

# Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение «Средняя школа № 42»

## ПРИНЯТО

на заседании педагогического совета  
протокол №1 от 29.08.2025г.



**УТВЕРЖДЕНО**

И.о. директора МБОУ «СШ № 42»

Сергеева И.И.

Приказ № 503/01-05 от «29».08.2025г.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА «Геномное редактирование»

Направленность: естественно-научная  
Уровень освоения программы: базовый  
Возраст учащихся: 14-17 лет (8-11 классы),  
Объем 72 академических часа

### АВТОРЫ ПРОГРАММЫ:

**Безуевская Валерия Александровна,**

кандидат педагогических наук, доцент, проректор СурГУ

**Казакова Галина Александровна,**

старший специалист центра поддержки пользователей ФГИС «Моя школа»

Государственного университета просвещения;

**Крайник Виктория Викторовна,**

к.х.н., старший преподаватель кафедры химии СурГУ

**Самойленко Зоя Анатольевна,**

к.б.н., доцент, преподаватель кафедры биологии и биотехнологии;

**Сарапульцева Екатерина Сергеевна,**

ассистент кафедры биологии и биотехнологии;

**Проворова Олеся Владимировна,**

старший преподаватель кафедры экологии и биофизики;

**Волохова Марина Анатольевна,**

старший преподаватель кафедры экологии и биофизики

### Специалисты по реализации программы:

**Соловьева Ольга Владимировна,**

учитель химии

**Майорова Анна Владимировна**

учитель биологии

**Ульрих Артур Александрович,**

учитель информатики и физики

г. Сургут, 2025 год

## 1. Пояснительная записка

Данная общеобразовательная общеразвивающая программа дополнительного образования детей имеет техническую направленность и составлена на основании методических материалов ФГАУ «Фонд новых форм развития образования», предназначенных для использования наставниками сети детских технопарков «Кванториум», и в соответствии с основными нормативными документами:

- Федеральный Закон «Об образовании в Российской Федерации» (от 29.12.2012 № 273-ФЗ);
- Концепция развития дополнительного образования детей на 2015-2020 годы (утверждена распоряжением Правительства РФ от 04.09.2014 №1726-р);
- СанПиН 2.4.4.3172-14 «Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, содержанию и организации режима работы образовательных организаций дополнительного образования детей» (утверждено постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 04.07.2014 № 41);
- Приказ Министерства образования и науки РФ от 9 января 2014 г. № 2 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ»;
- Положение о дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программах.

### 1.1. Актуальность программы

Программа напрямую связана с одной из сквозных технологий Стратегии научно-технологического развития РФ — использованием генетических данных и технологий. Развитие биотехнологий и, в частности, геномного редактирования определено в качестве приоритетного направления для обеспечения технологического суверенитета и национальной безопасности страны. Технологии геномного редактирования находятся на острие научного прогресса и формируют новый технологический уклад в биомедицине, сельском хозяйстве и промышленных биотехнологиях.

Специалисты в области генетических технологий и геномного редактирования относятся к профессиям будущего. Программа позволяет школьникам познакомиться с передовым направлением науки и определить свою профессиональную траекторию в перспективной области.

Геномное редактирование как одно из прорывных научных направлений привлекает внимание мотивированных школьников, ориентированных на

построение успешной карьеры в наукоемких отраслях. Участие в профиле «Геномное редактирование» Национальной технологической олимпиады открывает дополнительные возможности для поступления в ведущие университеты страны на льготных условиях.

Программа кружка находится на стыке биологии, генетики, информатики и инженерии и способствует формированию у учащихся междисциплинарного мышления - ключевого навыка для решения комплексных задач современного мира. Интеграция «мокрой биологии» и биоинформатики отражает реальную практику работы современных биотехнологических лабораторий.

Программа целенаправленно развивает ключевые компетенции, необходимые для успешной самореализации в современном мире: проектное и критическое мышление, командная работа, исследовательские навыки.

## **1.2. Цель программы**

Создание условий для освоения школьниками фундаментальных основ современных биотехнологий и определения своих интересов в этой перспективной области науки.

### **Задачи программы**

- формирование способности выполнять и анализировать лабораторный эксперимент по молекулярной биологии;
- подготовка к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование».
- вовлечение в работу над технологическими приоритетами России.

