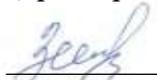


Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение  
«Федоровская средняя общеобразовательная школа № 1»

ПРИНЯТО на заседании  
педагогического совета  
протокол № 3  
от 24.12.2024 г.

УТВЕРЖДАЮ  
Директор МБОУ «ФСОШ №1»

  
Н.В.Зинякова  
Приказ № 1317 от 25.12.2024 г



**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

**ГЕНОМНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ**

Возраст обучающихся: 15-17 лет

Срок реализации: 1 год

Автор-составитель: Рома О.Н.

г.п. Фёдоровский, 2024 г.

## ПАСПОРТ ПРОГРАММЫ

Название программы	<b>ГЕНОМНОЕ РЕДАКТИРОВАНИЕ</b>
Направленность, классификация программы	Естественнонаучная, научно-исследовательская, общеразвивающая, модульная
Срок реализации программы	1 год – 72 часа
Возраст обучающихся	15-17 лет
Количество обучающихся по программе	15 человек
Ф.И.О. составителя программы	Рома Оксана Николаевна, учитель биологии, образование высшее
Территория	ХМАО-Югра, Сургутский район, г.п. Федоровский
Юридический адрес учреждения	Российская Федерация, Тюменская область, Ханты-Мансийский автономный округ-Югра, 628456, Сургутский район, г.п. Федоровский, пер. Валерия Лаба, 2
Контакты	Телефон: 8(3462)731-850 e-mail: <a href="mailto:fsosh1-sr@mail.ru">fsosh1-sr@mail.ru</a>
Год разработки программы	2024
Цель	Подготовка обучающихся к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование», освоение необходимых предметных знаний и вовлечение их в работу над технологическими приоритетами Национальной технологической инициативы для личностной самореализации и профессионального самоопределения.
Задачи	<p><i>Образовательные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• сформировать объем теоретических знаний по биологии, химии и информатике, необходимых для участия в НТО;</li> <li>• выработать понимание фундаментальных законов биологии, химии, информатики;</li> <li>• научить решать задачи, относящиеся к синтетической биологии, технологиям управления свойствами биологических объектов;</li> <li>• организовать практическую и исследовательскую деятельность обучающихся;</li> <li>• познакомить с инструментами биоинформационного анализа;</li> <li>• научить пользоваться наборами реактивов разными способами, в разных сочетаниях;</li> <li>• способствовать развитию навыков практического применения метода геномного редактирования;</li> <li>• развить умение работать с литературой и поиском информации в интернете на специализированных сайтах;</li> <li>• научить анализировать полученные в ходе экспериментов результаты.</li> </ul> <p><i>Воспитательные:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• продолжить воспитание ценностного отношения к естественнонаучной деятельности;</li> <li>• формирование у подрастающего поколения чувства гордости за свою Родину, за ее</li> </ul>

	национальных героев, уважение к прошлому.
Документы, послужившие основанием для разработки проекта	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Федеральный закон № 273-ФЗ от 21.12.2012 года «Об образовании Российской Федерации».</li> <li>• Конвенция о правах ребенка.</li> <li>• Приказ Министерства просвещения РФ от 27 июля 2022 г. № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;</li> <li>• Указом Президента Российской Федерации от 07.05.2024 N 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года»;</li> <li>• Концепция развития дополнительного образования и молодежной политики в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре.</li> <li>• Методические рекомендации по проектированию дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ (Минобрнауки РФ ФГАУ «ФИРО» г. Москва, 2015 г.).</li> <li>• Постановление 21.03.2022 г. № 9 «О внесении изменений СанПиН 3.1/2.4.3598-20 (Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей)».</li> </ul>
Образовательные форматы	<ul style="list-style-type: none"> <li>• очно (принцип workshop) – обучающиеся проходят курс коллективно при поддержке педагога;</li> <li>• заочно - обучающиеся получают задание, после выполнения отправляют готовый результат;</li> <li>• дистанционно - выполнение заданий с постоянной технической поддержкой.</li> </ul> <p>Формы организации познавательной деятельности: индивидуальная, коллективная, групповая.  Программа рассчитана на 1 год.  Режим занятий: 2 раза в неделю по 2 занятия по 40 минут.  Формы контроля: текущий контроль, тематический контроль, итоговый контроль личные достижения учащегося. Дополнительная форма контроля – результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Геномное редактирование».</p>
Требования к условиям организации образовательного процесса	<p><i>Для заочных, дистанционных занятий и самообучения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Платформа для проведения вебинаров, с возможностью их записи и размещения;</li> <li>• Чат для коммуникации преподавателей и участников программы в социальной сети;</li> <li>• Платформа для размещения электронных форм тестирования;</li> <li>• Оборудование генетической лаборатории.</li> <li>• Компьютер.</li> <li>• Доступ в интернет.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лекционный материал для самостоятельного изучения теории в электронном виде.</li> </ul> <p><i>Для очных занятий:</i></p> <p><b>Оборудование для освоения практических и теоретических навыков</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Термоциклер ДНК-амплификатор, программируемый термостат</li> <li>• Термостат твердотельный</li> <li>• Камера для горизонтального электрофореза</li> <li>• Источник постоянного тока</li> <li>• Трансиллюминатор</li> <li>• Гель-документирующая видеосистема</li> <li>• Микроцентрифуга-вортекс</li> <li>• Высокоскоростная микроцентрифуга</li> <li>• Автоматические дозаторы переменного объёма</li> <li>• Электрическая плитка или СВЧ-печь</li> <li>• Весы лабораторные на 0,01-10г.</li> <li>• Химическая посуда:</li> <li>• Колба мерная вместимостью 100 и 1000мл</li> <li>• Колба коническая вместимостью 0,5л.,200мл</li> <li>• Цилиндр мерный вместимостью 250мл</li> <li>• Кристаллизатор</li> <li>• Фарфоровые ступки с пестиками</li> <li>• Пробирки центрифужные вместимостью до 1,5мл с завинчивающейся крышкой</li> <li>• Микропробирки вместимостью до 1,5мл</li> <li>• Гомогенизатор</li> <li>• Шприц стеклянный вместимостью 50мл</li> <li>• Воронка Бюхнера диаметром 65мм</li> <li>• Трубки стеклянные с внутренним диаметром 0,5-0,6см.</li> <li>• Наборы МБС-Детям</li> </ul>
<p>Ожидаемые результаты освоения программы</p>	<p><i>Личностные результаты:</i></p> <p><u>Будут проявлять:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• инициативность, самостоятельность, ответственность;</li> <li>• внимательность, аккуратность, логическую последовательность в решении задач;</li> <li>• осознанность, усидчивость, трудолюбие в самостоятельной работе;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• избирательность в выборе информации и способах решения задач,</li> <li>• умение сохранять уверенность в своих способностях, несмотря на временные неудачи и трудности;</li> <li>• умение взаимодействовать с разными людьми, налаживать взаимопонимание при работе в команде</li> <li>• овладение навыками сотрудничества;</li> <li>• развитое образно-логическое мышление и способность к самореализации.</li> </ul> <p><i>Метапредметные результаты:</i>  <u>Будут развиты:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• способы мышления;</li> <li>• умение работать в условиях неопределенности, высказывать гипотезы;</li> <li>• способность производить расчеты, оценки;</li> <li>• познавательная активность;</li> <li>• мотивация к изучению предметов естественно-научной направленности;</li> <li>• логическое и образное мышление;</li> <li>• креативность, как основа нестандартного подхода к выполнению олимпиадных заданий;</li> <li>• компоненты мыслительной деятельности: воображение, творческая активность и фантазия в ходе экспериментальной работы.</li> </ul> <p><i>Предметные результаты:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• накопление знаний, умений и навыков в осуществлении природоохранной деятельности, возможности использовать эти знания в целях предотвращения опасного и необратимого нарушения экологического равновесия;</li> <li>• применение полученных знаний и умений для решения практических задач в повседневной жизни, безопасного поведения в природной среде;</li> <li>• осознание ответственного отношения к всевозможным последствиям собственной деятельности для других людей и природы.</li> </ul>
<p>Условия реализации программы (оборудование, инвентарь, специальные помещения, ИКТ и др.)</p>	<p><i>Техническое обеспечение. Для очных занятий:</i> зал (учебный кабинет), рассчитанный на учебную группу до 15 обучающихся - из расчета 2 м<sup>2</sup> на человека (Сан-ПиН).</p> <p><i>Оборудование учебного кабинета:</i> Шкаф для хранения учебно-наглядных пособий, приборов, микропрепаратов, стол для преподавателя, стул для преподавателя, столы для учащихся, стулья для учащихся.</p> <p><i>Технические средства обучения:</i> ПК и программное обеспечение с возможностью выхода в сеть, мультимедийная установка, экран, фильмы соответствующей тематики, конспекты лекций на электронных носителях. Ссылки на интернет-ресурсы, которые могут использовать педагоги и/или</p>

