)	-

## 4.2. Содержание разделов учебной дисциплины

Раздел 1. Введение в биохимию. Белки, ферменты, витамины, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты (НК).

Тема 1. Аминокислоты, пептиды, белки. Предмет биохимии. Химический состав клетки. Основные макромолекулы, входящие в состав живых организмов. Отличительные особенности живой материи. Обмен веществ и энергии в живых организмах. Роль ферментов.

Клетка. Структурные характеристики. Основные классы клеток: прокариоты и эукариоты. Клеточная организация эукариот: ядро, митохондрии, цитоплазма, аппарат Гольджи, клеточные мембраны.

$\alpha$ -Аминокислоты. Общие структурные свойства.стереоизомерия (D- и L-ряды). Классификация аминокислот на основе их R-групп. Ионные свойства аминокислот. Изoeлектрическая точка. Способы разделения аминокислот на основе их ионных свойств (ионообменная хроматография и электрофорез). Реакции аминокислот *in vivo* (дезаминирование, декарбоксилирование, образование пептидной связи).

Пептиды. Номенклатура. C- и N- концевые кислоты. Строение и характеристики пептидной связи. Ионные свойства пептидов. Характерные реакции пептидов: гидролиз полный и частичный. Синтез пептидов. Защитные группы для амино- и карбоксильной групп в концевых кислотах. Активация карбоксильной группы. Определение аминокислотной последовательности в пептидах. Важнейшие пептиды небелковой природы: глутатион, гормоны (окситоцин и вазопрессин), нейромедиаторы (энкефалины, эндорфины). Пептидные антибиотики; пенициллины, грамицидин.

Белки. Молекулярная масса, размер и форма белковых молекул. Классификация белков. Четыре уровня организации структуры белков. Первичная структура белков и методы ее определения. Ферментативный гидролиз. Гомология первичной структуры. Вторичная структура белков. Роль водородных связей,  $\alpha$ -спираль,  $\beta$ -структура (складчатый лист). Третичная структура белков. Глобулярные и фибриллярные белки. Типы взаимодействий: ковалентные, ионные, водородные, гидрофобные. Четвертичная структура олигомерных белков. Природа взаимодействий между субъединицами. Биологическое значение олигомерных взаимодействий. Денатурация белков.

Важнейшие представители фибриллярных белков: кератины, коллаген и эластин. Важнейшие представители глобулярных белков; гемоглобин, миоглобин. Серповидноклеточная анемия – «молекулярная болезнь» гемоглобина.

Тема 2. Ферменты – биокатализаторы. Белковая природа ферментов. Классификация. Простетические группы, кофакторы и коферменты. Холофермент и апофермент. Зимогены. Механизм действия ферментов. Субстратная специфичность. Каталитический (активный) центр ферментов. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментон. Зависимость кинетических параметров от pH. Единица активности фермента. Регуляция активности, влияние ионов водорода и ионов металлов. Обратимые и необратимые ингибиторы ферментов. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Регуляторные ферменты, аллостерические ферменты и модуляторы. Ингибиторы метаболизма – антиметаболиты. Сульфаниламиды как антибактериальные средства. Химиотерапия.

Тема 3. Витамины и микроэлементы. Углеводы. Витамины. Номенклатура и классификация. Жирорастворимые и водорастворимые витамины. Витамины B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub> и B<sub>12</sub> – составляющие коферментов и простетических групп. Важнейшие жирорастворимые витамины: A, D<sub>3</sub>, E, K. Их биологическая роль. Авитаминозы и их лечение.

Микроэлементы. Биологическая функция (простетические группы, кофакторы ферментов, компоненты витаминов). Роль ионов железа, меди, марганца, цинка и кобальта. Биологическая роль и токсикология селена и бора.

Моносахариды. Классификация, номенклатура.стереоизомерия и таутомерия. Химические превращения: окисление, восстановление, фосфорилирование, образование гликозидов (O-, N-гликозиды). Биологическая роль важнейших гликозидов. Амино- и дезокси-сахара.

Олигосахариды. Структура и свойства. Восстанавливающие и не восстанавливающие дисахариды. Важнейшие дисахариды: мальтоза, лактоза, сахароза, целлобиоза. Биозные фрагменты природных гликозидов (генциобиоза в амигдалине, стрептобиозамин в стрептомицине).