## **1.3. Отличительные особенности программы**

1. Адаптация передовых научных методов для школьного уровня - программа делает доступными для учащихся 8-9 классов современные технологии и методы, которые обычно изучаются только в вузах или применяются в научно-исследовательских лабораториях (ПЦР, электрофорез, секвенирование, CRISPR/Cas системы). Сложные научные концепции адаптированы через понятные аналогии, визуализацию и пошаговые инструкции.
2. Междисциплинарный интегративный подход - программа объединяет молекулярную биологию, генетику, химию, биоинформатику и программирование, что отражает реальную научную практику.
3. Сбалансированное сочетание теории и практики в логике научного исследования - теоретические блоки непосредственно подкрепляются практическими работами, моделирующими реальный процесс научного исследования, а последовательность модулей отражает логику научного

познания.

4. Практико-ориентированность с фокусом на реальные научные задачи - программа ориентирована на решение аутентичных исследовательских задач, таких как идентификация генетических последовательностей, определение эффективности геномного редактирования.
5. Модульная структура с четкой таксономией образовательных результатов - каждый модуль имеет четко обозначенное содержание, формирующие оценочные мероприятия и ожидаемые результаты обучения, что позволяет отслеживать прогресс учащихся и обеспечивать дифференцированный подход.
6. Целенаправленная подготовка к Национальной технологической олимпиаде - программа специально разработана для подготовки учащихся к профилю "Геномное редактирование" НТО, при этом не сводится к "натаскиванию", а формирует фундаментальное понимание принципов и методов геномного редактирования.
7. Развитие soft skills через проекты - программа целенаправленно развивает мягкие навыки через работу в исследовательских группах, презентацию результатов, планирование проектов и критический анализ научной информации.

#### **1.4. Адресат программы**

Программа предназначена для реализации в кружках, открытых на базе учреждений среднего общего или дополнительного образования.

Программа разработана для обучающихся в возрасте 14-15 лет (8-9 классы), ориентированных на построение успешной карьеры в наукоемких отраслях в области биотехнологий и здравоохранения.

Участники кружка, успешно завершившие программу, могут продолжить обучение по программе углубленного уровня на следующий учебный год.

Наполняемость групп для занятий в школьном кружке - 15-25 человек.

#### **1.5. Срок освоения программы и ее объем**

Программа рассчитана на 72 академических часа

#### **1.6. Форма и режим занятий**

Занятия проводятся:

- по программе базового кружка в очном/онлайн формате - 4 академических часа в неделю;

В каникулярные периоды занятия могут проводиться в базовом кружке в формате образовательного интенсива/хакатона.

Формы организации образовательного процесса предполагают проведение

коллективных занятий (15-25 человек), малыми группами (4-6 человек) и индивидуально в формате консультаций при подготовке к участию в НТО.

**1.7. Уровень освоения программы:** базовый

**1.8. Планируемые результаты**

***Предметные результаты обучения 1-го года обучения***

1) Объяснять принципы Научно-технологической олимпиады в контексте личного образовательного и профессионального развития. (*Уровень: понимание*)

2) анализировать структуру и функции различных компонентов клетки (мембраны, органоиды, ядро) в контексте их роли в хранении, передаче генетической информации и возможностей для геномного редактирования (*Уровень: анализ*)

3) Объяснять молекулярные основы биологических процессов и свойств биомолекул с использованием фундаментальных химических концепций (*Уровень: применение*)

4) анализировать структуру и функции основных биомолекул (белков, нуклеиновых кислот) в контексте передачи генетической информации и реализации центральной догмы молекулярной биологии (*Уровень: анализ*)

5) Применять базовые конструкции языка Python (переменные, условия, циклы, функции, строки, списки, словари) для создания простых программ анализа биологических последовательностей (*Уровень: применение*)

6) Моделировать механизмы наследования признаков и процессы передачи генетической информации при решении генетических задач и интерпретации результатов. (*Уровень: применение*)

7) Выполнять базовые лабораторные процедуры молекулярной биологии (выделение ДНК, ПЦР, электрофорез) в процессе решения практических исследовательских задач. (*Уровень: применение*)

8) Характеризовать влияние современных биотехнологических разработок на различные аспекты жизни человека и общественного развития. (*Уровень: понимание*)

***Метапредметные результаты 1-го года обучения***

***Познавательные***

- 1) Анализировать биологическую информацию из различных источников, выделяя основные молекулярно-генетические понятия и закономерности
- 2) Самостоятельно формулировать вопросы и гипотезы, касающиеся молекулярных механизмов хранения и передачи генетической информации
- 3) Систематизировать данные о строении и функциях биомолекул с