обучающиеся, в том числе материалы для подготовки к участию во Всероссийской междисциплинарной олимпиаде «Национальная технологическая олимпиада» (далее – НТО) (<https://ntcontest.ru/study/materials/>), – материалы сетевых региональных программ, размещенные на образовательной платформе «Таланты 2030» регионального оператора сети технологических кружков (<https://talents.surgu.ru/>). Учебно-наглядные пособия: микроскоп и микропрепараты.

*Лабораторное оборудование:*

- Термоциклер ДНК-амплификатор, программируемый термостат
- Термостат твердотельный
- Камера для горизонтального электрофореза
- Источник постоянного тока
- Трансиллюминатор
- Гель-документирующая видеосистема
- Микроцентрифуга-вортекс
- Высокоскоростная микроцентрифуга
- Автоматические дозаторы переменного объёма
- Электрическая плитка или СВЧ-печь
- Весы лабораторные на 0,01-10г.
- реактивы:
- Реагенты для электрофореза: смесь для приготовления электродного ТВЕ-буфера (Трис-борат-ЭДТА), агароза, раствор бромида этидия; раствор краски-лидера (бромфеноловый синий).
- Реактив для растворения РНК: 0,05 М NaCl, 0,01 М ацетат натрия, 0,0001 М MgCl<sub>2</sub>
- Жидкий азот в сосуде Дьюара.
- Деионизованная вода, мл.
- 1М трис-HCl pH8, мл
- 5M NaCl, мл
- 0,5М ЭДТА-Na pH
- 10%-ный ДДС-Na, мл
- Раствор протеиназы К, мкл
- Раствор РНКазы А, мкл
- Хлороформ мл
- Изоамиловый спирт мл
- Фенол мл
- 10М раствор ацетат аммония мл

- Этанол мл
- NaOH
- Хлорид магния
- 0,2%-ный раствор додецилсульфата натрия
- Поливинилсульфат
- 0,01 М ацетатный буфер pH 5,2
- Химическая посуда:
- Колба мерная вместимостью 100 и 1000мл
- Колба коническая вместимостью 0,5л.,200мл
- Цилиндр мерный вместимостью 250мл
- Кристаллизатор
- Фарфоровые ступки с пестиками
- Пробирки центрифужные вместимостью до 1,5мл с завинчивающейся крышкой
- Микропробирки вместимостью до 1,5мл
- Гомогенизатор
- Шприц стеклянный вместимостью 50мл
- Воронка Бюхнера диаметром 65мм
- Трубки стеклянные с внутренним диаметром 0,5-0,6см.
- Наборы МБС-Детям
- Набор” Определение ГМО в продуктах питания”

<https://pharmase.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-mbs-detyamopredelenie-gmo-v-produktakh-pitaniya-lineyka-ptsr/>

- Набор “Состав злаков в хлебной продукции” <https://pharmase.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-mbs-detyam-sostavzlakov-v-khlebnou-produktsii-lineyka-ptsr/>

- Набор “Определение гена метаболизма кофеина” <https://pharmase.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-mbs-detyamopredelenie-gena-metabolizma-kofeina-lineyka-ptsr/>

- Набор “Определение пола человека” <https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-opredelenie-pola-cheloveka-lineyka-ptsr/>

