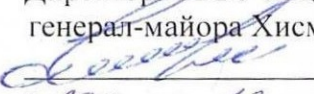


**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ЛИЦЕЙ ИМЕНИ ГЕНЕРАЛ-МАЙОРА  
ХИСМАТУЛИНА ВАСИЛИЯ ИВАНОВИЧА**

РАССМОТРЕНА  
на заседании педагогического совета  
от « 07 » 12 20 24 г.  
Протокол № 7

УТВЕРЖДАЮ  
Директор МБОУ лицея имени  
генерал-майора Хисматулина В.И.  
 С.В. Фисун  
« 20 » 12 20 24 г.  
Приказ № 1X-12-273/4

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ  
(ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ) ПРОГРАММА  
естественнонаучной направленности  
«Геномное редактирование»**

Срок реализации: 5 месяцев  
Возраст обучающихся: 14-17 лет  
Автор-составитель программы:  
Некрасова Н. А., педагог  
дополнительного образования

г. Сургут, 2024

## **АННОТАЦИЯ**

Дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа естественнонаучной направленности «Геномное редактирование» (далее – программа) направлена на формирование у обучающихся естественно-научного мировоззрения, изучения старшеклассниками основ синтетической биологии, химии, одним из инструментов которой является технология геномного редактирования.

*Возраст обучающихся:* 14-17 лет.

*Объем программы в часах:* 38 часов, 2 час в неделю

*Срок обучения:* 5 месяцев.

**ПАСПОРТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ  
(ОБЩЕРАЗВИВАЮЩЕЙ) ПРОГРАММЫ**

Название программы	Геномное редактирование
Направленность программы	естественнонаучная
Уровень программы	базовый
ФИО автора (составителя) программы	Некрасова Наталья Алексеевна
Год разработки или модификации	2024
Где, когда и кем утверждена программа	Педагогическим советом - протокол № 7 от «07» декабря 2024 г., приказом директора МБОУ лицея имени генерал-майора Хисматулина В.И. от «20» декабря 2024 г. № ЛХ-13- 873/4
Информация о наличии рецензии/ экспертного заключения	отсутствует
Цель программы	создание условий для развития учащихся с повышенными познавательными потребностями в области естественных наук
Задачи программы	<p><b>Обучающие:</b> сформировать объем теоретических знаний по биологии, химии и информатике, 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 – создать условия для развития умений применять теоретические знания в области геномного редактирования для решения практических задач</p> <p><b>Развивающие:</b> – создать условия для развития логического мышления – создать условия для развития памяти, наблюдательности и внимания – создать условия для развития умений анализировать, сопоставлять, сравнивать, обобщать познавательные объекты, делать выводы – создать условия для развития умений самостоятельно осуществлять поиск информации – содействовать развитию самостоятельной познавательной деятельности</p> <p><b>Воспитательные:</b> – содействовать повышению уровня мотивации к обучению – способствовать развитию умения отстаивать свою точку зрения.</p>
Планируемые результаты освоения программы	<b>Личностные:</b> <i>Учащийся будет демонстрировать в деятельности:</i>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>– самостоятельность суждений, независимость и нестандартность мышления;</li> <li>– готовность к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию;</li> <li>– критическое отношение к информации и избирательность её восприятия.</li> </ul> <p><b>Метапредметные</b>  <i>Учащийся будет демонстрировать в деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– умение находить биологическую информацию в разных источниках, анализировать и оценивать информацию;</li> <li>– умение устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение (индуктивное, дедуктивное и по аналогии) и делать выводы;</li> <li>– умение самостоятельно адекватно оценивать правильность выполнения задания и вносить необходимые коррективы;</li> <li>– готовность осознавать свое продвижение в овладении знаниями и умениями.</li> </ul> <p><b>Предметные:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– знать теоретические аспекты и фундаментальные законы биологии, химии и информатики;</li> <li>– знать инструментарий биоинформационного анализа;</li> <li>– знать основные молекулярно-генетические процессы: репликация и репарация ДНК, трансляция и транскрипция;</li> <li>– знать методы исследования нуклеиновых кислот и их выделения;</li> <li>– знать метод полимеразной цепной реакции: его механизмы и этапы;</li> <li>– знать основы электрофоретической детекции нуклеиновых кислот и белков;</li> <li>– уметь планировать и проводить биологические эксперименты, работать с биологическими объектами и их компонентами;</li> <li>– уметь организовывать теоретическую, практическую и исследовательскую деятельность;</li> <li>– владеть навыками практического применения метода ПЦР;</li> <li>– владеть навыками практического применения метода электрофореза;</li> <li>– владеть навыками практического применения метода геномного редактирования.</li> </ul>
Срок реализации программы	5 месяцев
Количество часов в неделю/год	2/38
Возраст обучающихся	14-17 лет
Формы занятий	очная, групповая, практическое занятие
Методическое обеспечение	Объяснительно-иллюстративный, репродуктивный метод обучения. Педагогические технологии: технология личностного