Полисахариды. Структура, классификация, свойства, α- и β- гликозидные связи. Ферментативный и кислотный гидролиз. Гомополисахариды (целлюлоза, крахмал, гликоген, декстраны). Кофигурационные и конформационные различия, биологическая роль. Важнейшие гетерополисахариды (хитин, пектиновые вещества, хондроитинсульфаты). Гликопротеины и пептидогликаны.

Тема 4. Липиды, жиры. Воски. Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.

Жиры. Структура, номенклатура, классификация. Ацилглицериды. Важнейшие высшие карбоновые кислоты, входящие в состав жиров и масел. Гидролиз жиров. Воски. Терпены. Стероиды. Простагландины. Биологическая роль. Фосфолипиды. Структура, номенклатура, классификация. Фосфоглицериды. Сфинголипиды. Амфипатические свойства. Мицеллы и бислои. Структура и функции биомембран.

Нуклеозиды. Номенклатура. Строение: азотистые основания пуринового и пиримидинового ряда (аденин, гуанин, тимин, цитозин и урацил), минорные азотистые основания; углеводные компоненты: рибоза и дезоксирибоза (конфигурация гликозидного центра).

Нуклеотиды. Номенклатура, строение, классификация. Биологически важные нуклеотиды: аденозинтрифосфат (АТФ), никотинадениндифосфат (НАД<sup>+</sup>) и флавинадениндинуклеотид (ФАД).

Полинуклеотиды и нуклеиновые кислоты (НК). Классификация и строение ДНК и РНК. Первичная структура НК. Химические и ферментативные превращения. Вторичная структура НК: двойная спираль ДНК. Комплементарные и межплоскостные взаимодействия азотистых оснований. Правило Чаргаффа. Полиморфизм двойной спирали ДНК. Циклические сверхскрученные ДНК и топоизомеры.

Макромолекулярная структура РНК. Транспортные РНК (тРНК), матричные РНК (мРНК) и рибосомные РНК (рРНК).

Функции полинуклеотидов в живых организмах. Нуклеопротеиды. Вирусы и вирусные болезни.

Раздел 2. Метаболизм, биоэнергетика, гликолиз, молекулярные основы генетики

Тема 5. Метаболизм и биоэнергетика.

Биоэнергетика. Термодинамические аспекты: энергетика изменений состояния системы. Термодинамические функции состояния (свободная энергия). Преобразование. Высокоэнергетические биомолекулы: АТФ, ацилфосфаты, тиоэфиры. Принцип сопряжения. Роль НАД<sup>+</sup> и ФАД при окислении топливных молекул.

Метаболизм – совокупность процессов катаболизма и анаболизма. Макрометаболические циклы. Источники углерода, азота, кислорода для живых организмов. Автотрофы и гетеротрофы (аэробные и анаэробные организмы). Круговорот азота, кислорода и СО<sub>2</sub> в природе.

Тема 6. Гликолиз – окисление углеводов. Цикл лимонной кислоты. Цепь переноса электронов. Основные стадии гликолиза. Пируват как конечный продукт гликолиза. Судьба пирувата в анаэробных условиях. Образование молочной кислоты и регенерация НАД<sup>+</sup>. Молочнокислое брожение.

Декарбоксилирование пирувата и регенерация НАД<sup>+</sup> из НАДН за счет восстановления ацетальдегида до этанола. Спиртовое брожение. Биоэнергетический баланс анаэробного гликолиза.

Судьба пирувата в аэробных условиях. Образование ацетилкофермента А. Пируват – дегидрогеназный комплекс.

Роль гликолитического пути в генерировании АТФ. Катаболизм других сахаров (фруктозы, маннозы, галактозы).

Гликогенез. Регуляция гликолиза и гликогенеза. Гормональный контроль (адреналин, инсулин).

Цикл трикарбоновых кислот (цикл лимонной кислоты) – центральный метаболический путь углерода, входящего в состав всех основных классов биомолекул. Основные реакции цикла. Стехиометрия цикла. Цикл трикарбоновых кислот - основной источник образования НАДН из НАД<sup>+</sup>. Необходимость анаплеротических путей (путей, пополняющих запас компонентов, участвующих в цикле). Зависимость от АТФ и биотина, карбоксилирование пирувата - анаплеротический путь синтеза оксалоацетата.

Системы транспорта электронов (общие принципы). Окислительно-восстановительные потенциалы. Энергетика переноса электронов.

Дыхательная цепь транспорта электронов. Кислород - терминальный акцептор электронов.

Четыре комплекса в цепи переноса электронов. Переносчики электронов: НАД<sup>+</sup>, ФАД, кофермент Q, цитохромы.