- |  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li>• Набор “Равновесие в популяции” <a href="https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-ravnovesie-v-populyatsii-lineyka-ptsr/">https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-ravnovesie-v-populyatsii-lineyka-ptsr/</a></li><li>• Набор “Определение резус-фактора” <a href="https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-opredelenie-rezus-faktora-lineyka-ptsr/">https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-opredelenie-rezus-faktora-lineyka-ptsr/</a></li><li>• Набор “Тонкослойная хроматография, определение активности ферментов” <a href="https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-tskh-mbs-detyamaktivnost-fermentov-lineyka-khromatografiy">https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-tskh-mbs-detyamaktivnost-fermentov-lineyka-khromatografiy</a></li></ul> |
|--|---|

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая программа) разработана в соответствии со следующими нормативно-правовыми документами:

- Федеральный закон № 273-ФЗ от 21.12.2012 года «Об образовании Российской Федерации».
- Конвенция о правах ребенка.
- Приказ Министерства просвещения РФ от 27 июля 2022 г. № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»;
- Концепция развития дополнительного образования и молодежной политики в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре.
- Методические рекомендации по проектированию дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ (Минобрнауки РФ ФГАУ «ФИРО» г. Москва, 2015 г.).
- Постановление 21.03.2022 г. № 9 «О внесении изменений СанПиН 3.1/2.4.3598-20 (Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей)».
- Письмо Министерства образования и науки РФ от 18.11.2015 г. № 09-3242 «О направлении информации» (вместе с «Методическими рекомендациями по проектированию дополнительных общеразвивающих программ (включая разноуровневые программы)»;

Выявление, сопровождение и поддержка одаренных детей являются приоритетными направлениями деятельности системы образования, которые могут осуществляться посредством организации программ дополнительного образования, являющихся одним из способов построения индивидуальной образовательной траектории одаренных детей.

Программа предназначена для изучения старшеклассниками основ синтетической биологии, одним из инструментов которой является технология геномного редактирования. Отрасль генетики и биомедицины активно развивается, это – одна из самых перспективных отраслей, демонстрирующих непрерывность в изучении взаимосвязи физических, химических и биологических закономерностей, способствующих формированию научного мышления и объективному пониманию жизненных явлений и процессов нарушения жизнедеятельности организмов всех масштабов.

Программа способствует профессиональной ориентации обучающихся, что в последующем обеспечит развитие производства, науки и создание новых технологий. Содержание программы включает материалы, не получившие своё отражение в общеобразовательной программе, лекционные и семинарские занятия, задачи и тесты, контрольные вопросы.

**Актуальность программы:** в условиях исполнения задач по достижению технологического суверенитета одним из наиболее актуальных направлений является подготовка кадров в области опережающего развития генетики и генетических технологий. Ориентированность программы на подготовку школьников к Национальной технологической олимпиаде (НТО) по профилю «Геномное редактирование» является одним из важнейших инструментов в области трансформации образования и профориентации школьников в эти перспективные для страны и региона направления.

**Педагогическая целесообразность.** Программа способствует осмыслению и пониманию обучающимися мотивации своих действий, построения алгоритма действий необходимых для достижения поставленных задач и обретению универсальных учебных действий.

**Цель программы:** Подготовка обучающихся к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование», освоение необходимых предметных знаний и вовлечение их в работу над технологическими приоритетами Национальной технологической инициативы для личностной самореализации и профессионального самоопределения.

### **Задачи:**

#### *Образовательные:*

- сформировать объем теоретических знаний по биологии, химии и информатике, необходимых для участия в НТО;
- выработать понимание фундаментальных законов биологии, химии, информатики;
- научить решать задачи, относящиеся к синтетической биологии, технологиям управления свойствами биологических объектов;
- организовать практическую и исследовательскую деятельность обучающихся;
- познакомить с инструментами биоинформационного анализа;
- научить пользоваться наборами реактивов разными способами, в разных сочетаниях.

#### *Развивающие:*

- способствовать развитию навыков практического применения метода геномного редактирования;
- развить умение работать с литературой и поиском информации в интернете на специализированных сайтах;
- научить анализировать полученные в ходе экспериментов результаты.

#### *Воспитательные:*

- продолжить воспитание ценностного отношения к естественнонаучной деятельности.
- формирование у подрастающего поколения чувства гордости за свою Родину, за ее национальных героев, уважение к прошлому.

Направленность программы: естественнонаучная.

Программа адресована детям 15-17 лет.

Набор в группы осуществляется на общих основаниях.

Программа состоит из одного модуля: «Геномное редактирование»

Количество учащихся в группе: 15 человек.

**Программа обучения рассчитана:** на 1 год (72 часа).

**Режим занятий:** 2 часа в неделю (1 раз по 2 часа).

**Методы обучения** (по внешним признакам деятельности преподавателя и учащихся):

- *Лекции* – изложение педагогом предметной информации.
- *Дискуссии* – постановка спорных вопросов, отработка отстаивать и аргументировать свою точку зрения.
- *Обучающие игры* – моделирование различных жизненных ситуаций с обучающей целью.
- *Презентация* – публичное представление определенной темы.

- *Практическая работа* – выполнение упражнений.
- *Самостоятельная работа* – выполнение упражнений совместно или без участия педагога.
- *Творческая работа* – подготовка, выполнение и защита творческих проектов учащимися.

*По источнику получения знаний:*

- словесные;
- наглядные:
  - демонстрация плакатов, схем, таблиц, диаграмм, моделей;
  - использование технических средств;
  - просмотр кино- и телепрограмм;
- практические:
  - практические задания;
  - тренинги;
  - деловые игры;
  - анализ и решение конфликтных ситуаций и т.д.

*По степени активности познавательной деятельности учащихся:*

- объяснительный;
- иллюстративный;
- проблемный;
- частично-поисковый;
- исследовательский.

#### **Формы организации деятельности учащихся на занятии:**

- фронтальная;
- групповая;
- индивидуальная.

#### **Образовательные технологии**

При реализации данной программы используются информационно-коммуникационная, проектная, кейс-технология, технология проблемного обучения.

**Уровень освоения программы:** разноуровневая.

Модуль 1. Изучение дисциплин: биологии, химии и информатики – стартовый уровень.

Модуль 2. Технологии управления свойствами биологических объектов. Инструменты биоинформационного анализа – программный пакет UGENE, базы данных NCBI и другие, язык программирования Python – базовый уровень.