	<p>ориентирования, игровые технологии, технология коллективного творчества</p> <p>Образовательные технологии: технология проектного обучения.</p>
<p>Условия реализации программы (оборудование, инвентарь, специальные помещения, ИКТ и др.)</p>	<p>1. Кабинет для проведения групповых и индивидуальных занятий.</p> <p>2. Шкафы и полки; выставочные витрины для расположения учебной и научной литературы, наглядных пособий, демонстрационного материала, творческих работ учащихся.</p> <p>3. Компьютер, проектор, лабораторная посуда.</p> <p>4. Цифровой микроскоп</p>

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

### **Введение**

Дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа естественнонаучной направленности «Геномное редактирование» направлена на знакомство обучающихся с профессиями в области современной биологии и медицины.

### **Нормативно-правовое обеспечение программы:**

Программа разработана в соответствии со следующими нормативными правовыми документами:

1. [Федеральный Закон Российской Федерации от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»](#) (с изменениями).
2. [Распоряжение Правительства Российской Федерации от 31.03.2022 № 678-р «Об утверждении Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года»](#).
3. [Приказ Министерства просвещения РФ от 27.07.2022 № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам»](#).
4. [Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.09.2020 № 28 «Об утверждении санитарных правил СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»](#).

А также другими Федеральными законами, иными нормативными правовыми актами РФ, законами и иными нормативными правовыми актами субъекта РФ (Ханты-Мансийского автономного округа – Югры), содержащими нормы, регулирующие отношения в сфере дополнительного образования детей, нормативными и уставными документами МБОУ лица имени генерал-майора Хисматулина В.И.

Реализация дополнительной общеобразовательной (общеразвивающей) программы осуществляется за пределами Федеральных государственных образовательных стандартов и не предусматривает подготовку обучающихся к прохождению государственной итоговой аттестации по образовательным программам.

**Актуальность программы** обусловлена тем, что на сегодняшний день существенным фактором, препятствующим развитию инновационных отраслей в области биомедицины, биотехнологии, нанотехнологии, является острый недостаток специалистов, способных квалифицированно подходить к организации проектной работы в промышленности и научно-исследовательской деятельности. Программа направлена на знакомство обучающихся 8-11 классов с профессиями будущего в области современной биологии и медицины и задачами, которые исследователи решают в современных научных лабораториях.

**Новизна программы**, в том, что обучение осуществляется в ходе решения комплексных междисциплинарных задач на стыке ключевых естественных наук: биологии, химии и с применением современных биоинженерных и биоинформатических подходов.

**Направленность:** естественнонаучная.

**Уровень освоения программы:** базовый

**Отличительные особенности программы** заключаются в том, что занятия в рамках программы ориентированы на профильное самоопределение обучающихся, выстраивание их индивидуальных траекторий личностного развития и предусматривают участие обучающихся в исследовательской, творческо-продуктивной и поисковой деятельности.

**Адресат программы:** программа предназначена для обучающихся в возрасте 14 – 17 лет, проявляющих интерес к дисциплинам естественно-научного профиля, биологии, медицине, физике и химии, нацеленные на развитие навыка работы в молекулярно-биологической лаборатории, постижение новых знаний и опыта.