Сопряжение работы дыхательной цепи с процессом синтеза АТФ. Коэффициент полезного действия дыхательной цепи. Полный биоэнергетический эффект цикла трикарбоновых кислот.

Тема 7. Метаболизм жиров, липидов и аминокислот.

Гидролиз жиров и фосфолипидов до жирных кислот. Активация жирных кислот путем превращения в ацил-СоА. Основные реакции катаболизма жирных кислот. Расщепление ненасыщенных кислот и кислот с нечетным числом углеродных атомов. Биоэнергетический баланс окисления жирных кислот. Образование кетонных тел в условиях интенсивного расщепления жиров. Биосинтез жирных кислот. Ацетил-СоА – исходное соединение при биосинтезе. Основные реакции. Биоэнергетический баланс синтеза жирных кислот.

Катаболизм аминокислот. Окислительное дезаминирование и переаминирование. Образование из аминокислот пирувата и метаболитов цикла трикарбоновых кислот (глюкогенные и кетогенные кислоты). Декарбоксилирование аминокислот - источник биогенных аминов (адреналина, норадреналина).



Превращение аммиака в мочевины. Синтез карбамоилфосфата. Цикл мочевины. Последствия нарушений катаболизма аминокислот (алкаптонурия и фенилкетонурия).

Биосинтез аминокислот и гема. Биосинтез заменимых аминокислот из промежуточных продуктов гликолиза, цикла трикарбоновых кислот (аланин, аспарагин, глутамат, серин, глицин, цистеин). Тетрагидрофолат – переносчик одноуглеродных фрагментов. Биосинтез порфиринов из глицина и сукцинил-СоА.

Тема 8. Молекулярные основы генетики.

ДНК – основное наследственное вещество клеток. Двухспиральная структура ДНК с комплементарными последовательностями нуклеотидов как молекулярная основа передачи наследственной информации. Полуконсервативная схема репликации ДНК. Основные стадии репликации (инициация, расплетание двойной спирали – репликационная вилка, прерывистый синтез ДНК-фрагменты Оказаки). Согласованность процессов репликации ДНК и клеточного деления.

ДНК, как основной объект изменчивости. Мутации – результат замены пар комплементарных оснований в ДНК (замена, вставка, делеция). Причины возникновения мутации (химические и радиационные мутагены). Репарация ДНК (удаление поврежденных участков).

Кодирование аминокислотных последовательностей всего набора клеточных белков – основное содержание генетической информации, заложенной в нуклеотидной последовательности ДНК. Значение кодонов. Выврожденность генетического кода.

Информационная (матричная) РНК (мРНК) – продукт считывания информации с ДНК. Комплементарность нуклеотидной последовательности в мРНК и кодирующего фрагмента одной из нитей ДНК. Основные стадии транскрипции ДНК (переноса генетической информации от ДНК к РНК): инициация, элонгация, терминация.

Транспортные РНК (тРНК). Кодон – антикодонное узнавание. Выврожденность и «качание». Основные стадии трансляции – процесса декодирования мРНК с помощью адаптера ~ тРНК: активация тРНК (амино-ацил – тРНК), узнавание кодона, образование пептидной связи, транслокация. Кодоны терминации. Посттрансляционные реакции (регуляция активности белка). Рибосомы – компартемент синтеза полипептидных цепей. Субъединицы рибосом. Генетические регуляторные механизмы. Регулирование на уровне транскрипции. Ген – регулятор. Репрессор. Оператор. Оперон. Механизм индукции – репрессии, – один из основных механизмов регуляции живой клеткой биохимических процессов.

### 4.3. Лекции

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
3 семестр			
1.	Аминокислоты, пептиды, белки.	4	-
2.	Ферменты – биокатализаторы.	4	-
3.	Витамины и микроэлементы. Углеводы.	6	-
4.	Липиды, жиры. Воски. Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.	6	-
4 семестр			
5.	Метаболизм и биоэнергетика.	2	-
6.	Гликолиз – окисление углеводов. Цикл лимонной кислоты. Цепь переноса электронов.	4	-
7.	Метаболизм жиров, липидов и аминокислот.	4	-
8.	Молекулярные основы генетики.	2	-
Итого:		32	-

**4.4. Практические занятия** не предусмотрены учебным планом.

### 4.5. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование темы	Объем часов	
		Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
3 семестр			
1.	Аминокислоты, пептиды, белки.	8	-
2.	Ферменты.	6	-
3.	Моносахариды, олиго- и полисахариды.	6	-
4.	Липиды, жиры.	6	-
5.	Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.	6	-
4 семестр			
6.	Гликолиз.	4	-
7.	Цикл лимонной кислоты.	4	-
8.	Метаболизм жиров и липидов.	4	-
9.	Метаболизм аминокислот, цикл мочевины.	4	-
10.	Молекулярные основы генетики.	4	-
Итого:		52	-