использованием схем, таблиц и диаграмм

- 4) Преобразовывать текстовую информацию о структуре ДНК и процессах репликации в визуальные модели
- 5) Интерпретировать результаты простых экспериментов по выделению ДНК и проведению ПЦР

### **Регулятивные**

- 1) Планировать последовательность действий при проведении лабораторных работ по молекулярной биологии
- 2) Контролировать правильность выполнения процедур при работе с лабораторным оборудованием
- 3) Оценивать достоверность полученных экспериментальных данных
- 4) Корректировать собственные действия при возникновении ошибок в ходе лабораторных работ
- 5) Соблюдать правила безопасности при проведении практических работ с химическими реактивами

### **Коммуникативные**

- 1) Аргументированно представлять результаты лабораторных работ в форме устных выступлений
- 2) Использовать научную терминологию при обсуждении вопросов молекулярной биологии и генетики
- 3) Конструктивно работать в малых группах при выполнении практических заданий
- 4) Формулировать вопросы по теме исследования другим участникам кружка
- 5) Представлять биологическую информацию с использованием компьютерных презентаций

### **Работа с информацией**

- 6) Выбирать достоверные источники информации о достижениях современной молекулярной биологии
- 7) Интерпретировать информацию, представленную в виде графиков, диаграмм и схем молекулярно-биологических процессов
- 8) Разрабатывать простые программы на Python для анализа нуклеотидных последовательностей
- 9) Критически оценивать информацию о биотехнологиях, представленную в СМИ

### ***Личностные результаты 1-го года обучения***

1. Ценностное отношение к научному познанию
  - Проявлять любознательность и инициативу при проведении

лабораторных экспериментов

- Формулировать собственное отношение к достижениям в области геномного редактирования

## 2. Научная этика и ответственность

- Объяснять необходимость этических норм при проведении биологических исследований
- Проявлять ответственное отношение к работе с лабораторным оборудованием и реактивами

## 3. Коммуникативная культура

- Уважительно относиться к мнению других участников при обсуждении научных вопросов
- Конструктивно воспринимать критику при представлении результатов лабораторных работ
- Проявлять готовность к сотрудничеству в малых группах при решении практических задач

## 4. Исследовательская позиция

- Проявлять внимательность и аккуратность при проведении экспериментов
- Задавать вопросы, направленные на углубление понимания молекулярно-биологических процессов

## 5. Самоопределение

- Описывать свои интересы в области биологии и смежных дисциплин
- Оценивать собственные сильные и слабые стороны в контексте работы с биологическим материалом
- Проявлять интерес к профессиям, связанным с биотехнологиями и генетикой

### 1.9. **Формы контроля и подведения итогов реализации программы Текущий контроль**

- 1) Практические работы «Решение задач по молекулярной биологии и генетике»
- 2) Лабораторный журнал. Участники кружка ведут лабораторный журнал, документируя выполненные эксперименты, полученные результаты и их интерпретацию. Журнал проверяется педагогом ежемесячно с предоставлением обратной связи
- 3) Биоинформатические практикумы. Выполнение заданий по анализу последовательностей ДНК. Работа с базами данных биологических последовательностей.
- 4) Тематические тесты проводятся после завершения каждого модуля, включают как теоретические вопросы, так и практические задачи на понимание ключевых концепций

- 5) Интерактивные опросы проводятся в начале занятий для проверки усвоения предыдущего материала с использованием онлайн-платформы и интерактивных инструментов для мгновенной обратной связи

#### Промежуточный контроль

- 1) Мини-проекты. Групповая работа (3-4 человека) над решением задач. Проектирование и реализация простых экспериментов по молекулярной биологии. Презентация результатов перед группой с последующим обсуждением
- 2) Решение кейсов из практики геномного редактирования. Анализ реальных примеров применения молекулярно-биологических методов. Групповое обсуждение оптимальных подходов к решению
- 3) Подготовка и представление информационных материалов. Создание постеров о биотехнологиях в повседневной жизни. Подготовка инфографики по основным методам молекулярной биологии

#### Итоговый контроль

- 1) Командный проект. Выполнение комплексного проекта, объединяющего знания из разных модулей. Работа в малых группах (2-3 человека) и публичная защита проекта с использованием презентации
- 2) Итоговое тестирование. Комплексный тест, охватывающий все модули первого года обучения. Включает теоретические вопросы и практические задания. Моделирует формат заданий профиля "Геномное редактирование" НТО
- 3) результативность участия на этапах первого, второго, третьего туров олимпиады НТО профиль «Геномное редактирование».

