

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Министерство образования Самарской области  
государственное бюджетное общеобразовательное учреждение Самарской  
области средняя общеобразовательная школа № 2 с. Приволжье  
муниципального района Приволжский Самарской области  
ГБОУ СОШ №2 с.Приволжье

РАССМОТРЕНО

Руководитель ШМС

Елакова МИ

Протокол № от «28» августа  
а 2025 г

ПРОВЕРЕНО

заместитель директора по  
УВР

Левина М.А.

Протокол № от «28»  
августа 2025 г.

УТВЕРЖДЕНО

директор ГБОУ СОШ  
№2 с. Приволжье

Сергачева Л.Ю.

Приказ №/-одот «28»  
августа 2025 г.



C=RU, O=ГБОУ СОШ  
№2  
с.Приволжье  
е,  
CN=Сергачева  
Лилия Юрьевна,  
E=school2\_prv@sam  
ar.a.edu.ru  
00f4a897f9467376cf  
2025.08.28  
17:17:05+04'00'

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

(ID 9687406)

**учебного предмета Биохимия**  
для обучающихся 10-11 классов

с. Приволжье 2025г

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

Актуальность данного курса определяется необходимостью поддержки профильного образования, направленного на подготовку будущих профессионалов для развития высокотехнологичных производств на стыке естественных наук. Содержание курса является конвергентно ориентированным и обеспечивает формирование компетенций, необходимых для жизни и трудовой деятельности в эпоху высокоразвитой науки и современных технологий.

Курс предназначен учащимся старшей школы естественно-научного, технологического или универсального профилей обучения и может быть как обязательным учебным предметом по выбору учащегося из компонента образовательной организации в вариативной части учебного плана,

так и курсом в рамках внеурочной деятельности и/или дополнительного образования. Пособие рекомендуется использовать для проведения элективных курсов в рамках проектов «Инженерный класс в московской школе», «Медицинский класс в московской школе», «Академический класс в московской школе».

**Учебно-методическое обеспечение курса** включает рабочую программу элективного курса и учебное пособие для обучающихся. Рабочая программа устанавливает обязательное предметное содержание, предлагает примерное тематическое планирование с учётом логики учебного процесса, определяет планируемые результаты освоения курса на уровне среднего общего образования.

В соответствии с системно-деятельностным подходом реализация данной программы предполагает использование современных методов обучения и разнообразных форм организации образовательного процесса: круглый стол, видеолекторий, биоинформационная работа, семинары, практические и лабораторные работы, учебное исследование, самостоятельная работа с первоисточниками, лекция, конференция и др.; возможно выполнение индивидуальных исследований и проектов.

Достижение планируемых результатов оценивается как «зачтено/не зачтено».

### ЦЕЛИ ИЗУЧЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

**Цели курса:** формирование научной картины мира; развитие познавательных интересов и метапредметных компетенций обучающихся через практическую деятельность; расширение, углубление и обобщение знаний о строении, свойствах и функциях биомолекул; формирование устойчивого интереса к профессиональной деятельности в области естественных наук.

**Задачи курса:**

- изучить особенности строения, свойства и функции биомолекул (углеводов, липидов, белков, нуклеиновых кислот), входящих в состав живого организма;
- сформировать у обучающихся представления об основных методах исследования в биохимии;
- познакомить обучающихся с биоинформатикой;
- обеспечить развитие экспериментальных умений и навыков в соответствии с требованиями правил техники безопасности;
- рассмотреть области применения современной биохимии в фундаментальных, медицинских и фармацевтических исследованиях;
- сформировать у обучающихся компетенции для профессионального самоопределения в рамках предметов естественно-научного цикла, развивать мотивацию к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной деятельности;
- раскрыть роль биохимии как базового и приоритетного направления научно-технического прогресса.

**Общая характеристика курса.** Данный курс содержательно связан с курсами химии, биологии, информатики, т. е. носит интегрированный характер и способствует развитию естественно-научного мировоззрения учащихся. В учебном плане элективный курс «Биохимия» является частью предметной области «Естественно-научные предметы». Материал пособия обеспечивает знакомство с современными фундаментальными и прикладными исследованиями в области биохимии; формирование у обучающихся конвергентного мышления; углубление и обобщение знаний школьников о высокомолекулярных веществах, методах их изучения; раскрытие принципов функционирования живых систем; знакомство с историей развития естествознания и современными разработками учёных; воспитание бережного отношения к живой природе, формирование культуры питания; обучение аргументированному ведению дискуссии; желание заниматься научно-практической деятельностью.

Пособие содержит методические комментарии по организации занятий (особенности, структура, содержание, виды деятельности, формы организации занятий и т. д.). На занятиях учащиеся развиваются аналитические способности при проведении практических работ, устанавливают при-

чинно-следственные связи при изучении методов биохимии, узнают о возможностях их применения в медицине, о контроле качества в фармацевтической и пищевой промышленности.

**Основные идеи курса:**

- единство материального мира;
- внутри- и межпредметная интеграция;
- взаимосвязь науки и практики;
- взаимосвязь человека и окружающей среды.

**Формы проведения:**

Лекция, семинары, групповые занятия, практические занятия, лабораторные опыты, выполнение тестовых заданий, выполнение контрольных срезов по типу ЕГЭ.

*Курс рассчитан на 68 ч (1 ч в неделю в каждом классе - 34 часа в 10 классе и 34 часа в 11 классе)*

# СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО ПРЕДМЕТА

## 10 КЛАСС

**Введение в биохимию.** Введение. Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории. Предмет биохимии. История биохимии. Структура и функции биомолекул. Функциональные группы органических молекул. Белки и аминокислоты. Моно- и полисахариды. Нуклеиновые кислоты. Работа с дополнительными источниками - составление краткого словаря терминов. Обсуждение функции биомолекул. Эксперимент: планирование, выполнение и представление результатов. Обсуждение научного эксперимента как одного из инструментов научного поиска. Составление плана экспериментальной деятельности. Разработка формы отчётной документации по результатам эксперимента. Обсуждение экологических аспектов практических занятий, определение методов утилизации побочных продуктов реакций. Выбор тем для литературного обзора.