Модуль 3. Практическое применение метода геномное редактирование, изучение продуктов работы системы CRISPR\Cas9. Формирование профессиональной траектории обучающихся – продвинутый уровень.

«Интенсив 1.0» – базовый уровень.

«Модуль подготовки ко 2 этапу НТО» – продвинутый уровень.

«Интенсив 2.0» - продвинутый уровень.

**Ожидаемые результаты и способы определения их результативности**

**Планируемые результаты:**

Итогом прохождения данной программы для обучающихся 9-10 классов является повышение интереса к школьным предметам через деятельностный подход и погружение в решение реальных практических задач по геномному редактированию, формирование навыков командной работы в рамках успешного прохождения различных этапов Национальной технологической олимпиады.

**Предметные результаты**

**Будут знать:**

- теоретические аспекты и фундаментальные законы биологии, химии и информатики;
- инструментарий биоинформационного анализа;
- основные молекулярно-генетические процессы: репликация и репарация ДНК, трансляция и транскрипция;
- методы исследования нуклеиновых кислот и их выделения;
- метод полимеразной цепной реакции: его механизмы и этапы;
- основы электрофоретической детекции нуклеиновых кислот и белков

**Будут уметь:**

- работать на современном молекулярно-биологическом оборудовании;
- осуществлять анализ, обработку полученных результатов при помощи прикладных программ и их интерпретации;
- организовывать теоретическую, практическую и исследовательскую деятельность;
- решать задачи, относящиеся к синтетической биологии, технологиям управления свойствами биологических объектов;
- применять методы исследования нуклеиновых кислот и их выделения.
- применять в исследовательских целях метод полимеразной цепной реакции;
- применять методы электрофоретической детекции нуклеиновых кислот и белков;
- планировать и проводить биологические эксперименты, работать с биологическими объектами и их компонентами;
- оценивать безопасность и возможные риски проводимых экспериментов;
- выбирать и обеспечивать безопасные условия проведения биологического эксперимента;
- программировать в среде VS Code на языке «Python»;
- решать командные междисциплинарные задания, связанные с геномным редактированием;
- решать типовые задачи разных этапов НТО по биологии, химии;

**Будут владеть:**

- расширенными теоретическими представлениями в области биологии, химии, биоинформатики;
- навыками использования наборов реактивов разными способами, в разных сочетаниях;
- навыками практического применения метода ПЦР;
- навыками практического применения метода электрофореза;
- навыками практического применения метода геномного редактирования;
- навыками работы с литературой и поиском информации в интернете на специализированных сайтах;
- опытом решения заданий НТО по биологии и химии;
- опытом исследования биологических систем различного уровня;
- опытом проведения экспериментов с биологическими системами;
- опытом обобщения, систематизация знаний и выявление общих или частных закономерностей функционирования биологических систем;
- методами химического анализа;

**Метапредметные результаты освоения программы обучающимися:****Будут развиты:**

- способы мышления;
- умение работать в условиях неопределенности, высказывать гипотезы;
- способность производить расчеты, оценки;
- познавательная активность;
- мотивация к изучению предметов естественно-научной направленности;
- логическое и образное мышление;
- креативность, как основа нестандартного подхода к выполнению олимпиадных заданий;
- компоненты мыслительной деятельности: воображение, творческая активность и фантазия в ходе экспериментальной работы.

**Личностные результаты освоения программы обучающимися:****Будут проявлять:**

- инициативность, самостоятельность, ответственность;
- внимательность, аккуратность, логическую последовательность в решении задач;
- осознанность, усидчивость, трудолюбие в самостоятельной работе;
- избирательность в выборе информации и способах решения задач;
- умение сохранять уверенность в своих способностях, несмотря на временные неудачи и трудности;
- умение взаимодействовать с разными людьми, налаживать взаимопонимание при работе в команде.

**Формы контроля и подведения итогов реализации программы.** В образовательном процессе будут использованы следующие виды и методы контроля успешности освоения обучающимися программы «Олимпиада НТО. Геномное редактирование»:

**Текущий контроль** с целью непрерывного отслеживания уровня усвоения материала, выполнения работ и стимулирования обучающихся. Для реализации текущего контроля в процессе объяснения теоретического материала преподаватель обращается к обучающимся с вопросами и короткими заданиями; в процессе выполнения практических работ преподаватель контролирует и оценивает выполненные этапы работы, правильность решения задач, контроль владения необходимой терминологией и базовыми основами изучаемых наук может быть осуществлен при помощи тестов.

**Тематический контроль** в виде отработки практических умений использования наборов реактивов разными способами, в разных сочетаниях с обеспечением требований безопасности. Умения работать на современном молекулярно-биологическом оборудовании оценивается при выполнении практических заданий.

Результатом освоения программы модулей будет осуществление анализа, обработки полученных результатов при помощи прикладных программ и их интерпретации.

**Итоговый контроль** в виде выполнения олимпиадных заданий прошлых лет и участие в текущей олимпиаде.

Обратная связь с обучающимися осуществляется в индивидуальном порядке, самостоятельная работа и взаимодействие с преподавателем осуществляется очно на консультации или в электронной образовательной среде.

**Дополнительная форма контроля** – результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Геномное редактирование».

#### **Система условий реализации программы основана на следующих принципах:**

- *Коммуникативный принцип* – позволяет строить обучение на основе общения равноправных партнеров и собеседников, дает возможность высказывать свое мнение (при взаимном уважении), формирует коммуникативно-речевые навыки.
- *Гуманистический принцип* - создание благоприятных условий для обучения всех детей, признание значимости и ценности каждого ученика (взаимопонимание, ответственность, уважение).
- *Принцип культур сообразности* – предполагает, что творчество учащихся должно основываться на общечеловеческих ценностях культуры и строится в соответствии с нормами и ценностями, присущими традициям нашего региона.
- *Принцип коллективности* - дает опыт взаимодействия с окружающими, сверстниками, создаёт условия для самопознания, социально-педагогического самоопределения.