## 2. Структура, содержание и график реализации программы

### 2.1. Учебный план базового кружка «Геномное редактирование»

№ п/п	Название модуля	Количество часов			Формы контроля
		Теория	Практика	Всего	
Молекулярные. Основы наследственности: от строения клетки к генам					
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой. Решение олимпиадных заданий	2	8	10	Регистрация на сайте НТО <a href="https://ntcontest.ru/">https://ntcontest.ru/</a>
2	Модуль «Клетка»	7	7	14	Тестирование, выполнение лабораторных и практических работ
3	Модуль "Основы химии для биологов»	9	11	20	Решение задач, выполнение лабораторных работ, тестирование
4	Модуль "Основы молекулярной биологии"	6	6	12	Выполнение лабораторных и практических работ
5	«Программирование на Python для биоинформатики (начальный уровень)»	6	10	16	Решение биоинформатических задач
	Итого			72	

### 2.2. Календарный учебный график базового кружка «Геномное редактирование»

№	Модуль	Часы
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой. Решение олимпиадных заданий	10
2	Модуль «Клетка»	14
3	Модуль "Основы химии для биологов»	20
4	Модуль "Введение в молекулярную биологию"	12
6	Модуль "Программирование на Python" (начальный уровень)	16
	ИТОГО	174

## 3. Организационно-педагогические условия реализации программы

### 3.1. Структура программы и необходимое оборудование

№	Модуль	Часы	Краткое содержание	Оборудование по инфраструктурному листу
1	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой. Решение олимпиадных заданий	10	Профиль "Геномное редактирование", научный метод, регистрация на НТО, разбор заданий прошлых лет. Решение заданий 1-го отборочного тура	Компьютеры, проектор
2	Модуль «Клетка»	14	Клетка как единица жизни, строение клетки, органеллы,	Лаборатория "Микроскопия", набор микропрепаратов
3	Модуль "Основы химии для биологов»	20	Атомы и молекулы, химические элементы, связи, вода и ее роль, растворы, pH	Лаборатория "Физиология растений", лабораторная посуда
4	Модуль "Введение в молекулярную биологию"	12	ДНК и РНК, центральная догма молекулярной биологии	Лаборатория "Микроскопия", набор микропрепаратов
5	Модуль "Программирование на Python" (начальный уровень)	16	Введение в Python, типы данных, работа со строками, структуры данных, функции, файлы, визуализация	Компьютеры, ПО Python
	Итого	72		

### 3.2. Инфраструктурный лист базового кружка: оборудование и расходные материалы

Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
Микроскоп прямой для лабораторных исследований биологический	5	Микроскоп
		Объективы: 4x, 10x и 40x
		Окуляр WF10x
		Линза Барлоу 2x
		Предметный столик с зажимами
		Диск с диафрагмами
		Конденсор
		Встроенные нижний и верхний осветители на светодиодах
		Сетевой адаптер (питание 220 В, 50 Гц)
Стекла покровные	5	21x24 мм
Стекла предметные	5	26x76x2 мм
Чашки Петри	40	100*20 мм
Набор готовых микропрепаратов	1	Руководство
		12 чистых предметных стекол
		20 чистых покровных стекол
		80 готовых микропрепаратов
Пинцет	5	
Набор реагентов, расходных материалов и	1	1) Краситель – не менее 100 мг.;

Наименование позиции	Кол-во	Характеристики
методических рекомендаций для изготовления микропрепаратов "Клетки человека"		2) Инструмент для отбора пробы (одноразовый) – не менее 25 штук;
		3) Предметные стекла – не менее 30 штук;
		4) Покровные стекла – не менее 45 штук;
		5) Фильтровальная бумага – не менее 20 листов;
		6) Препаровальная игла – не менее 5 штук;
		7) Дозирующая емкость – не менее 5 штук;
		8) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 60 штук;
		9) Методическое пособие – не более 5 штук;
		Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепаратов "Микроскопические организмы"
2) Образец для приготовления микропрепаратов членистоногих – не менее 2 упаковки;		
3) Вспомогательный компонент для создания микропрепаратов – не менее 100 г.;		
4) Предметные стекла – не менее 60 штук;		
5) Покровные стекла – не менее 90 штук;		
6) Наконечники для автоматических дозаторов от 2 до 200 мкл – не менее 90 штук;		
7) Препаровальная игла – не менее 5 штук;		
8) Пинцет – не менее 5 штук;		
9) Чашки Петри – не менее 10 штук;		
10) Дозирующая емкость – не менее 5 штук;		
11) Фильтровальная бумага – не менее 20 листов;		