**Количество обучающихся в группе:** 20 человек.

**Срок освоения программы:** 5 месяцев.

**Объем программы:** 38 часов.

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

**Форма обучения:** очная.

**Цель программы:** создание условий для развития учащихся с повышенными познавательными потребностями в области естественных наук.

**Задачи программы:**

**Обучающие:**

- сформировать объем теоретических знаний по биологии, химии и информатике,
- 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;
- создать условия для развития умений применять теоретические знания в области геномного редактирования для решения практических задач

**Развивающие:**

- создать условия для развития логического мышления
- создать условия для развития памяти, наблюдательности и внимания
- создать условия для развития умений анализировать, сопоставлять, сравнивать, обобщать познавательные объекты, делать выводы
- создать условия для развития умений самостоятельно осуществлять поиск информации
- содействовать развитию самостоятельной познавательной деятельности

**Воспитательные:**

- содействовать повышению уровня мотивации к обучению
- способствовать развитию умения отстаивать свою точку зрения.

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

### Учебный план

№ п/п	Название раздела, тема	Количество часов			Формы аттестации / контроля
		Всего	Теория	Практика	
1.	Вводное занятие	1	1	0	Опрос
2.	Основные понятия и законы химии	7	2	5	Выполнение практических работ
3.	Общая биология и микробиология	7	2	5	Выполнение практических работ
4.	Генетика	9	3	6	Выполнение практических работ
5.	Строение нуклеиновых кислот и белков	9	3	6	Выполнение практических работ
6.	Основы генетического редактирования	5	1	4	Выполнение практических работ
	Итого	<b>38</b>	<b>13</b>	<b>25</b>	

### Содержание учебного плана

#### Раздел 1. Вводное занятие (1 ч.)

**Теория:** Вводная беседа и организационные вопросы. Правила охраны труда и техники безопасности на занятиях. Ознакомление с особенностями программы.

**Практика:** Знакомство с классом. Организация рабочего места.

#### Раздел 2. Основные понятия и законы химии (7 ч.)

**Теория:** 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)).

**Практика:** Уравнения реакций в неорганической химии. Растворы. Свойства растворов

### **Раздел 3. Общая биология и микробиология (7 ч.)**

**Теория:** Вирусы. Бактериофаги. Микроорганизмы прокариотические и эукариотические. Характеристика и таксономия бактерий. Бактерии, применяемые в биотехнологии. Грибы, строение и размножение грибов. Виды грибов, применяемые в биотехнологии. Дрожжи, применяемые в биотехнологии.

**Практика:** Решение задач (выполнение практических работ)

### **Раздел 4. Генетика (9 ч.)**

**Теория:** 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

**Практика:** Решение задач (выполнение практических работ)

### **Раздел 5. Структура нуклеиновых кислот и белков (9 ч.)**

**Теория.** Методы клеточной биологии. Эндонуклеазы рестрикции, клонирование ДНК в плазидах. Фракционирование нуклеиновых кислот. Электрофорез. ПЦР. Разные типы использования ПЦР. Секвенирование нуклеиновых кислот.

**Практика:** Решение задач (выполнение практических работ)

### **Раздел 6. Основы генетического редактирования (5 ч.)**

**Теория.** 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.

**Практика:** Решение задач (выполнение практических работ)

## **Планируемые результаты освоения программы**

### **Личностные:**

*Учащийся будет демонстрировать в деятельности:*

- самостоятельность суждений, независимость и нестандартность мышления;
- готовность к саморазвитию и самообразованию на основе мотивации к обучению и познанию;
- критическое отношение к информации и избирательность её восприятия.

### **Метапредметные**

*Учащийся будет демонстрировать в деятельности:*

- умение находить биологическую информацию в разных источниках, анализировать и оценивать информацию;
- умение устанавливать причинно-следственные связи, строить логическое рассуждение, умозаключение (индуктивное, дедуктивное и по аналогии) и делать выводы;
- умение самостоятельно адекватно оценивать правильность выполнения задания и вносить необходимые коррективы;
- готовность осознавать свое продвижение в овладении знаниями и умениями.