#### **Условия реализации программы:**

*Техническое обеспечение. Для очных занятий:* зал (учебный кабинет), рассчитанный на учебную группу до 15 учащихся - из расчета 2 м<sup>2</sup> на человека (Сан-ПиН).

*Оборудование учебного кабинета:* Шкаф для хранения учебно-наглядных пособий, приборов, микропрепаратов, стол для преподавателя, стул для преподавателя, столы для учащихся, стулья для учащихся.

*Технические средства обучения:* ПК и программное обеспечение с возможностью выхода в сеть, мультимедийная установка, экран, фильмы соответствующей тематики, конспекты лекций на электронных носителях. Ссылки на интернет-ресурсы, которые могут использовать педагоги и/или обучающиеся, в том числе материалы для подготовки к участию во Всероссийской междисциплинарной олимпиаде «Национальная технологическая

олимпиада» (далее – НТО) (<https://ntcontest.ru/study/materials/>), – материалы сетевых региональных программ, размещенные на образовательной платформе «Таланты 2030» регионального оператора сети технологических кружков (<https://talents.surgu.ru/>).

*Учебно-наглядные пособия:* микроскоп и микропрепараты.

*Лабораторное оборудование:*

- Термоциклер ДНК-амплификатор, программируемый термостат
- Термостат твердотельный
- Камера для горизонтального электрофореза
- Источник постоянного тока
- Транслюминатор
- Гель-документирующая видеосистема
- Микроцентрифуга-вортекс
- Высокоскоростная микроцентрифуга
- Автоматические дозаторы переменного объема
- Электрическая плитка или СВЧ-печь
- Весы лабораторные на 0,01-10г.
- реактивы:
- Реагенты для электрофореза: смесь для приготовления электродного ТВЕ-буфера (Трис-борат-ЭДТА), агароза, раствор бромида этидия; раствор краски-лидера (бромфеноловый синий).
- Реактив для растворения РНК: 0,05 М NaCl, 0,01 М ацетат натрия, 0,0001М MgCl<sub>2</sub>
- Жидкий азот в сосуде Дьюара.
- Деионизованная вода, мл.
- 1М трис-HCl pH8, мл
- 5M NaCl, мл
- 0,5М ЭДТА-Na pH
- 10%-ный ДДС-Na, мл
- Раствор протеиназы К, мкл
- Раствор РНКазы А, мкл
- Хлороформ мл
- Изоамиловый спирт мл
- Фенол мл
- 10М раствор ацетат аммония мл
- Этанол мл
- NaOH

- Хлорид магния
- 0,2%-ный раствор додецилсульфата натрия
- Поливинилсульфат
- 0,01 М ацетатный буфер pH 5,2
- Химическая посуда:
- Колба мерная вместимостью 100 и 1000мл
- Колба коническая вместимостью 0,5л.,200мл
- Цилиндр мерный вместимостью 250мл
- Кристаллизатор
- Фарфоровые ступки с пестиками
- Пробирки центрифужные вместимостью до 1,5мл с завинчивающейся крышкой
- Микропробирки вместимостью до 1,5мл
- Гомогенизатор
- Шприц стеклянный вместимостью 50мл
- Воронка Бюхнера диаметром 65мм
- Трубки стеклянные с внутренним диаметром 0,5-0,6см.
- Наборы МБС-Детям
- Набор "Определение ГМО в продуктах питания" <https://pharmase.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-mbs-detyamopredelenie-gmo-v-produktakh-pitaniya-lineyka-ptsr/>
- Набор "Состав злаков в хлебной продукции" <https://pharmase.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-mbs-detyam-sostavzlakov-v-khlebnoy-produktsii-lineyka-ptsr/>
- Набор "Определение гена метаболизма кофеина" <https://pharmase.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-mbs-detyamopredelenie-gena-metabolizma-kofeina-lineyka-ptsr/>
- Набор "Определение пола человека" <https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-opredelenie-pola-cheloveka-lineyka-ptsr/>
- Набор "Равновесие в популяции" <https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-ravnovesie-v-populyatsii-lineyka-ptsr/>
- Набор "Определение резус-фактора" <https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-imaterialy-dlya-obrazovatelnykh-uchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-pobiologii/nabor-mbs-detyam-opredelenie-rezus-faktora-lineyka-ptsr/>

Набор “Тонкослойная хроматография, определение активности ферментов” <https://pharma-se.ru/equipments/oborudovanie-i-materialy-dlya-obrazovatelnykhuchrezhdeniy/sovremennye-laboratornye-raboty-po-biologii/nabor-tskh-mbs-detyamaktivnost-fermentov-lineyka-khromatografii>

### ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕДАГОГИЧЕСКОГО СОСТАВА

Педагог, реализующий дополнительную общеобразовательную общеразвивающую программу: педагог дополнительного образования. Стаж работы – не менее одного года, образование – высшее педагогическое, квалификационная категория – соответствие занимаемой должности. Должностные обязанности в рамках реализации дополнительной общеобразовательной общеразвивающей программе:

- реализация дополнительной программы;
- разработка и внедрение в образовательный процесс новых дидактических разработок;
- побуждение обучающихся к самостоятельной работе, творческой деятельности;
- информационное сопровождение обучающихся при выполнении и защите творческих проектов.

#### Учебный план

№ п/ п	Название раздела	Количество часов			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
1.	<b>Программа базового кружка «Геномное редактирование»</b>				
	<b>Модули 1 года обучения</b>				
1.1	<b>Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой</b>	1	-	<b>1</b>	Регистрация на сайте НТО <a href="https://ntcontest.ru/">https://ntcontest.ru/</a>
1.2	<b>Модуль «Химия»</b>	4	8	<b>12</b>	Решение олимпиадных заданий первого тура НТО
1.3	<b>Модуль «Царство растений»</b>	3	7	<b>10</b>	Решение олимпиадных заданий первого тура НТО
1.4	<b>Модуль «Царство животных»</b>	3	7	<b>10</b>	Решение олимпиадных заданий первого тура НТО