### 3.3. Кадровое обеспечение программы

Занятия проводят по программе базового кружка педагоги дополнительного образования, имеющие высшее образование в области биологии и/или химии, прошедшие повышение квалификации по программе дополнительного профессионального образования в организации - разработчике профиля (<https://ntcontest.ru/tracks/nto-school/>) и/или в организации, выполняющей функции регионального оператора деятельности технологических кружков (<http://argo.surgu.ru/ploshhadka-podgotovki-k-nto/>), выданный не позднее трех лет, предшествующих дате реализации программы технологического кружка.

Для проведения занятий по модулю «Программирование на Python для биоинформатики» привлекается педагог дополнительного образования, имеющий высшее образование в области информационных технологий, студенты вузов (начиная с 3-го курса), обучающиеся по направлениям подготовки в области ИТ. В случае отсутствия возможности по привлечения педагогов с указанными

компетенциями, занятия ведет педагог - наставник кружка с использованием онлайн-ресурсов на образовательных платформах.

### 3.4. Информационное обеспечение

- Образовательная платформа «Таланты 2030» Сургутского государственного университета - <https://talents.surgu.ru/>. На платформе размещены материалы по модулям программы для участников кружков и педагогов.
- Сайт Регионального модельного центра дополнительного образования детей - <http://argo.surgu.ru/>
- На сайте Регионального модельного центра дополнительного образования детей публикуется информация о графике образовательных интенсивов на учебный год, их содержании и правилах конкурсного отбора участников.

### 3.5. Методическое обеспечение программы

#### 1. Учебно-методические материалы

- Конспекты занятий с визуальными схемами и иллюстрациями на платформе «Таланты 2030» СурГУ
- Рабочие тетради с заданиями разного уровня сложности
- Протоколы лабораторных работ с пошаговыми инструкциями на платформе «Таланты 2030» СурГУ
- Глоссарий биологических и химических терминов на платформе «Таланты 2030» СурГУ
- Справочные материалы по базовым концепциям молекулярной биологии и генетики на сайте Биомолекула
- Материалы для подготовки к НТО и профильным олимпиадам

#### 2. Наглядные пособия

- Модели ДНК, РНК, белков и других биомолекул
- Плакаты и схемы основных биологических процессов (репликация, транскрипция, трансляция)
- Модели хромосом для демонстрации генетических законов

#### 3. Электронные ресурсы

- Презентации к каждому занятию
- Видеоматериалы, демонстрирующие биологические процессы и методики

- Онлайн-тесты для самопроверки
4. *Оценочные материалы*
- Тестовые задания разного уровня сложности
  - Практические задания и кейсы
  - Критерии оценки лабораторных работ
  - Материалы для промежуточной и итоговой аттестации

### 3.6. Информационные источники

#### ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Аулова, А. В. Геномное редактирование: учебно-методическое пособие. Том 8 / А. В. Аулова, А. В. Вихорев, Я. И. Габуров [и др.] / Всероссийская междисциплинарная олимпиада школьников 8-11 класса «Национальная технологическая олимпиада». - Москва : ООО «ВАШ ФОРМАТ», 2024. - 320 с. - ISBN 978-5-00147-598-9.
2. Практическая молекулярная генетика для начинающих : 8-9 классы : учебное пособие / Ю. С. Акульченко, Н. Р. Баттулин, П. М. Бородин [и др.] ; под редакцией П. М. Бородина и Е. Н. Ворониной. - 3-е изд., стереотипное. - Москва : Просвещение, 2023. - 271 с. - (Молодые учёные - школе). - ISBN 978-5-09-097482-0.