### **Предметные:**

- знать теоретические аспекты и фундаментальные законы биологии, химии и информатики;



- знать инструментарий биоинформационного анализа;
- знать основные молекулярно-генетические процессы: репликация и репарация ДНК, трансляция и транскрипция;
- знать методы исследования нуклеиновых кислот и их выделения;
- знать метод полимеразной цепной реакции: его механизмы и этапы;
- знать основы электрофоретической детекции нуклеиновых кислот и белков;
- уметь планировать и проводить биологические эксперименты, работать с биологическими объектами и их компонентами;
- уметь организовывать теоретическую, практическую и исследовательскую деятельность;
- владеть навыками практического применения метода ПЦР;
- владеть навыками практического применения метода электрофореза;
- владеть навыками практического применения метода геномного редактирования.

### Календарный учебный график

Количество учебных недель: 19

Количество учебных дней: 38

Сроки учебных периодов: 08.01.2025-31.05.2025

№ п/п	Месяц	Число	Время проведения занятия	Форма занятия	Кол-во часов	Тема занятия	Место проведения	Форма контроля
1	январь			Комбинированная	1	Вводное занятие. Презентация программы. Техника безопасности на занятиях.	Каб.313	Опрос
2-3	январь			Лекция	2	Основные понятия и законы химии	Каб.313	Опрос, наблюдение
4-6	январь			Практическая работа	3	Уравнения реакций в неорганической химии	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ
7-8	январь			Практическая работа	2	Растворы. Свойства растворов	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ
9-10	февраль			Лекция	2	Общая биология и микробиология	Каб.313	Опрос, наблюдение
11-12	февраль			Практическая работа	2	Вирусы. Бактериофаги. Микроорганизмы прокариотические и эукариотические.	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ
13-14	февраль			Практическая работа	2	Бактерии, применяемые в биотехнологии	Каб.313	Наблюдение, выполнение

								практических работ
15	февраль			Практическая работа	1	Дрожжи, применяемые в биотехнологии	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ
16	февраль			Лекция	1	Основы генетики	Каб.313	Опрос, наблюдение
17-18	март			Лекция	2	Взаимодействие генов	Каб.313	Опрос, наблюдение
19-24	март			Практическая работа	6	Решение задач	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ
25-27	апрель			Лекция	3	Методы клеточной биологии.	Каб.313	Опрос, наблюдение
28-33	апрель, май			Практическая работа	6	Решение задач	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ
34	май			Лекция	1	Основы генетического редактирования	Каб.313	Опрос, наблюдение
35-38	май			Практическая работа	4	Решение задач	Каб.313	Наблюдение, выполнение практических работ

## **Условия реализации программы**

### **Методическое обеспечение программы**

Объяснительно-иллюстративный метод обучения - учащиеся получают знания в ходе беседы, объяснения, дискуссии, из учебной или методической литературы, через экранное пособие. Репродуктивный метод обучения - деятельность учащихся носит алгоритмический характер, работа выполняется по инструкциям, предписаниям, правилам в аналогичных, сходных с показанным образцом ситуациях.

Педагогические технологии программы обеспечивают реализацию образовательного процесса. На занятиях применяются: технология личностного ориентирования, игровые технологии, технология коллективного творчества

Образовательные технологии: технология проектного обучения.

#### **Формы проведения занятий:**

1. *Беседа.* Используется для развития интереса к предстоящей деятельности; для уточнения, углубления, обобщения и систематизации знаний.

2. *Практическое занятие.* Используется для углубления, расширения и конкретизации теоретических знаний; формирования и закрепления практических умений и навыков; приобретения практического опыта; проверки теоретических знаний.

**Формы организации деятельности учащихся на занятии:** групповая, индивидуальная, индивидуально-групповая.

**Особенности организации образовательного процесса:** во время первой части занятия учащиеся получают теоретические сведения по изучаемой теме, после чего они приступают к выполнению практического задания.

#### **Материально-техническое обеспечение программы**

Помещение, соответствующее санитарно – гигиеническим нормам и технике безопасности;

1. Столы для обучающихся – 10 штук;
2. Стулья – 20 штук;
3. Стол – тумба – 1 штука;
4. Доска – 1 шт.
5. Шкафы для хранения наглядных пособий, инструментов, оборудования.
6. Оборудование генетической лаборатории
7. Микроскоп прямой для лабораторных исследований биологический – 10 шт.
8. Стекла покровные, предметные – по 10 шт.
9. Чашки Петри – 40 шт.
10. Набор готовых микропрепаратов 1 шт.
11. Пинцет – 10 шт.