1.5	<b>Модуль «Общая биология и микробиология»</b>	-	4	<b>4</b>	Решение олимпиадных заданий первого тура НТО
1.6	<b>Модуль «Генетика»</b>	7	7	<b>14</b>	Решение олимпиадных заданий первого тура НТО
1.7	<b>Модуль «Методы исследования нуклеиновых кислот»</b>	6	6	<b>12</b>	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
1.8	<b>Модуль «Инструменты биоинформационного анализа – программный пакет UGENE, базы данных NCBI и другие»</b>	1	3	<b>4</b>	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
1.9	<b>Модуль «Программирование на Python»</b>	2	3	<b>5</b>	Решение олимпиадных заданий второго тура НТО
	<b>Итого:</b>	<b>27</b>	<b>45</b>	<b>72</b>	

#### Календарный учебный график

№ п/п	Период реализации 2024-2025 уч. г.	Модуль
1	02.09.24 – 14.09.24 03.02.25 – 01.03.25	<b>Модуль «Химия»</b>
2	16.09.24 – 28.10.24 03.03.25 – 22.03.25	<b>Модуль «Царство растений»</b>
3	30.09.24 – 12.10.24 24.03.25 – 12.04.25	<b>Модуль «Царство животных»</b>

4	14.10.24 – 09.11.24 28.04.25 – 16.05.25	<b>Модуль «Генетика»</b>
5	11.11.24 – 21.12.24	<b>Модуль «Методы исследования нуклеиновых кислот»</b>
6	23.12.24 – 18.01.25	<b>Модуль «Инструменты биоинформационного анализа – программный пакет UGENE, базы данных NCBI и другие»</b>
7	20.01.25 – 01.02.25	<b>Модуль «Программирование на Python»</b>
8	14.04.25 – 26.04.25	<b>Модуль «Общая биология и микробиология»</b>

### Содержание обучения

#### Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой

Национальная технологическая олимпиада (НТО) — это всероссийские технологические соревнования для школьников по широкому спектру направлений от искусственного интеллекта до геномного редактирования, космических технологий, разработки компьютерных игры. Олимпиада объединяет тех, кто хочет быть востребованным и решать действительно важные задачи с помощью современных технологий. Урок призван мотивировать школьников к участию в НТО через знакомство с принципами и ценностями, профилями, историей, спецификой олимпиады и возможностями для ее участников.

Рекомендуем воспользоваться ресурсом <https://nti-lesson.ru/materials-intro>.

#### Модуль «Химия»

*Раздел 1.* Основные понятия и законы химии. Содержание: понятия количество вещества, молярный объем, молярная масса, массовая доля элемента, эквивалент. Закон эквивалентов, газовые законы. Вывод формулы вещества (вывод молекулярной формулы вещества, нахождение молекулярной формулы по известным массовым долям; нахождение молекулярной формулы по известным массам продуктов и реагентов (по продуктам сгорания)).

*Раздел 2.* Уравнения реакций в неорганической химии. Содержание: простые и сложные вещества, классы неорганических соединений (классификация, номенклатура, химические свойства). Расчеты по химическим уравнениям (простейшие задачи по уравнениям реакций; с использованием понятия «массовая доля растворённого вещества»; с использованием понятия «массовая доля примесей», с использованием понятий «массовая и объёмная доля выхода продукта реакции», с использованием закона объёмных отношений газов, на «избыток-недостаток»). Тепловой эффект химической реакции.

*Раздел 3.* Растворы. Свойства растворов. Содержание: растворы и смеси. Растворимость. Способы выражения концентраций растворов. Приготовление растворов. Коллигативные свойства растворов. Электролитическая диссоциация; слабые и сильные электролиты; pH растворов. Реакции ионного обмена в растворах. Понятие дисперсных систем; коллоидные растворы; строение частиц дисперсной фазы -мицелл.

### **Модуль «Царство растений»**

*Раздел 1.* Анатомия растений. Содержание: растительные ткани: образовательные, покровные, основные, проводящие, механические, выделительные. Изготовление препаратов меристемы побегов растений. Изготовление препаратов эпидермы, перидермы и коры древесных растений. Изготовление препаратов из проводящих, механических и выделительных тканей растений.

*Раздел 2.* Морфология растений. Содержание: органы растений: корень, типы и формы корневых систем. Зоны корня. Первичное и вторичное строение корня. Метаморфозы корней. Строение побега. Микроскопическое строение стебля однодольных и двудольных растений. Строение стебля древесных растений. Метаморфозы побегов. Морфология и видоизменения листа. Строение цветка, формула цветка. Типы соцветий. Морфология плода, классификация плодов. Строение семени однодольных и двудольных растений.

*Раздел 3.* Основы физиологии растений. Фотосинтез, пигменты фотосинтеза. Фотосистемы I и II. С3, С4 и САМ растения.

*Раздел 4.* Жизненные циклы высших растений. Жизненные циклы споровых растений (хвощи, плауны, папоротники). Жизненный цикл голосеменных и цветковых растений. Эволюционное происхождение цветка и плода.

*Раздел 5.* Систематика высших растений.

Классы однодольные и двудольные. Основные семейства цветковых растений: бобовые, розоцветные, пасленовые, крестоцветные, сложноцветные, злаки, лилейные.

### **Модуль «Царство животных»**

*Раздел 1.* Ткани животных и человека. Типы клеточной организации: прокариотические и эукариотические клетки. Жизненный цикл клеток. Гаметогенез; мейоз и его биологическое значение. Оплодотворение. Методы изучения клетки: световая и электронная микроскопия; биохимические и иммунологические методы. Обмен веществ в клетке (метаболизм). Строение тканей животных и человека.

*Раздел 2.* Простейшие. Особенности морфологии и физиологии. Систематика простейших.

*Раздел 3.* Беспозвоночные животные. Таксоны беспозвоночных животных. Основные ароморфозы типов (подтипов, классов). Эволюция систем органов беспозвоночных животных.

*Раздел 4.* Таксоны позвоночных животных., Эволюция систем органов позвоночных животных.

### **Модуль «Общая биология и микробиология»**

Вирусы. Бактериофаги. Микроорганизмы прокариотические и эукариотические. Характеристика и таксономия бактерий. Бактерии, применяемые в биотехнологии (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Streptomyces coelicolor*, *Corynebacterium glutamicum*). Грибы, строение и размножение грибов. Виды грибов, применяемые в биотехнологии (*Penicillium notatum*, *Aspergillus nidulans*, *Rhizopus oryzae* и *R. nigricans*). Дрожжи, применяемые в биотехнологии: *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida utilis*, *Candida albicans*, *Schizosaccharomyces pombe*, *Hansenula polymorpha* и *Pichia pastoris*.

## **Модуль «Генетика»**

*Раздел 1. Основы генетики. Основные понятия генетики. Закономерности наследования. Законы Менделя. Закон независимого расщепления и его цитологический механизм. Правила выписывания гамет полигибрида. Определение расщепления по фенотипу с помощью фенотипических радикалов. Роль анализирующего скрещивания и возможности его осуществления. Понятие об экспрессивности и пенетрантности гена. Методы оценки пенетрантности генов.*

*Взаимодействие генов. Классификация различных типов взаимодействия генов: полное доминирование, неполное доминирование, сверхдоминирование, кодоминирование, межallelная комплементация, аллельное исключение, комплементарность, эпистаз, полимерия.*

*Сцепленное наследование. Установление сцепления в наследовании признаков. Генетика пола и сцепленное с полом наследование. Классификация изменчивости. Понятие о наследственной и ненаследственной изменчивости. Мутационная теория и классификация мутаций.*

*Введение в генетику человека. Человек как объект генетических исследований. Методы генетики человека и их характеристика.*

*Введение в популяционную генетику. Генетическая структура популяций. Типы популяций. Основные факторы генетической динамики популяций.*

*Раздел 2. Основные молекулярно-генетические процессы. Строение нуклеиновых кислот (ДНК, РНК). Виды и функции нуклеиновых кислот. Правило комплементарности. Правило Чаргаффа. Принципиальные отличия ДНК и РНК. Передача генетической информации (центральная догма молекулярной биологии). Понятие матричного синтеза. Антипараллельность ДНК и ее значение в реакциях матричного синтеза. Принцип матричного синтеза.*

*Реакции матричного синтеза. Принцип комплементарности в реакциях матричного синтеза. ДНК и гены. Генетический код, его свойства. Транскрипция, ее принципы и особенности. Трансляция: этапы и механизмы. Матричный синтез ДНК – репликация. Принципы репликации ДНК. Механизм репликации ДНК.*

## **Модуль «Методы исследования нуклеиновых кислот»**

*Организация молекулярной лаборатории. ПЦР. Электрофорез. Подготовка материала для выделения нуклеиновых кислот. Выделение ДНК. Протоколы выделения ДНК. Постановка ПЦР. Выбор и подготовка праймеров. Детекция результатов ПЦР методом горизонтального гель-электрофореза. Очистка ПЦР-продукта. Постановка секвенсовой реакции. Интерпретация результатов.*

## **Модуль «Инструменты биоинформационного анализа – программный пакет UGENE, базы данных NCBI и другие»**

*Выравнивание биологических последовательностей. Компьютерные базы данных (их виды). Матрицы сходства.*

*Поиск гомологов. Поиск по участкам последовательностей. Выравнивание.*

*Молекулярная эволюция. Филогения. Метод эволюционных деревьев. Анализ экспрессии генов. Изучение структуры и функций белков.*

## Модуль «Программирование на Python»

Знакомство с интегрированной средой разработки и обучения на языке Python, написание первой программы. Функция print, переменные. Input и условные конструкции. Списки, модуль random, цикл while. Программа - игра «Камень, ножницы, бумага». Стандарт оформления кода.

### 4. Формы контроля и подведения итогов реализации программы

В образовательном процессе будут использованы следующие виды и методы контроля успешности освоения обучающимися программы:

- предварительный (входной) контроль проводится в начале реализации Программы в виде беседы и/или тестирования;
- текущий контроль - участие в соревнованиях программы, в том числе в 1 и 2 туре НТО.
- итоговый контроль участие в итоговом соревновании.

### Система контроля результативности программы

Обратная связь осуществляется в общих чатах в социальных сетях, самостоятельная работа и взаимодействие с преподавателем осуществляется в режиме проверки интерактивных форм с заданиями и в электронной образовательной среде.

#### Примерное содержательное описание каждого критерия

Уровни освоения программы	Результат
Высокий уровень освоения программы	Учащиеся демонстрируют высокую заинтересованность в учебной, познавательной и творческой деятельности, составляющей содержание Программы. На соревнованиях показывают отличное практическое применение знаний и навыков во время соревнований.
Средний уровень освоения Программы	Учащиеся демонстрируют достаточную заинтересованность в учебной, познавательной и творческой деятельности, составляющей содержание Программы. На соревнованиях показывают практическое применение знаний и навыков во время соревнований, но некоторые навыки требуют доработки, а некоторые задания вызывают трудности.

Низкий уровень освоения Программы	Учащиеся демонстрируют низкий уровень заинтересованности в учебной, познавательной и творческой деятельности, составляющей содержание Программы. На соревнованиях показывают практическое применение знаний и навыков во время соревнований не соответствует требованиям и задания на соревнованиях вызывают непреодолимые трудности.
-----------------------------------	---

### **Организационно-педагогические условия реализации программы**

#### **Материально-техническое обеспечение:**

- платформа для проведения вебинаров с возможностью их записи и размещения;
- чат для коммуникации преподавателей и участников программы в социальной сети;
- платформа для размещения электронных форм тестирования;
- лекционная аудитория с проектором, интерактивной доской, возможностью выхода в интернет;
- оборудование учебных лабораторий.

#### **Информационное обеспечение:**

- Образовательная платформа «Таланты 2030» Сургутского государственного университета – <https://talents.surgu.ru/>
- Сайт Регионального модельного центра дополнительного образования детей - <http://argo.surgu.ru/>

#### **Методическое обеспечение программы**

Методы обучения, используемые в программе:

- словесные (устное объяснение материала),
- наглядные (презентация),
- лабораторные (обучающиеся выполняют лабораторные задания),
- расчётные (математическая обработка экспериментальных данных),
- визуальные (представление результатов эксперимента в виде таблиц, графиков, схем, диаграмм),
- аналитические.

С целью вовлечения в продуктивную и творческую деятельность обучающихся будут использованы:

- анализ информационных источников (интернет);
- основные методы сбора и обработки данных;
- метод погружения;
- метод исследования;
- опытная работа.

## **Информационные источники**

### **ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Алферова, Г. А. Генетика: учебник для вузов/ Г. А. Алферова, Г. П. Подгорнова, Т. И. Кондаурова; под редакцией Г. А. Алферовой. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 200 с. – (Высшее образование). – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490670> (дата обращения: 08.04.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Молекулярная биология. Практикум.: учебное пособие для вузов/А.С.Кони́чев[и др.]; под редакцией А.С.Кони́чева. -2-е изд.-Москва.:Издательство Юрайт, 2021.-169с.
3. Кони́чев, А.С. Молекулярная биология: учебник для студ. пед. вузов / А.С. Кони́чев, Г.А. Севастьянова. - 2-е изд., испр.-М.: Издательский центр «Академия», 2005.- 400с.

### **ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:**

1. Генетика. Словарь основных терминов и понятий: словарь / составители С. Н. Кузнецова [и др.]. – 2-е изд., испр. и доп. – Тверь: Тверская ГСХА, 2020. – 102 с. – Текст: электронный// Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/146942> (дата обращения: 08.04.2022). – Режим доступа: для авторизованных пользователей.
2. Молекулярная генетика, микробиология и вирусология: научно-теоретический журнал / учредитель: Институт молекулярной генетики РАН. М.: Медицина, 1994-1995, 2001- . Т. 38, № 1-4. 2020.
3. Синюшин, А. А. Решение задач по генетике / А. А. Синюшин. — Москва: Лаборатория знаний, 2019. — 154 с. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/89223.html> (дата обращения: 03.08.2022). — Режим доступа: для авторизованных пользователей.

### **ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:**

1. Генетика: каталог ресурсов. - Текст: электронный // Лекториум: бесплатный онлайн-курс “Генетика”. - 2009-2022. - URL: <https://www.lektorium.tv/genetics> (дата обращения: 03.08.2022).
2. Голосова, О. Полимеразная цепная реакция: видеолекция / Ольга Голосова. - Текст: электронный. - URL: <https://youtu.be/kc6DakXUtUU> (дата обращения: 03.08.2022).
3. Голосова, О. Секвенограммы / Ольга Голосова. - Текст: электронный. - URL: <https://youtu.be/1MLPqFIVPFM> (дата обращения: 03.08.2022).

4. Дымшиц, Г.М. Основные начала молекулярной биологии: 25 иллюстрированных лекций: учебное пособие / Г.М. Дымшиц, О.В. Саблина.- Новосибирск: Новосибирский государственный университет, 2018.-180с.-Текст: электронный//Цифровой образовательный ресурс IPR SMART:[сайт].-URL: <https://www.iprbookshop.ru/93471.html> (дата обращения: 03.08.2022).-Режим доступа: для авторизованных пользователей.
5. Кузнецов, В. В. Молекулярно-генетические и биохимические методы в современной биологии растений / Кузнецов В. В., Ралдугина Г. Н., Кузнецов В. В. - Текст: электронный // Портал РФФИ [сайт]. - URL: [http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o\\_1781847](http://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_1781847) (дата обращения: 03.08.2022).
6. Немудрый А. А., Валетдинова К. Р., Медведев С. П., Закиян С. М. Системы редактирования геномов TALEN и CRISPR/Cas – инструменты открытий. - Текст [Электронный ресурс]: Журнал Acta Naturae: официальный сайт. - Режим доступа: URL: <https://actanaturae.ru/2075-8251/index> (дата обращения: 03.08.2022).
7. Оберемок, В. В. К применению ПЦР-метода: метод. рек. / В. В. Оберемок. - Текст: электронный // Cyberpedia: информ. ресурс. - 2017-2022. - URL: <https://cyberpedia.su/2x6e17.html> (дата обращения: 03.08.2022).
8. Осипова, Л.А. Генетика в 2 ч. Часть 1: учебное пособие для вузов/ Л.А.Осипова.– 2-е изд., испр. и доп.– Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 243с. – (Высшее образование). – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/490838> (дата обращения: 08.04.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
9. Осипова, Л.А. Генетика. В 2 ч. Часть 2: учебное пособие для вузов/ Л.А.Осипова.– 2-е изд., испр. и доп.– Москва: Издательство Юрайт, 2022. – 251с. – (Высшее образование). – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/491746> (дата обращения: 08.04.2022). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
10. Северинов, К. Редактирование генома с CRISPR/Cas9 / Константин Северинов. - Текст: электронный // Пост Наука : [сайт]. - 2012-2022. - URL: <https://postnauka.ru/faq/59807>
11. Тикунов, А. Полимеразная цепная реакция: видеолекция / Артем Тикунов. - Текст: электронный. -URL: <https://youtu.be/V2qm9jTNRKI> (дата обращения: 03.08.2022)
12. Шаг 7. 2.4 Вариации ПЦР: [видеоурок]. - Текст: электронный // Stepik [сайт]. - 2013-2022. - URL: <https://stepik.org/lesson/13696/step/7> (дата обращения: 03.08.2022)
13. 12 методов в картинках: секвенирование нуклеиновых кислот / А. Недолужко, О. Пташник, А. Чугунов, А. Панов. - Текст: электронный // Биомолекула [сайт]. - 2007-2022. - URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-sekvenirovanie-nukleinovyx-kislot> (дата обращения: 03.08.2022)
14. 12 методов в картинках: генная инженерия. Часть I, историческая / О. Волкова, О. Пташник, А. Чугунов, А. Панов. - Текст: электронный // Биомолекула [сайт]. - 2007-2022. - URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-gennaia-inzheneriia-chast-i-istoricheskaja?ysclid=l6d9rebws9167381293> (дата обращения: 03.08.2022)

15. 12 методов в картинках: полимеразная цепная реакция / А. Панов, О. Пташник, А. Чугунов, О. Волкова. - Текст: электронный // Биомолекула [сайт]. - 2007-2022. -URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaia-reaktsiia> (дата обращения: 03.08.2022).

16. Unipro UGENE podcast #52: The Sanger Reads Editor in UGENE 1.27: Video blog. - Text: English. - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=lDovNM1oZEw> (date of application: 03.08.2022).