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Биология Campbell. В 3 томах. Том 1. Химия жизни. Клетка. Генетика / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.] ; перевод с английского О. В. Аверчевой, К. А. Андреевой, М. Д. Барановской. - Москва: Диалектика, 2023. - 672 с. - ISBN 978-5-907203-88-4.
2. Биология Campbell. В 3 томах. Том 2. Механизмы эволюции. Эволюция и биоразнообразие. Растительные формы жизни / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.]; под редакцией М. М. Половицкой, О. Н. Шиловой, Д. М. Мартыновой. - Москва: Диалектика, 2023. - 576 с. - ISBN 978-5-907515-13-0.
3. Биология Campbell. В 3 томах. Том 3. Животные формы жизни и их функционирование. Экология / Д. Б. Рис, Л. А. Урри, М. Л. Кейн [и др.] ; под редакцией М. М. Половицкой, О. Н. Шиловой, Д. М. Мартыновой. - Москва: Диалектика, 2023. - 575 с. - ISBN 978-5-907705-68-5.
4. Синюшин, А. А. Решение задач по генетике / А. А. Синюшин. - 4-е изд. - Москва: Лаборатория знаний, 2024. - 186 с. - (Биология). - ISBN 978-5-93208400-

## ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ

1. 12 методов в картинках: генная инженерия. Часть I, историческая / О. Волкова, О. Пташник // Биомолекула: [сайт]. - 2007-2025. - URL: <https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakh-gennaia-inzheneriia-chast-i-istoricheskaia?ysclid=16d9rebws9167381293> (дата обращения: 02.07.2025).
2. 12 методов в картинках: полимеразная цепная реакция / А. Панов, О. Пташник // Биомолекула : [сайт]. - 2007-2022. - URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-polimeraznaia-tsepnaia-reaktsiia> (дата обращения: 02.07.2025).
3. 12 методов в картинках: секвенирование нуклеиновых кислот / А. Недолужко, О. Пташник // Биомолекула: [сайт]. - 2007-2025. - URL: <https://biomolecula.ru/articles/metody-v-kartinkakh-sekvenirovanie-nukleinovykh-kislot> (дата обращения: 02.07.2025).
4. Биоинформатика и геномика: 10 лекций биоинформатика Михаила Гельфанда о технологиях анализа молекулярно-биологических данных // ПостНаука : [сайт]. - 2012-2025. - URL: <https://postnauka.org/courses/42433> (дата обращения: 02.07.2025).
5. Биология клетки : 10 лекций биолога Евгения Шеваля об устройстве и функционировании самой элементарной живой системы // ПостНаука : [сайт]. - 2012-2025. - URL: <https://postnauka.org/courses/17529> (дата обращения: 02.07.2025).
6. Вариации ПЦР : [видеоурок] // Stepik : [сайт]. - 2013-2025. - URL: <https://stepik.org/lesson/13696/stepZ7> (дата обращения: 02.07.2025).
7. Гены и стволовые клетки : 6 лекций биолога Сергея Киселева о современных исследованиях в области клеточных технологий // ПостНаука : [сайт]. - 2012-2025. - URL: <https://postnauka.org/courses/50118> (дата обращения: 03.07.2025).
8. Мануйлов, А. В. Основы химии. Интернет-учебник / А. В. Мануйлов, В. И. Родионов // Новосибирский государственный университет: [сайт]. - 2025. - URL: <http://www.hemi.nsu.ru/index.htm> (дата обращения: 02.07.2025).
9. Северинов, К. Редактирование генома с CRISPR/Cas9 / К. Северинов // ПостНаука : [сайт]. - 2012-2025. - URL: <https://postnauka.org/faq/59807> (дата обращения: 03.07.2025).
10. Структура и функции ДНК : 10 лекций биофизика Максима Франк-Каменецкого об особенностях и фундаментальных аспектах дезоксирибонуклеиновой кислоты // ПостНаука : [сайт]. - 2012-2025. - URL: <https://postnauka.org/courses/43955> (дата обращения: 03.07.2025).
11. Технология управления свойствами биологических объектов: методы биоинформатики и молекулярной биологии // VK Видео: социальная сеть. -

2021-2025. - URL: [https://vkvideo.ru/playlist/-205185234\\_21](https://vkvideo.ru/playlist/-205185234_21) (дата обращения: 02.07.2025).

12. Юшкова, А. Генетика / А. Юшкова // Лекториум [сайт]. - 2012-2025. - URL: <https://www.lektorium.tv/genetics> (дата обращения: 03.07.2025)