### 4.6. Самостоятельная работа студентов

№ п/п	Наименование раздела / темы	Вид самостоятельной работы	Объем часов	
			Очная форма	Очно-заочная форма / заочная форма
3 семестр				
1.	Аминокислоты, пептиды, белки.	написание конспекта, ответы на вопросы.	22	-

		подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов		
2.	Ферменты.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
3.	Моносахариды, олиго- и полисахариды.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
4.	Липиды, жиры.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
5.	Нуклеозиды, нуклеотиды, НК.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	22	-
4 семестр				
6.	Гликолиз.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	12	-
7.	Цикл лимонной кислоты.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	12	-
8.	Метаболизм жиров и липидов.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к	12	-

		лабораторным работам, оформление лабораторных журналов		
9.	Метаболизм аминокислот, цикл мочевины.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	12	-
10.	Молекулярные основы генетики.	написание конспекта, ответы на вопросы, подготовка к лабораторным работам, оформление лабораторных журналов	10	-
<b>Итого:</b>			168	-

#### **4.7. Курсовые работы / проекты не предусмотрены учебным планом.**

### **5. Методическое обеспечение, образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

Информационные технологии: использование электронных учебников, химических программ при подготовке к лекциям и лабораторным работам.

Работа в команде: совместная работа студентов в группе при подготовке к лабораторным работам, выполнение групповых домашних заданий (Раздел 1. Введение в биохимию. Белки, ферменты, витамины, углеводы, жиры, нуклеиновые кислоты (НК); Раздел 2. Метаболизм, биоэнергетика, гликолиз, молекулярные основы генетики).

### **6. Формы контроля освоения учебной дисциплины**

Текущая аттестация студентов производится в дискретные временные интервалы лектором и преподавателем, ведущим лабораторные работы по дисциплине в различных формах: выполнение письменных домашних заданий и контрольных работ.

Промежуточный контроль по результатам освоения дисциплины проходит в форме письменного экзамена (3 и 4 семестры).

Система оценивания учебных достижений студентов, оценочные средства представлены в фонде оценочных средств к рабочей программе учебной дисциплины (приложении).

## **7. Учебно-методическое и программно-информационное обеспечение дисциплины**

### **А) основная литература:**

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. – М.: Медицина, 1985.
2. Слесарев В.И. Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов.— СПб: Химиздат, 2007. – 784 с.
3. Кудряшова Н.В., Мызина С.Д. Физиологическая химия. Химические аспекты физиологических процессов: Часть 1-3. Учебн. Пособие. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2008. – 152 с.
4. Якупов Т.Р. Физико-химические аспекты биологической жизнедеятельности. Учебное пособие по термодинамике / Т.Р. Якупов, Г.Н. Зайнашева. – Казань: ФГБОУ ВО Казанская ГАВМ, 2020. – 47 с.

### **Б) дополнительная литература:**

1. Андрусенко С.Ф. Биологическая химия : учебно-методическое пособие / Андрусенко С.Ф., Денисова Е.В.. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2015. — 131 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/63075.html>
2. Клопов, М. И. Биологически активные вещества в физиологических и биохимических процессах в организме животного : учебное пособие / М. И. Клопов, В. И. Максимов. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-1384-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/211019>
3. Смолина Т.А., Васильева Н.В., Куплетская Н.Б. Практические работы по органической химии: Малый практикум. – М.: Просвещение, 1986.
4. Эткинс П. Молекулы: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991.
5. Мызина С.Д., Халимская Л.М. Биологически активные соединения. Витамины, гормоны и биорегуляторы. Уч. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 2006. – 72 с.

### **В) Интернет-ресурсы:**

1. [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)
2. [www.elementy.ru](http://www.elementy.ru)
3. [www.chem.msu.ru](http://www.chem.msu.ru)
4. [www.chemport.ru](http://www.chemport.ru)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Лекционные занятия: комплект электронных презентаций, аудитория, оснащенная презентационной техникой (мультимедийная доска, проектор, экран, ноутбук).

Лабораторные работы: лаборатория органической и биоорганической химии, оснащенная доской, таблицами, химическими реактивами, лабораторной посудой, необходимым оборудованием.

## 9. Лист дополнений и изменений

[illegible]