**Методы выделения биомолекул.** Структура и функции нуклеиновых кислот ДНК и РНК в живых организмах. Получение ДНК из клеток лука. Теоретических основ метода экстракции нуклеиновых кислот из биологических объектов. Изучение особенностей строения и функционирования плазмидной ДНК в бактериальных клетках. Выделение нуклеиновых кислот из дрожжей и исследование нуклеопротеинов. Экстракция липидной фракции из желтка куриного яйца.

**Методы разделения биомолекул.** Теоретические основы биохимических методов разделения биомолекул.

*Практические работы:*

1. «Гель-фильтрационное разделение биомолекул».
2. «Тонкослойная хроматография липидов».
3. «Идентификация функциональных групп различными агентами».

**Качественный и количественный анализ биомолекул.** Определение концентрации фосфатидилхолина. Метод Стюарта. Качественные реакции на пуриновые основания и остатки фосфорной кислоты в ДНК. Изучение процессов репликации ДНК в живых организмах (на примере геномной и плазмидной ДНК). Ферменты, участвующие в процессах репликации. Определение пентоз в составе нуклеиновых кислот. Проведение качественных реакций на содержание остатков рибозы и дезоксирибозы в нуклеопротеине дрожжей и в растворах отдельных пентоз. Качественный и количественный анализ белков. Проведение качественных реакций на белки: биуретовой реакции на содержание белка в гидролизате дрожжей, полученном ранее. Проведение нингидриновой реакции. Изучение спектрофотометрического метода обнаружения белка и метода Бредфорда.

*Практические работы* аналитического характера:

1. «Количественный анализ фосфатидилхолина. Определение липидного фосфора с помощью ферротиоцианата аммония (метод Стюарта)».
2. «Качественные реакции на наличие пуриновых оснований и остатков фосфорной кислоты в составе ДНК».
3. «Качественные реакции на содержание остатков рибозы и дезоксирибозы в нуклеопротеине дрожжей и в растворах отдельных пентоз», «Качественный и количественный анализ наличия белков и аминокислот».

**Компьютерное моделирование и визуализация структуры биомолекул.** PyMol — программа для визуализации пространственной структуры биомолекул. Знакомство с уровнями структурной организации биомолекул и PDB-банком. Знакомство с интерфейсом пользователя PyMol и возможностями визуализации элементов структуры белка на примере калиевого канала. Визуализация структуры гемоглобина, титина, антитела. Работа с командной строкой PyMol. Визуализация структуры нуклеосомы, т-РНК, ДНК. Самостоятельный поиск белковых структур на сайтах <https://www.rcsb.org/>, <http://pdb101.rcsb.org/>, их визуализация в PyMol.

**Итоговое повторение.** Профессия биохимик. Знакомство с «Атласом новых профессий»,

перспективы изучения науки биохимии и профессионального самоопределения.

## 11 КЛАСС

### **Бионеорганическая химия и медицина.**

Физиологическая и патологическая роль некоторых элементов (органогенов, галогенов, фосфора, ионов металлов) в организме. Бионеорганическая химия. Соединения металлов в организме человека. Особенности комплексных соединений, образуемых металлами. Роль ионов  $K^+$  и  $Na^+$  в организме. Калий-натриевый насос. Роль ионов  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  в организме.

Комплексообразование магния. Биологические функции металлопротеинов.

Комплексообразование железа и кобальта. Нахождение в организме. Роль ионов меди и цинка в организме. Комплексообразование меди и цинка. Потребность организма в ионах меди и цинка. Практика. Работа со справочной литературой по определению препаратов, применяемых в медицинской практике. Препараты калия и натрия, применяемые в медицинской практике. Препараты магния и кальция, применяемые в медицинской практике. Препараты железа и кобальта, применяемые в медицинской практике. Препараты меди и цинка, применяемые в медицинской практике. Влияние недостатка и избытка ионов галогенов и металлов на организм человека.

Практические работы:

1. Получение комплексных соединений меди. 2. Изучение состава лекарственных препаратов («Ферроплекс», «Терафлекс» и др.).

**Ферменты.** Разнообразие катализитически активных молекул. Катализитически активные белки (энзимы), катализитически активные РНК (рибозимы), катализитически активные антитела (абзимы). Катализитическая функция белков. Различия в свойствах ферментов и катализаторов иной природы. Роль отечественных ученых (И. П. Павлов, А. Е. Браунштейн, П. А. Энгельгардт и др.) в развитии энзимологии. Ферменты- мономеры (трипсин, лизоцим) и мультимеры (глутатионредуктаза). Понятие о коферментах. Коферменты — переносчики водорода и электронов (НАД, НАДФ, ФАД), и атомных групп (АТФ, кофермент-А, НДФ-сахара). Множественные формы ферментов и их функциональное значение. Значение исследования множественных форм ферментов для медицины. Специфичность действия ферментов. Механизм действия ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Активаторы и ингибиторы ферментов. Влияние ксенобиотиков на активность ферментов. Номенклатура и классификация ферментов. Принципы классификации ферментов. Промышленное получение и практическое использование ферментов. Иммобилизованные ферменты. Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.

**Витамины и некоторые другие биологически активные соединения.** История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и животных. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипервитаминозы. Соотношение витаминов и коферментов. Жирорастворимые витамины. Витамин А и его участие в зрительном акте. Витамины D, K и E и их роль в обмене веществ. Водорастворимые витамины. Витамины B1, B2, B5, B6, B12, их значение в обмене веществ. Витамин С. Разнообразие биологически активных соединений: антивитамины, антибиотики, фитонциды, гербициды, дефолианты, ростовые вещества (важнейшие представители и механизмы действия). Гормоны и их роль в организме человека. Классификация гормонов. Стероидные гормоны. Механизм действия стероидных гормонов. Пептидные гормоны. Характеристика инсулина, гормона роста, тиреотропина, гастроина, вазопрессина. Механизм действия пептидных гормонов (на примере глюкагона и инсулина). Сахарный диабет, его виды, профилактика заболевания. Прочие гормоны (адреналин, ауксин, гиббереллины, цитокинины, простагландины), их структура и механизм действия. Рилизинг-факторы гормонов. Нейрогормоны (эндорфины и энкефалины). Применение гормонов в медицине.

**Обмен веществ и превращение энергии как основное свойство живого.** Понятие об обмене веществ и превращении энергии. Отличие обмена веществ в живой и неживой природе. Ферментативный характер обмена веществ. Значение АТФ в обмене веществ. Ассимиляция и диссимиляция как иллюстрацияialectического закона единства и борьбы противоположностей. Формы диссимиляции: анаэробное и аэробное окисление. Первичный и вторичный синтез органических веществ. Взаимосвязь реакций обмена веществ у автотрофных и гетеротрофных организмов. Вода и ее роль в организме человека. Физико-химические свойства воды. Биологические функции воды. Оsmос. Оsmотическое давление плазмы, физиологический раствор. Плазмолиз, деплазмолиз.

Решение медицинских задач на расчет концентрации растворов, осмотического давления, pH растворов. Буферные системы.

Практические работы:

1. Решение медицинских задач на расчет концентрации растворов, осмотического давления, pH растворов.

**Обмен углеводов.** Пути распада полисахаридов. Обмен пировиноградной кислоты. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека. Полиферментный комплекс окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Цикл Кребса, его значение в обмене веществ и обеспечении организма энергией. Биосинтез углеводов. Понятие о первичном биосинтезе углеводов. Глюконеогенез. Биосинтез олиго- и полисахаридов. Обмен жиров. Распад жиров в организме человека и окисление высших жирных кислот. Глиоксалатный цикл и его роль во взаимосвязи обмена липидов и углеводов. Механизм биосинтеза высших жирных кислот. Биосинтез триглицеридов. Нарушения в обмене жиров. Ожирение и его причины. 16. Биологическое окисление и синтез АТФ. История изучения процессов биологического окисления: работы А. Н. Баха, В. И. Палладина, О. Варбурга, В. А. Энгельгардта. Разнообразие ферментов биологического окисления. Системы микросомального окисления в клетке. Цитохром Р-450 и его роль в детоксикации ксенобиотиков. Супероксиддисмутаза, каталаза и их роль в защите организма от активных форм кислорода. Сопряжение окисления с фосфорилированием. Субстратное фосфорилирование и окислительное фосфорилирование на уровне электроннотранспортной цепи. Практические работы: 2. Решение задач на энергетический обмен.

**Распад белков.** Ферменты, осуществляющие распад белков. Протеосомы — комплексы протеолитических ферментов. Мажорные белки крови как источники биологически активных пептидов. Метаболизм аминокислот. Конечные продукты распада белков и пути связывания амиака в организме. Пути новообразования аминокислот. Первичные и вторичные аминокислоты. Заменимые и незаменимые аминокислоты. Реакции матричного синтеза: репликация, транскрипция и трансляция. Репликация ДНК и ее полуконсервативный механизм. Биосинтез РНК (транскрипция) и ее регуляция у про- и эукариот. Понятие о транскриптонах и оперонах. Созревание (процессинг) РНК. Сплайсинг и его виды. Аутосплайсинг. «Редактирование» РНК. Генетический код. История его открытия; работы М. Ниренберга, С. Очоа, Х. Г. Кораны и др. Влад российских ученых в открытие генетического кода. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов. Матричная схема биосинтеза белков. Активирование аминокислот (синтез аминоацил-тРНК). Этапы трансляции (инициация, элонгация, терминация) и их регуляция. Возможность перепрограммирования трансляции.

Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Общие представления о взаимосвязи обмена веществ в клетке. Понятие о ключевых метаболитах (пировиноградная кислота, кофермент-Аи др.).

Взаимосвязь белкового и нуклеинового обмена, значение регуляторных белков. Взаимосвязь углеводного и белкового обмена. Роль пировиноградной кислоты и цикла Кребса в этой взаимосвязи. Взаимосвязь обмена углеводов и липидов; роль ацетилкоэнзима-А в этом процессе. Уровни регуляции обмена веществ: клеточный, организменный. Транскрипционный (оперонный) уровень регуляции. Основные механизмы регуляции обмена веществ в клетке. Организменный уровень регуляции. Гормональная регуляция обмена веществ. Каскадный механизм регуляции с участием гормонов и вторичных посредников.

**Проблемы биохимической экологии.** Пищевые детергенты и антифиданты. Пищевые

аттрактанты и стимуляторы. Накопление и использование животными вторичных метаболитов растений. Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосферы

## **ПЛАНИРУЕМЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

### **ЛИЧНОСТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

#### **К личностным результатам освоения основной образовательной программы:**

- 1) воспитание российской гражданской идентичности, патриотизма, уважения к своему народу, чувство ответственности перед Родиной, гордости за свой край, свою Родину, прошлое и настоящее многонационального народа России, уважение к государственным символам (герб, флаг, гимн);
- 2) формирование гражданской позиции как активного и ответственного члена российского общества, осознающего свои конституционные права и обязанности, уважающего закон и правопорядок, обладающего чувством собственного достоинства, осознанно принимающего традиционные национальные и общечеловеческие гуманистические и демократические ценности;
- 3) готовность к служению Отечеству, его защите;
- 4) сформированность мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики, основанного на диалоге культур, а также различных форм общественного сознания, осознание своего места в поликультурном мире;
- 5) сформированность основ саморазвития и самовоспитания в соответствии с общечеловеческими ценностями и идеалами гражданского общества; готовность и способность к самостоятельной, творческой и ответственной деятельности;
- 6) толерантное сознание и поведение в поликультурном мире, готовность и способность вести диалог с другими людьми, достигать в нем взаимопонимания, находить общие цели и сотрудничать для их достижения;
- 7) навыки сотрудничества со сверстниками, детьми младшего возраста, взрослыми в образовательной, общественно полезной, учебно-исследовательской, проектной и других видах деятельности;
- 8) нравственное сознание и поведение на основе усвоения общечеловеческих ценностей;
- 9) готовность и способность к образованию, в том числе самообразованию, на протяжении всей жизни; сознательное отношение к непрерывному образованию как условию успешной профессиональной и общественной деятельности;
- 10) эстетическое отношение к миру, включая эстетику быта, научного и технического творчества, спорта, общественных отношений;

- 11) принятие и реализация ценностей здорового и безопасного образа жизни, потребности в физическом самосовершенствовании, занятиях спортивно-оздоровительной деятельностью, неприятие вредных привычек: курения, употребления алкоголя, наркотиков;
- 12) бережное, ответственное и компетентное отношение к физическому и психологическому здоровью, как собственному, так и других людей, умение оказывать первую помощь;
- 13) осознанный выбор будущей профессии и возможностей реализации собственных жизненных планов; отношение к профессиональной деятельности как возможности участия в решении личных, общественных, государственных, общенациональных проблем;

## **МЕТАПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

### **К метапредметным результатам освоения основной образовательной программы:**

- 1) умение самостоятельно определять цели деятельности и составлять планы деятельности; самостоятельно осуществлять, контролировать и корректировать деятельность; использовать все возможные ресурсы для достижения поставленных целей и реализации планов деятельности; выбирать успешные стратегии в различных ситуациях;
- 2) умение продуктивно общаться и взаимодействовать в процессе совместной деятельности, учитывать позиции других участников деятельности, эффективно разрешать конфликты;
- 3) владение навыками познавательной, учебно-исследовательской и проектной деятельности, навыками разрешения проблем; способность и готовность к самостоятельному поиску методов решения практических задач, применению различных методов познания;
- 4) готовность и способность к самостоятельной информационно-познавательной деятельности, владение навыками получения необходимой информации из словарей разных типов, умение ориентироваться в различных источниках информации, критически оценивать и интерпретировать информацию, получаемую из различных источников;
- 5) умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий (далее — ИКТ) в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач с соблюдением требований эргономики, техники безопасности, гигиены, ресурсосбережения, правовых и этических норм, норм информационной безопасности;
- 6) умение определять назначение и функции различных социальных институтов;
- 7) умение самостоятельно оценивать и принимать решения, определяющие стратегию поведения, с учетом гражданских и нравственных ценностей;
- 8) владение языковыми средствами — умение ясно, логично и точно излагать свою точку зрения, использовать адекватные языковые средства;

9) владение навыками познавательной рефлексии как осознания совершаемых действий и мыслительных процессов, их результатов и оснований, границ своего знания и незнания, новых познавательных задач и средств их достижения;

## ПРЕДМЕТНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате изучения элективного курса на уровне среднего общего образования у учащихся будут сформированы следующие **предметные результаты**:

- раскрывать на примерах роль биохимии в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности человека;
- демонстрировать на примерах взаимосвязь между биохимией и другими естественными науками;
- составлять молекулярные и структурные формулы органических веществ как носителей информации о строении вещества, его свойствах и принадлежности к определённому классу соединений;
- характеризовать органические вещества по составу, строению и свойствам, устанавливать причинно-следственные связи между данными характеристиками веществ;
- обосновывать практическое использование органических веществ и их реакций в промышленности и быту;
- использовать знания о составе, строении и химических свойствах белков, липидов, углеводов и нуклеиновых кислот для применения в научной и практической деятельности;
- использовать на практике различные методы биохимии — экстракцию нуклеиновых кислот из биологических объектов, спектрофотометрию в УФ-видимой области, тонкослойную хроматографию;
- выполнять химический эксперимент в соответствии с правилами и приёмами безопасной работы с химическими веществами и лабораторным оборудованием:
  - по получению образца нуклеиновых кислот клеток лука, нуклеопротеина дрожжей, липидной фракции желтка куриного яйца;
  - по разделению биомолекул;
  - по проведению качественных реакций на наличие в нуклеиновых кислотах остатков пуриновых оснований, рибозы/дезоксирибозы, фосфорной кислоты;
  - по проведению количественного анализа фосфатидилхолина;
  - по проведению качественных и количественных реакций на белки и аминокислоты;

- владеть правилами и приёмами безопасной работы с химическими веществами и лабораторным оборудованием;
- владеть правилами безопасного обращения с едкими, горючими и токсичными веществами, средствами бытовой химии;
- осуществлять поиск химической информации по названиям, идентификаторам, структурным формулам веществ;
- владеть методами компьютерной визуализации биомолекул с использованием программы PyMol;
- строить модели белков с помощью метода гомологичного моделирования;
- критически оценивать и интерпретировать с точки зрения естественно-научной корректности химическую информацию, содержащуюся в сообщениях средств массовой информации, ресурсах Интернета, научно-популярных статьях, в целях выявления ошибочных суждений и формирования собственной позиции;
- представлять пути решения глобальных проблем, стоящих перед человечеством, и перспективных направлений развития химических технологий.

*Учащийся получит возможность научиться:*

- иллюстрировать на примерах становление и эволюцию биохимии как науки на различных исторических этапах её развития;
- использовать методы научного познания при решении учебно-исследовательских задач по изучению свойств, способов получения и распознавания органических веществ;
- устанавливать взаимосвязи между фактами и теорией, причиной и следствием при анализе проблемных ситуаций и обосновании принимаемых решений на основе химических знаний;
- формулировать цель исследования, выдвигать и проверять экспериментально гипотезы о химических свойствах веществ на основе их состава и строения, их способности вступать в химические реакции, о характере и продуктах различных химических реакций;
- самостоятельно планировать и проводить химические эксперименты с соблюдением правил безопасной работы с веществами и лабораторным оборудованием;
- интерпретировать данные о составе и строении веществ, полученные с помощью современных биохимических методов;
- характеризовать роль белков и нуклеиновых кислот как важнейших биологически активных веществ.

# ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

## 10 КЛАСС

№ п/п	Наименование разделов и тем	Количество часов		Электронные (цифровые) образовательные ресурсы
		Всего	Практические работы	
<b>Раздел 1. Введение в биохимию</b>				
1.1	Введение. Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории. Предмет биохимии. История биохимии.	3		
1.2	Структура и функции биомолекул. Функциональные группы органических молекул. Белки и аминокислоты. Моно- и полисахариды. Нуклеиновые кислоты. Работа с дополнительными источниками - составление краткого словаря терминов. Обсуждение функции биомолекул.	2		
1.3	Эксперимент: планирование, выполнение и представление результатов. Обсуждение научного эксперимента как одного из инструментов научного поиска. Составление плана экспериментальной деятельности. Разработка формы отчётной документации по результатам эксперимента. Обсуждение экологических аспектов практических занятий, определение методов утилизации побочных продуктов реакций. Выбор тем для литературного обзора.	1		
<u>Итого по разделу:</u>		6		
<b>Раздел 2. Методы выделения биомолекул</b>				
2.1	Структура и функции нуклеиновых кислот ДНК и РНК в живых организмах. Получение ДНК из клеток лука. Теоретических основ метода экстракции нуклеиновых кислот из биологических объектов. Изучение особенностей строения и функционирования плазмидной ДНК в бактериальных клетках. Выделение нуклеиновых кислот из дрожжей и исследование нуклеопротеинов. Экстракция липидной фракции из желтка куриного яйца.	6		
<u>Итого по разделу:</u>		6		
<b>Раздел 3. Методы разделения биомолекул.</b>				
3.1	Теоретические основы биохимических методов разделения биомолекул.	4	3	
<u>Итого по разделу:</u>		4		
<b>Раздел 4. Качественный и количественный анализ биомолекул.</b>				
4.1	Определение концентрации фосфатидилхолина. Метод Стюарта. Качественные	7	3	

	реакции на пуриновые основания и остатки фосфорной кислоты в ДНК. Изучение процессов репликации ДНК в живых организмах (на примере геномной и плазмидной ДНК). Ферменты, участвующие в процессах репликации. Определение пентоз в составе нуклеиновых кислот. Проведение качественных реакций на содержание остатков рибозы и дезоксирибозы в нуклеопротеине дрожжей и в растворах отдельных пентоз.			
4.2	Качественный и количественный анализ белков. Проведение качественных реакций на белки: биуретовой реакции на содержание белка в гидролизате дрожжей, полученном ранее. Проведение нингидриновой реакции. Изучение спектрофотометрического метода обнаружения белка и метода Бредфорда.	3		
<u>Итого по разделу:</u>		10		
<b>Раздел 5. Компьютерное моделирование и визуализация структуры биомолекул.</b>				
5.1	PyMol — программа для визуализации пространственной структуры биомолекул. Знакомство с уровнями структурной организации биомолекул и PDB-банком. Знакомство с интерфейсом пользователя PyMol и возможностями визуализации элементов структуры белка на примере калиевого канала. Визуализация структуры гемоглобина, титина, антитела. Работа с командной строкой PyMol. Визуализация структуры нуклеосомы, т-РНК, ДНК. Самостоятельный поиск белковых структур на сайтах <a href="https://www.rcsb.org/">https://www.rcsb.org/</a> , <a href="http://pdb101.rcsb.org/">http://pdb101.rcsb.org/</a> , их визуализация в PyMol.	5		
<u>Итого по разделу:</u>		5		
<b>Раздел 6. Итоговое повторение</b>				
6.1	Профессия биохимик. Знакомство с «Атласом новых профессий», перспективы изучения науки биохимии и профессионального самоопределения.	3		
<u>Итого по разделу:</u>		3		
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ: 34				

## 11 КЛАСС

№ п/ п	Наименование разделов и тем	Количество часов		Электронные (цифровые) образовательные ресурсы
		Всего	Практические работы	
<b>Раздел 1. Бионеорганическая химия и медицина.</b>				
1.1	Физиологическая и патологическая роль некоторых элементов (органогенов, галогенов, фосфора, ионов металлов) в организме. Бионеорганическая химия. Соединения металлов в организме человека. Особенности комплексных соединений, образуемых металлами. Роль ионов $K^+$ и $Na^+$ в организме. Калий-натриевый насос.	3		
1.2	Роль ионов $Mg^{2+}$ и $Ca^{2+}$ в организме. Комплексообразование магния. Биологические функции металлопротеинов. Комплексообразование железа и кобальта. Нахождение в организме. Роль ионов меди и цинка в организме. Комплексообразование меди и цинка. Потребность организма в ионах меди и цинка. Влияние недостатка и избытка ионов галогенов и металлов на организм человека.	4	2	
<u>Итого по разделу:</u>		7		
<b>Раздел 2. Ферменты.</b>				
2.1	Разнообразие каталитически активных молекул. Каталитически активные белки (энзимы), каталитически активные РНК (рибозимы), каталитически активные антитела (абзимы). Каталитическая функция белков. Различия в свойствах ферментов и катализаторов иной природы. Роль отечественных ученых (И. П. Павлов, А. Е. Браунштейн, П. А. Энгельгардт и др.) в развитии энзимологии. Ферменты-мономеры (трипсин, лизоцим) и мультимеры (глутатионредуктаза). Понятие о коферментах. Коферменты — переносчики водорода и электронов (НАД, НАДФ, ФАД), и атомных групп (АТФ, кофермент-А, НДФ-сахара).	2		
2.2	Множественные формы ферментов и их функциональное значение. Значение исследования множественных форм ферментов для медицины. Специфичность действия ферментов. Механизм действия ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Активаторы и ингибиторы ферментов. Влияние ксенобиотиков на активность ферментов.	2		
2.3	Номенклатура и классификация ферментов. Принципы классификации ферментов. Промышленное получение и практическое использование ферментов. Иммобилизованные ферменты. Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.	2		
<u>Итого по разделу:</u>		6		

<b>Раздел 3. Витамины и некоторые другие биологически активные соединения.</b>				
3.1	История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и животных. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипервитаминозы. Соотношение витаминов и коферментов. Жирорастворимые витамины. Витамин А и его участие в зрительном акте. Витамины D, K и E и их роль в обмене веществ. Водорастворимые витамины.	3		
	Витамины B1, B2, B5, B6, B12, их значение в обмене веществ. Витамин C. Разнообразие биологически активных соединений: антивитамины, антибиотики, фитонциды, гербициды, дефолианты, ростовые вещества (важнейшие представители и механизмы действия).			
3.2	Гормоны и их роль в организме человека. Классификация гормонов. Стероидные гормоны. Механизм действия стероидных гормонов. Пептидные гормоны. Характеристика инсулина, гормона роста, тиреотропина, гастрин, вазопрессина. Механизм действия пептидных гормонов (на примере глюкагона и инсулина). Сахарный диабет, его виды, профилактика заболевания. Прочие гормоны (адреналин, ауксин, гиббереллины, цитокинины, простагландины), их структура и механизм действия. Рилизинг-факторы гормонов. Нейрогормоны (эндорфины и энкефалины). Применение гормонов в медицине.	2		
<u>Итого по разделу:</u>		5		
<b>Раздел 4. Обмен веществ и превращение энергии как основное свойство живого.</b>				
4.1	Понятие об обмене веществ и превращении энергии. Отличие обмена веществ в живой и неживой природе. Ферментативный характер обмена веществ. Значение АТФ в обмене веществ. Ассимиляция и диссимиляция как иллюстрация диалектического закона единства и борьбы противоположностей. Формы диссимиляции: анаэробное и аэробное окисление. Первичный и вторичный синтез органических веществ. Взаимосвязь реакций обмена веществ у автотрофных и гетеротрофных организмов.	2		
4.2	Вода и ее роль в организме человека. Физико-химические свойства воды. Биологические функции воды. Оsmос. Оsmотическое давление плазмы, физиологический раствор. Плазмолиз, деплазмолиз. Решение медицинских задач на расчет концентрации растворов, осмотического давления, pH растворов. Буферные системы. Практические работы: 1. Решение медицинских задач на расчет концентрации растворов, осмотического давления, pH растворов.	2	1	

4.3	Обмен углеводов. Пути распада полисахаридов. Обмен пировиноградной кислоты. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека. Полиферментный комплекс окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Цикл Кребса, его значение в обмене веществ и обеспечении организма энергией. Биосинтез углеводов. Понятие о первичном биосинтезе углеводов. Глюконеогенез. Биосинтез олиго- и полисахаридов.	2		
4.4	Обмен жиров. Распад жиров в организме человека и окисление высших жирных кислот. Глиоксалатный цикл и его роль во взаимосвязи обмена липидов и углеводов.	2		
	Механизм биосинтеза высших жирных кислот. Биосинтез триглицеридов. Нарушения в обмене жиров. Ожирение и его причины. Биологическое окисление и синтез АТФ.			
4.5	История изучения процессов биологического окисления: работы А. Н. Баха, В. И. Палладина, О. Варбурга, В. А. Энгельгардта. Разнообразие ферментов биологического окисления. Системы микросомального окисления в клетке. Цитохром Р-450 и его роль в детоксикации ксенобиотиков. Супероксиддисмутаза, каталаза и их роль в защите организма от активных форм кислорода. Сопряжение окисления с фосфорилированием. Субстратное фосфорилирование и окислительное фосфорилирование на уровне электроннотранспортной цепи. Практические работы: 2. Решение задач на энергетический обмен.	2	1	
4.6	Распад белков. Ферменты, осуществляющие распад белков. Протеосомы — комплексы протеолитических ферментов. Мажорные белки крови как источники биологически активных пептидов. Метаболизм аминокислот. Конечные продукты распада белков и пути связывания аммиака в организме. Пути новообразования аминокислот. Первичные и вторичные аминокислоты. Заменимые и незаменимые аминокислоты. Реакции матричного синтеза: репликация, транскрипция и трансляция. Репликация ДНК и ее полуконсервативный механизм. Биосинтез РНК (транскрипция) и ее регуляция у про- и эукариот. Понятие о транскриптонах и оперонах. Созревание (процессинг) РНК. Сплайсинг и его виды. Аутосплайсинг. «Редактирование» РНК. Генетический код. История его открытия; работы М. Ниренберга, С. Очоа, Х. Г. Кораны и др. Влад российских ученых в открытие генетического кода. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов. Матричная схема биосинтеза белков. Активирование аминокислот (синтез аминоацил-тРНК). Этапы трансляции (инициация, элонгация, терминация) и их регуляция. Возможность перепрограммирования трансляции.	2		

4.7	<p>Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Общие представления о взаимосвязи обмена веществ в клетке. Понятие о ключевых метаболитах (пировиноградная кислота, кофермент-Аи др.). Взаимосвязь белкового и нуклеинового обмена, значение регуляторных белков. Взаимосвязь углеводного и белкового обмена. Роль пировиноградной кислоты и цикла Кребса в этой взаимосвязи. Взаимосвязь обмена углеводов и липидов; роль ацетилкоэнзима-А в этом процессе. Уровни регуляции обмена веществ: клеточный, организменный. Транскрипционный (оперонный) уровень регуляции. Основные механизмы регуляции обмена веществ в клетке. Организменный уровень регуляции. Гормональная регуляция обмена веществ. Каскадный механизм регуляции с участием гормонов и вторичных посредников.</p>	2		
<u>Итого по разделу:</u>		14		
<b>Раздел 5. Проблемы биохимической экологии.</b>				
5.1	<p>Пищевые детергенты и антифиданты. Пищевые аттрактанты и стимуляторы. Накопление и использование животными вторичных метаболитов растений. Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосфера.</p>	2		
<u>Итого по разделу:</u>		2		
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ: 34				

# ПОУРОЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

## 10 КЛАСС

№ п/п	Тема урока	Количество часов		Дата изучения	Электронные цифровые образовательные ресурсы
		Всего	Практические работы		
1	Введение. Правила техники безопасности при работе в химической лаборатории.	1			
2	Предмет биохимии.	1			
3	История биохимии.	1			
4	Структура и функции биомолекул. Функциональные группы органических молекул. Белки и аминокислоты.	1			
5	Моно- и полисахариды.	1			
6	Эксперимент: планирование, выполнение и представление результатов. Обсуждение научного эксперимента как одного из инструментов научного поиска.	1			
7	Структура и функции нуклеиновых кислот ДНК и РНК в живых организмах.	1			
8	Теоретические основы метода экстракции нуклеиновых кислот из биологических объектов.	1			
9	Получение ДНК из клеток лука.	1			
10	Изучение особенностей строения и функционирования плазмидной ДНК в бактериальных клетках.	1			
11	Выделение нуклеиновых кислот из дрожжей и исследование нуклеопротеинов.	1			
12	Экстракция липидной фракции из желтка куриного яйца.	1			
13	Теоретические основы биохимических методов разделения биомолекул.	1			
14	Практическая работа №1. Гель-фильтрационное разделение биомолекул.	1	1		
15	Практическая работа №2. Тонкослойная хроматография липидов.	1	1		
16	Практическая работа №3. Идентификация функциональных	1	1		

	групп различными агентами.				
17	Определение концентрации фосфатидилхолина. Метод Стюарта.	1			
18	Практическая работа №4. Количественный анализ фосфатидилхолина. Определение липидного фосфора с помощью ферротиоцианата аммония (метод Стюарта).	1	1		
19	Изучение процессов репликации ДНК в живых организмах (на примере геномной и плазмидной ДНК).	1			
20	Ферменты, участвующие в процессах репликации.	1			
21	Практическая работа №5. Количественные реакции на наличие пуриновых оснований и остатков фосфорной кислоты в составе ДНК.	1	1		
22	Определение пентоз в составе нуклеиновых кислот.	1			
23	Практическая работа №6. Количественные реакции на содержание остатков рибозы и дезоксирибозы в нуклеопротеине дрожжей и в растворах отдельных пентоз.	1	1		
24	Качественный и количественный анализ белков.	1			
25	Изучение спектрофотометрического метода обнаружения белка и метода Бредфорда.	1			
26	Метод иммуноанализа.	1			
27	Знакомство с уровнями структурной организации биомолекул и PDB-банком.	1			
28	Знакомство с интерфейсом пользователя PyMol и возможностями визуализации элементов структуры белка на примере калиевого канала.	1			
29	Визуализация структуры гемоглобина, титина, антитела. Работа с командной строкой PyMol.	1			
30	Визуализация структуры нуклеосомы, т-РНК, ДНК.	1			
31	Самостоятельный поиск белковых структур.	1			
32	Профессия биохимик.	1			
33	Перспективы изучения науки биохимии и профессионального самоопределения.	1			
34	Подведение итогов (круглый стол).	1			

ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ	34	5		
-------------------------------------	----	---	--	--

## 11 КЛАСС

№ п/п	Тема урока	Количество часов		Дата изучения	Электронные цифровые образовательные ресурсы
		Всего	Практические работы		
1	Бионеорганическая химия. Физиологическая и патологическая роль некоторых элементов в организме.	1			
2	Соединения металлов в организме человека. Особенности комплексных соединений, образуемых металлами.	1			
3	Роль ионов $K^+$ и $Na^+$ в организме. Калий-натриевый насос.	1			
4	Роль ионов $Mg^{2+}$ и $Ca^{2+}$ в организме. Комплексообразование магния. Комплексообразование железа и кобальта.	1			
5	Комплексообразование меди и цинка. Потребность организма в ионах меди и цинка. Влияние недостатка и избытка ионов галогенов и металлов на организм человека.	1			
6	Практическая работа №1. Получение комплексных соединений меди.	1	1		
7	Практическая работа №2. Изучение состава лекарственных препаратов.	1	1		
8	Разнообразие каталитически активных молекул. Различия в свойствах ферментов и катализаторов иной природы. Роль отечественных ученых в развитии энзимологии.	1			
9	Номенклатура и классификация ферментов. Промышленное получение и практическое использование ферментов.	1			
10	Ферменты-мономеры и мультимеры. Понятие о коферментах. Коферменты — переносчики водорода и электронов.	1			
11	Множественные формы ферментов и их функциональное значение. Специфичность действия ферментов.	1			
12	Механизм действия ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Активаторы и ингибиторы ферментов. Влияние	1			

	ксенобиотиков на активность ферментов.				
13	Иммобилизованные ферменты. Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.	1			
14	История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и животных. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипервитаминозы.	1			
15	Жирорастворимые витамины. Витамин А и его участие в зрительном акте. Витамины D, K и E и их роль в обмене веществ.	1			
16	Водорастворимые витамины. Витамины B1, B2, B5, B6, B12, их значение в обмене веществ. Витамин C. Разнообразие биологически активных соединений.	1			
17	Гормоны и их роль в организме человека. Стероидные гормоны. Пептидные гормоны. Сахарный диабет, его виды, профилактика заболевания.	1			
18	Прочие гормоны, их структура и механизм действия. Рилизинг-факторы гормонов. Нейрогормоны . Применение гормонов в медицине.	1			
19	Отличие обмена веществ в живой и неживой природе. Ферментативный характер обмена веществ. Значение АТФ в обмене веществ.	1			
20	Формы диссимиляции: анаэробное и аэробное окисление. Взаимосвязь реакций обмена веществ у автотрофных и гетеротрофных организмов.	1			
21	Вода и ее роль в организме человека. Буферные системы.	1			
22	Практическая работа №3. Решение медицинских задач на расчет концентрации растворов, осмотического давления, pH растворов	1			
23	Обмен углеводов. Обмен пировиноградной кислоты. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека.	1			
24	Цикл Кребса, его значение в обмене веществ и обеспечении организма энергией. Глюконеогенез. Биосинтез олиго- и полисахаридов.	1			
25	Распад жиров в организме человека и окисление высших жирных кислот. Глиоксалатный цикл и его роль во взаимосвязи обмена	1			

	липидов и углеводов.				
26	Механизм биосинтеза высших жирных кислот. Биосинтез триглицеридов. Нарушения в обмене жиров. Ожирение и его причины. Биологическое окисление и синтез АТФ.	1			
27	Разнообразие ферментов биологического окисления. Системы микросомального окисления в клетке. Сопряжение окисления с фосфорилированием.	1			
28	Практическая работа №4. Решение задач на энергетический обмен.	1			
29	Протеосомы — комплексы протеолитических ферментов. Мажорные белки крови как источники биологически активных пептидов.	1			
30	Реакции матричного синтеза: репликация, транскрипция и трансляция. Влад российских ученых в открытие генетического кода. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов.	1			
31	Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Основные механизмы регуляции обмена веществ в клетке.	1			
32	Уровни регуляции обмена веществ: клеточный, организменный. Каскадный механизм регуляции с участием гормонов и вторичных посредников.	1			
33	Пищевые детергенты и антифиданты. Пищевые аттрактанты и стимуляторы. Накопление и использование животными вторичных метаболитов растений.	1			
34	Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосфера.	1			
ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО ЧАСОВ ПО ПРОГРАММЕ		34	4		

Средства и оборудование для иммуноанализа.

1. **Расходные материалы и посуда:** цилиндры 25 мл, помпы для пипеток, пипетки 2 мл, пипетки 0,1 мл, делительные воронки, пробирки пластиковые 50 мл.
2. **Реактивы:** хлороформ, этанол, роданид аммония, сульфат натрия безводный, хлорид железа (6-водный), гидразин солянокислый, нингидрин, фосфорномолибденовая кислота, молибдат натрия, молибденово- кислый аммоний, додецилсульфат натрия, хлорид натрия, цитрат натрия, ЭДТА, нитрат серебра, нуклеотиды, азотная кислота, серная кислота, соляная кислота, дифениламин, дезоксирибоза и рибоза, орцин (5-метил- резорцин), хлорное железо.

3. **Объект:** дрожжи.

- 3.1. Информация о красителях: <https://ru.lumiprobe.com/protocols>
- 3.2. Рекомендации по приготовлению буферных растворов: <https://www.sigmaaldrich.com/life-science/core-bioreagents/biological-buffers/learningcenter/ buffer-reference-center.html>

4. **Информационно-коммуникативные средства:**

- 4.1. Комплект настольных игр по «Атласу новых профессий»: <http://box.atlas100.ru/#future>

4.2. Видеолектории

#### *Список литературы*

1. Болдырев А. А. Введение в биохимию мембран / А. А. Болдырев. — М.: Высшая школа, 1986.
2. Ленинджер А. Основы биохимии / А. Ленинджер. — М.: Мир, 1985. — Т.1.
3. Овчинников Ю. А. Биоорганическая химия / Ю. А. Овчинников. — М.: Просвещение, 1987.
4. Справочник биохимика / Р. Досон, Д. Элиот, У. Элиот, К. Джонс. —М.: Мир, 1991. — С. 379 — 426.
5. Хайс И. М. Хроматография на бумаге / И. М. Хайс, К. Мацек. — М.: Издательство иностранной литературы, 1962.
6. Stadelman W. J. Egg Science and technology / W. J. Stadelman, O. J. Cotterill. — 4th Edition. — New York: The Haworth Press, 1995.
7. Stewart J. C. M. Colorimetric determination of phospholipids with ammonium ferrothiocyanate / J. C. M. Stewart // Anal Biochem. — 1980. — V. 104. — P. 10 — 14.
8. Vaskovsky V. E. A universal reagent for phospholipid analysis / V. E. Vaskovsky, E. Y. Kostetsky, I. M. Vasendin // Journal of Chromatography A. — 1975. — Volume 114. — Issue 1. — P. 129 — 141.

#### *Интернет-ресурсы*

1. Научный журнал «Биохимия»:

<https://www.libnauka.ru/journal/biohimiya/>

2. Сайт biomolecula.ru (например, статья «Липидный фундамент жизни»):

<https://biomolecula.ru/articles/tetrodotoksin-istoriia-elegantnogo-ubiitsy>

<https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-proteomika>

<https://biomolecula.ru/articles/obo-vsekh-rnk-na-svete-bolshikh-i-malykh>

<https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-cekvenirovanienukleinovykh-kislot>

<https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaiareaktsiia>

<https://biomolecula.ru/articles/nauka-daet-shans-molekuliarnaia-biologiiia-vmeditsine>

<https://biomolecula.ru/articles/lipidnyi-fundament-zhizni>

<https://biomolecula.ru/articles/poivlenie-i-evoliutsiia-kletochnoi-membrany>

<https://biomolecula.ru/articles/khoroshii-plokhoi-zloi-kholesterin>

<https://biomolecula.ru/articles/molekuliarnaia-poverkhnost-chto-v-obliketebe-moiom>

<https://biomolecula.ru/articles/kompiuternye-igry-v-molekuliarniu-biofizikubiologicheskikh-membran>

<https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-immunologicheskietekhnologii>

<https://biomolecula.ru/articles/monoklonalnye-antitela>

<http://kpdbio.ru/images/docs/region/Biokhimija.pdf>

3. Государственная фармакопея РФ: фармакопейные статьи по контролю качества препаратов на основе аминокислот, углеводов, липидов и т. д.:  
<http://pharmacopoeia.ru> (например, <http://pharmacopoeia.ru/ofs-1-2-3-0012-15-opredelenie-belka/>).

<https://postnauka.ru/themes/biohimiya>

4. Лекции по аналитической химии доктора хим. наук, профессора

М. А. Проскурнина: [https://spectran.blogspot.ru/p/blog-page\\_1260.html](https://spectran.blogspot.ru/p/blog-page_1260.html)

5. Электронные книги по теме «Биохимия»: <http://www.knigafund.ru/tags/2802>