Программное обеспечение

1. Программа UGENE (<http://ugene.net>).

**Методическое обеспечение дополнительной общеобразовательной программы:** методические указания по выполнению практических работ, методические указания по выполнению учебных исследовательских проектов.

- - дополнительная общеобразовательная (общеразвивающая) программа «Геномное редактирование» естественнонаучной направленности МБОУ Сургутского естественно-научного лица [https://senl-surgut.gosuslugi.ru/netcat\\_files/userfiles/TsDOD/Programmy\\_20242025/nov\\_Tkachenko\\_N.M.Genomnoe\\_redaktirovanie.pdf](https://senl-surgut.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/TsDOD/Programmy_20242025/nov_Tkachenko_N.M.Genomnoe_redaktirovanie.pdf)
- Региональная дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа «Геномное редактирование» (БУ ВО "СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ", СУРГУ)

## Оценочные материалы

### Формы промежуточной аттестации и итогового контроля

**Диагностика эффективности образовательного процесса.** В ходе реализации программы обучающимися выполняются практические работы (решают задачи).

Форма фиксации результатов – решение задач.

Результаты контроля фиксируются в диагностической карте.

Критерии оценки уровней освоения:

Уровни	Показатели
Высокий уровень (80-100%)	Обучающийся полно и правильно отвечает на все вопросы ситуационной задачи, свободно владеет понятиями.
Средний уровень (50-79%)	Обучающийся правильно решает задачу, но отвечает не на все поставленные вопросы, опуская детали, допуская негрубые ошибки; частично владеет системой понятий.
Низкий уровень (менее 50%)	Обучающийся правильно решает отдельные фрагменты задачи, отвечает не на все поставленные вопросы, допуская ошибки; не владеет понятийным аппаратом.

### Сводная таблица результатов обучения по дополнительной общеобразовательной программе «Геномное редактирование»

группа № \_\_\_\_

№ п/п	ФИО обучающегося	Оценка теоретических знаний	Оценка практических умений и навыков	Итоговая оценка
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				
6.				
7.				
8.				
9.				
10.				
11.				
12.				

Средний балл \_\_\_\_\_

### Показатели освоения дополнительной общеобразовательной программы

Уровни освоения программы (в %):

Низкий \_\_\_\_\_

Средний \_\_\_\_\_

Высокий \_\_\_\_\_

## **Список литературы:**

### **Для педагога:**

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: 21.12.2024). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.
2. Молекулярная биология. Практикум.: учебное пособие для вузов/А.С.Коничев[и др.]; под редакцией А.С.Коничева. -2-е изд.- Москва.:Издательство Юрайт, 2021.-169с.
3. Коничев, А.С. Молекулярная биология: учебник для студ. пед. вузов / А.С. Коничев, Г.А. Севастьянова. - 2-е изд., испр.-М.: Издательский центр «Академия», 2005.- 400с.

### **Для обучающихся и родителей (законных представителей):**

1. Глик Б., Пастернак Дж. Молекулярная биотехнология. Принципы и применение / под ред. Н.К. Янковского - М.: Мир, 2002. - 589 с.
2. Джеральд М. Фаллер, Деннис Шилдс . Молекулярная биология клетки – М.: Бином, 2011 – 256 с.
3. Зыкова, Е.В. Химия. Сборник задач и упражнений по химии. 8-9 классы: Учебное пособие / Е.В. Зыкова. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2013. - 216 с.
4. Масахара, Такэмура. Занимательная молекулярная биология. Манга [Текст] / Такэмура Масахаро; Сакура; пер. с яп. Клионского А. Б. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 228 с.
5. Практическая молекулярная генетика для начинающих: 8 – 9-е классы: учебное пособие / под ред. П.М. Бородина и Е.Н. Ворониной – Москва: Просвещение, 2023. – 271 с.

### **Интернет-источники:**

1. