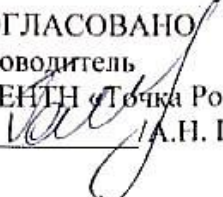
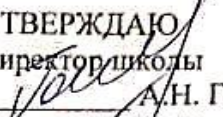


МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Министерство образования и науки Алтайского края  
Комитет по образованию администрации Алейского района  
Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение  
«Солнечная средняя общеобразовательная школа»  
Алейского района Алтайского края

ПРИНЯТО  
педагогическим советом  
Протокол №3  
от «12»апреля 2023г.

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель  
ЦОЕНТН «Точка Роста»  
  
А.Н. Гамазина

УТВЕРЖДАЮ  
Директор школы  
  
А.Н. Гамазина  
Приказ №14/2-О  
от «12»апреля 2023г.

**Дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа  
естественно-научной направленности  
(центра естественно-научной и технологической направленности  
«Точка Роста»)  
«Биохимия»**

Возраст обучающихся: 15-18 лет

Срок реализации 1 год

Составитель: Саврасная Наталья  
Николаевна, педагог дополнительного  
образования ЦОЕНТН «Точка Роста»

п. Солнечный, 2023

### **Пояснительная записка**

Дополнительная общеобразовательная Программа «Биохимия» (далее – Программа) для 9-11 классов естественно-научной направленности имеет ознакомительный уровень. Программа способствует формированию у учащихся осознанных принципов здорового образа жизни, более глубокой подготовке школьников в процессе изучения химии и биологии. Особое внимание при изучении биохимии уделяется особенностям химического состава организма человека с помощью биорегуляторов (эфффекторы, витамины, гормоны); обмена веществ организма и сравнительной характеристике биохимических процессов в состоянии здоровья и болезни.

Программа рассчитана на 34 часа (1 час в неделю), в том числе на практические работы в количестве 12 часов.

#### **Цель, задачи, ожидаемые результаты**

**Цель:** усвоение учащимися знаний о молекулярных основах жизнедеятельности организма человека, приобретение умений и навыков, необходимых для ведения исследовательской работы.

#### **Задачи:**

- прививать познавательный интерес к новому предмету через систему разнообразных занятий, проводить практические работы и лабораторные опыты;
- создавать условия для формирования предметной и учебно- исследовательской компетентностей обучающихся;
- обеспечивать усвоение обучающимися знаний основ биохимической науки: важнейших факторов, понятий, законов и теорий, языка науки, доступных обобщений мировоззренческого характера в соответствии со стандартом биологического и химического образования;
- способствовать формированию предметных умений и навыков: умения работать с химическим оборудованием и явлениями, ставить химические опыты, вести наблюдения через систему лабораторных и практических работ;
- формировать навыки здорового образа жизни посредством биохимического эксперимента.

В основе Программы заложены идеи функционирования организма человека как единого целого посредством взаимодействия химических веществ через взаимосвязь обмена веществ, его регуляции и проявляемых функций организма.

Программа способствует формированию здорового образа жизни на основе теоретических знаний и практических умений в области биохимии. В ходе реализации Программы у обучающихся формируются коммуникативные и валеологические компетенции, воспитывается ответственное отношение к природе, бережное отношение к учебному оборудованию, умение жить и взаимодействовать в коллективе.

Изучение биохимии способствует формированию у обучающихся научной картины мира, их интеллектуальному развитию, воспитанию нравственности, готовности к учебе и труду.

#### **По итогам реализации Программы учащиеся будут знать:**

- характеристику основных классов соединений, входящих в состав живой материи;
- важнейшие разделы биохимии: белки, ферменты, липиды, нуклеиновые кислоты, витамины;
- основные принципы, лежащие в основе количественного и качественного анализа.

#### **По итогам реализации Программы учащиеся будут уметь:**

- определять принадлежность веществ к определенному классу соединений;

- проводить качественные реакции на белки, ферменты, витамины;
- наблюдать и вести грамотные записи наблюдаемых явлений;
- производить сравнительный анализ полученных результатов, делать выводы.

Приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни будут способствовать:

- формированию здорового образа жизни;
- экологически грамотному поведению в окружающей среде.

### **Рекомендуемые формы и методы занятий**

По Программе предусмотрено выполнение практических работ, имеющих исследовательский характер, которые можно расширить до рамок проектно-исследовательской. Тематика исследований предлагается самими учащимися или их родителями. Любые химические исследования проводятся с соблюдением правил безопасной работы в химической лаборатории. Преимущественно используются средства «сухой химии», разнообразные тест-системы, не требующие специальных условий для проведения экспериментов.

### **Формы аттестации и контроля**

С целью контроля и оценки результатов подготовки и учета индивидуальных образовательных достижений обучающихся применяются: входной контроль; промежуточная аттестация; итоговая аттестация.

Входной контроль (предварительная аттестация) - это оценка исходного уровня знаний обучающихся перед началом образовательного процесса.

Промежуточная аттестация – это оценка качества усвоения обучающимися содержания дополнительной общеразвивающей Программы в период обучения по итогам I полугодия.

Итоговая аттестация - это оценка уровня достижений обучающихся по завершении Программы.

Принципы аттестации:

- учет индивидуальных и возрастных особенностей обучающихся;
- свобода выбора педагогом методов и форм проведения и оценки результатов;
- открытость результатов для педагогов и родителей.

Критериями оценки результативности обучения являются:

- критерии оценки уровня теоретических знаний программным требованиям; широта кругозора; свобода восприятия теоретической информации; развитость практических навыков работы со специальной литературой; осмысленность и свобода использования специальной терминологии;
- критерии оценки уровня практической подготовки обучающихся: соответствие уровня развития практических умений и навыков программным требованиям; свобода владения специальным оборудованием, оснащением; качество выполнения практического задания; технологичность практической деятельности;
- критерии оценки уровня развития и воспитанности обучающихся: культура организации практического задания; аккуратность и ответственность при работе; развитость специальных способностей.

Формой аттестации и контроля являются практические и лабораторные занятия, в ходе которых осуществляется:

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

### **Содержание программы**

#### **Введение**

**Тема 1. Введение в биохимию. Правила техники безопасности. Методы биохимических исследований.**

**Теория.** Биохимия как наука. История развития биохимии. Роль отечественных ученых в развитии биохимии (работы А. Я. Данилевского, Н. И. Лунина, А. Н. Баха, В. А. Энгельгардта, А. Н. Белозерского, А. С. Спирина, Ю. А. Овчинникова, В. П. Скулачева и др.). Взаимосвязь биохимии с молекулярной биологией, биофизикой и биоорганической химией. Значение биохимии для развития биологии, медицины, биотехнологии, сельского хозяйства, генетики и экологии. Методы биохимических исследований и их характеристика. Использование современных скоростных и автоматизированных физико-химических методов анализа для биохимических целей. Биохимические методы мониторинга окружающей среды. Химический состав организмов и общее понятие об обмене веществ и энергии в живой природе.

### **Тема 2. Белки**

**Теория.** Роль белков в построении и функционировании живых систем. Понятие о протеоме и протеомике. Аминокислотный состав белков. Понятие о протеиногенных аминокислотах. Способ связи аминокислот в белковой молекуле. Пептиды. Природные пептиды (глутатион, вазопрессин, энкефалины, эндорфины и др.), их физиологическое значение и использование в качестве медицинских препаратов. Химический синтез пептидов заданного строения и возможности их применения. Структура белковых молекул.

Первичная структура белков. Принципы и методы определения первичной структуры белка. Автоматические и молекулярно-генетические методы определения первичной структуры. Компьютерные банки данных о первичной структуре белков. Эволюция первичной структуры белков (на примере цитохромов).

Вторичная и надвторичная структуры белков. Понятие об  $\alpha$ - и  $\beta$ - конформациях полипептидной цепи (работы Л. Полинга). Параметры  $\alpha$ -спирали полипептидной цепи. Надвторичные структуры в белках и их значение для функционирования специфических групп белков. Связь первичной и вторичной структур белковой молекулы. Классификация белков по элементам вторичной структуры. Доменный принцип структурной организации белков. Понятие о структурных и функциональных доменах (на примере иммуноглобулинов и каталитически активных белков).

Третичная структура белков. Типы связей, обеспечивающих поддержание третичной структуры. Динамичность третичной структуры белков. Самоорганизация третичной структуры белковой молекулы и роль специфических белков-шаперонов в этом процессе. Предсказание пространственного строения белков, исходя из их первичной структуры.

Четвертичная структура белков. Субъединицы (протомеры) и эпимолекулы (мультимеры). Конкретные примеры четвертичной структуры белков (гемоглобин, лактатдегидрогеназа, каталаза и др.). Типы связей между субъединицами в эпимолекуле.

Номенклатура и классификация белков. Функциональная классификация белков и характеристика отдельных групп: структурных, сократительных, защитных, токсических, рецепторных и регуляторных. Белки (металлотионеины, гемоглобин и др.) как детоксиканты ксенобиотиков в организме.

**Практика.** *Практическая работа. Тема: «Разделение аминокислот методом распределительной хроматографии на бумаге».*

*Практическая работа. Тема: «Приготовление раствора белка (яичного альбумина). Разделение белков куриного яйца по их растворимости. Денатурация белков (обратимая и необратимая)».*

### **Тема 3. Ферменты**

**Теория.** 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. Специфичность действия ферментов. Роль отечественных ученых (И. П. Павлов, А. Е. Браунштейн, П. А. Энгельгардт и др.) в развитии энзимологии. Понятие о субстратном и аллостерическом центрах в молекуле ферментов.

Ферменты мономеры (трипсин, лизоцим) и мультимеры (глутатион-редуктаза). 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. Изоферменты лактатдегидрогеназы. Значение исследования множественных форм ферментов для медицины, генетики, селекции и мониторинга окружающей среды. Мультиэнзимные комплексы, метаболон и полифункциональные ферменты. Механизм действия ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Константа диссоциации фермент-субстратного комплекса ( $K_S$ ) и константа Михаэлиса ( $K_M$ ). Активаторы и ингибиторы ферментов. Влияние ксенобиотиков на активность ферментов.

Номенклатура и классификация ферментов. Принципы классификации ферментов.

Промышленное получение и практическое использование ферментов. Иммуобилизованные ферменты. Перспективы практического использования рибозимов и абзимов для борьбы с заболеваниями человека.

*Практика. Практическая работа. Тема: «Сравнительный анализ продуктов кислотного и ферментативного гидролиза ди- и полисахаридов (на примере сахарозы и крахмала)».*

*Практическая работа. Тема: «Влияние на активность ферментов температуры, рН, активаторов и ингибиторов».*

#### **Тема 4. Витамины и некоторые другие биологически активные соединения**

*Теория.* История открытия витаминов. Роль витаминов в питании человека и животных. Авитаминозы, гиповитаминозы, гипervитаминозы. Соотношение витаминов и коферментов. Витамерия.

Жирорастворимые витамины. Витамин А и его участие в зрительном акте. Витамины D, К и Е и их роль в обмене веществ. Водорастворимые витамины. Витамины В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>12</sub>, их значение в обмене веществ. Витамин С (аскорбиновая кислота).

Разнообразие биологически активных соединений: авитамины, антибиотики, фитонциды, гербициды, дефолианты, ростовые вещества (важнейшие представители и механизмы действия).

*Практика. Практическая работа. Тема: «Качественные реакции на витамины».*

#### **Тема 5. Нуклеиновые кислоты и их обмен**

*Теория.* История открытия и изучения нуклеиновых кислот, их химический состав. Характеристика пуриновых и пиримидиновых оснований, входящих в состав нуклеиновых кислот. Два типа нуклеиновых кислот: дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК) и рибонуклеиновая кислота (РНК). Различия между ДНК и РНК по составу главных азотистых оснований, пентозам, молекулярной массе, локализации в клетке и функциям. Центральный постулат молекулярной биологии: ДНК - РНК — белок и его развитие.

Структура и функции ДНК. Содержание ДНК в организме и локализация ее в клетке (ядро, митохондрии, хлоропласты, эписомы). Размер и формы молекул ДНК. Кольцевая форма ДНК некоторых фагов, митохондрий и хлоропластов. Первичная структура ДНК. Успехи и перспективы в расшифровке структуры геномов микроорганизмов, растений и животных. Проект «Геном человека». Вторичная структура ДНК (модель Дж. Уотсона и Ф. Крика). Комплементарность азотистых оснований и ее значение для воспроизведения структуры геномов. Полиморфизм вторичной структуры ДНК (А-, В-, С- и Z-формы ДНК). Третичная структура ДНК. Сверхспирализация ДНК. Избыточность и компактность молекул ДНК. Строение хроматина.

Мутации в ДНК и факторы, их вызывающие. Репарация структуры ДНК и ее значение для сохранения видов. Наследственные заболевания.

РНК, их классификация (тРНК, рРНК, мРНК, мяРНК, тмРНК, вирусные РНК). Сравнительная характеристика видов РНК по их структуре и функциям. Концепция «Мир РНК». Механизм биосинтеза (репликации) ДНК. Ферменты (РНК-полимераза, ДНК-полимераза, ДНК-лигаза) и белковые факторы, участвующие в репликации ДНК.

Репликационная вилка и этапы биосинтеза ДНК. Особенности репликации у про- и эукариот. Теломерные повторы в ДНК и ДНК-теломеразы. 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. Обратная транскрипция и ее значение для существования вирусов (на примере вируса иммунодефицита человека и вирусов гриппа) и внутригеномных перестроек. Понятие о подвижных генетических элементах и их значении для эволюции геномов.

Понятие о генетической инженерии. Принципы и стратегии молекулярного клонирования. Достижения и перспективы молекулярной биотехнологии.

*Практика. Практическая работа. Тема: «Выделение рибонуклеопротеинов из дрожжей».*

*Практическая работа. Тема: «Качественное определение продуктов гидролиза рибонуклеопротеинов».*

#### **Тема 6. Распад и биосинтез белков**

*Теория.* Распад белков. Ферменты, осуществляющие распад белков. Протеасомы — 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. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Биосинтез белков. Матричная схема биосинтеза белков. Активирование аминокислот (синтез аминоацил-тРНК). Строение рибосом. Состав прокариотических и эукариотических рибосом. Полирибосомы. Этапы трансляции (инициация, элонгация, терминация) и их регуляция. Возможность перепрограммирования трансляции.

Код белкового синтеза. История его открытия; работы М. Ниренберга, С. Очоа, Х. Г. Кораны и др. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов.

*Практика. Практическая работа. Тема: «Энзиматический метод выделения и количественного определения мочевины».*

#### **Тема 7. Углеводы и их обмен**

*Теория.* Классификация углеводов. Простые углеводы (моносахариды) и их представители (рибоза, глюкоза, фруктоза, галактоза). Сложные углеводы. Дисахариды (сахароза, лактоза, мальтоза). Полисахариды, их структура и представители (гликоген, крахмал, клетчатка, хитин). Функции углеводов (энергетическая, метаболическая, рецепторная и др.). Гликопротеины как детерминанты групп крови.

Обмен углеводов. Пути распада полисахаридов. Регуляция фосфоролиза при участии гормонов, G-белков, цАМФ и протеинкиназ. Обмен глюкозо-6- фосфата (дихотомический и апотомический пути). Обмен пировиноградной кислоты. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека. Полиферментный комплекс окислительного декарбоксилирования пировиноградной кислоты. Цикл трикарбоновых и дикарбоновых кислот, его значение в обмене веществ и обеспечении организма энергией.

Биосинтез углеводов. Понятие о первичном биосинтезе углеводов.

Глюконеогенез. Биосинтез олиго- и полисахаридов.

*Практика. Практическая работа. Тема: «Выделение растительного крахмала. Анализ степени гидролиза крахмала с помощью иодометрии».*

*Практическая работа. Тема: «Качественные реакции на углеводы. Определение водорастворимых углеводов по методу Бертрана».*

#### **Тема 8. Липиды и их обмен**

*Теория.* Общая характеристика и классификация липидов. Структура и функции липидов. Роль липидов в построении биологических мембран. Структура и функции липопротеинов.

Обмен жиров. Распад жиров и С-3-окисление высших жирных кислот. Глиоксилатный 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.

Воски, их строение, функции и представители (спермацет, пчелиный воск). Стериды. Стероиды (холестерол, эргостерол и др.). Структура и функции стероидов (холевая кислота, стероидные гормоны). Фосфолипиды. Биологическая роль фосфолипидов. Фосфоинозитиды как источники вторичных посредников гормонов.

*Практика. Практическая работа. Тема: «Гидролиз жиров под действием липазы. Влияние желчи на активность липазы».*

### **Тема 9. Биологическое окисление и синтез АТФ**

*Теория.* История изучения процессов биологического окисления: работы А. Н. Баха, В. И. Палладина, О. Варбурга, В. А. Энгельгардта. Разнообразие ферментов биологического окисления.

Системы митохондриального 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 фосфорилирование на уровне электронно-транспортной цепи. Понятие о сопрягающей мембране митохондрий.

### **Тема 10. Гормоны и их роль в обмене веществ**

*Теория.* Классификация гормонов. Стероидные гормоны: кортикостерон, тестостерон, эстрадиол, эндизон. Механизм действия стероидных гормонов. Пептидные гормоны. Характеристика инсулина, гормона роста, тиреотропина, гастрин, вазопрессина. Механизм действия пептидных гормонов (на примере глюкагона и инсулина). Сахарный диабет и его виды.

Прочие гормоны (адреналин, ауксин, гиббереллины, цитокинины, простагландины), их структура и механизм действия. Релизинг-факторы гормонов. Нейрогормоны (эндорфины и энкефалины). Применение гормонов в медицине и сельском хозяйстве.

### **Тема 11. Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Проблемы биохимической экологии**

*Теория.* Общие представления о взаимосвязи обмена веществ в клетке. Понятие о ключевых метаболитах (пировиноградная кислота, кофермент-А и 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 или липидов; роль ацетилкофермента-А в этом процессе.

Уровни регуляции обмена веществ: клеточный, организменный и популяционный.

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. Популяционный уровень регуляции. Антибиотики микробов, фитонциды растений, телергоны животных и их влияние на процессы жизнедеятельности.

Эколого-биохимические взаимодействия с участием различных групп организмов: микроорганизмов, грибов, высших растений, животных. Токсины растений. Пищевые детергенты и антифиданты. Пищевые аттрактанты и стимуляторы. Хеморегуляторы, воздействующие на позвоночных животных. Накопление и использование животными вторичных метаболитов растений.

Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосферы. Экологически безопасные способы воздействия на различные виды животных, растений и микроорганизмов.

*Практика. Защита проекта.*

## Тематическое планирование

№ п/п	Тема занятия	Количество часов			Форма аттестации и контроля
		всего	теория	практика	
1.	Введение. Введение в биохимию. Правила техники безопасности. Методы биохимических исследований.	1		1	
2.	Белки. Состав, классификация. Физико-химические свойства и функции белков. Пептиды. Природные пептиды (глутатион, вазопрессин, энкефалины, эндорфины и др.), их физиологическое значение и использование в качестве медицинских препаратов	4	2	2	<i>Практическая работа №1 Практическая работа №2</i>
3.	Ферменты. Свойства ферментов. Сущность ферментативного катализа. Применение в медицине. Механизм действия ферментов. Значение ферментов и обмен веществ в организме.	4	2	2	<i>Практическая работа №3 Практическая работа №4</i>
4.	Витамины и некоторые другие биологически активные соединения. Классификация витаминов. Участие витаминов в обмене веществ.	3	1	2	<i>Практическая работа №5</i>
5.	Нуклеиновые кислоты и их обмен. Классификация. Состав и строение. ДНК, РНК различных видов.	4	2	2	<i>Практическая работа №6 Практическая работа №7</i>
6.	Распад и биосинтез белков. Ферменты, осуществляющие распад белков. Первичные и вторичные аминокислоты. Код белкового синтеза. Особенности генетического кода митохондрий и хлоропластов.	3	1	2	<i>Практическая работа №8</i>



<b>7.</b>	Углеводы и их обмен. Классификация углеводов. Полисахариды, их структура и представители (гликоген, крахмал, клетчатка, хитин). Функции углеводов. Обмен углеводов. Гликолиз. Спиртовое брожение. Действие этанола на организм человека.	4	2	2	<i>Практическая работа №9 Практическая работа №10</i>
<b>8.</b>	Липиды и их обмен. Физико-химические свойства липидов. Биологическое значение липидов. Обмен жиров. Нарушения в обмене жиров. Ожирение и его причины. Воски, их строение, функции и представители. Структура и функции стероидов. Биологическая роль фосфолипидов	4	1	3	<i>Практическая работа №11</i>
<b>9.</b>	Биологическое окисление и синтез АТФ. Разнообразие ферментов биологического окисления. Каталаза и её роль в защите организма от активных форм кислорода. Строение протонной АТФазы и вероятные механизмы синтеза АТФ.	2		2	
<b>10.</b>	Гормоны и их роль в обмене веществ. Классификация гормонов. Механизм действия стероидных гормонов. Характеристика инсулина, гормона роста. Сахарный диабет и его виды. Релизинг-факторы гормонов. Применение гормонов в медицине и сельском хозяйстве.	2		2	
<b>11.</b>	Взаимосвязь и регуляция обмена веществ. Проблемы биохимической экологии. Общие представления о взаимосвязи обмена	5	1	3	<i>Защита проекта</i>

	<p>веществ в клетке. Понятие о ключевых метаболитах. Основные механизмы регуляции обмена веществ в клетке. Эколого-биохимические взаимодействия с участием различных групп организмов: микроорганизмов, грибов, высших растений, животных. Антропогенные биоактивные вещества и проблемы химического загрязнения биосферы.</p>				
	<b>ИТОГО:</b>	<b>34</b>	<b>12</b>	<b>22</b>	

### **Учебно-методическое обеспечение**

При реализации Программы используются методические пособия, дидактические материалы, фото- и видеоматериалы.

При проведении занятий используются:

- вербальные методы обучения: лекции, объяснения, беседы, консультации;
- наглядные методы обучения: наглядные пособия, интерактивные учебные пособия, видеоматериалы;
- исследовательские методы обучения:
- выполнение обучающимися определенных исследовательских заданий.

### **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:

- компьютеры и планшеты;
- интерактивная доска;
- лабораторное оборудование цифровой лаборатория по биологии и химии (ученическая) обеспечивает выполнение лабораторных работ на уроках по биологии и химии и проектно-исследовательской деятельности учащихся.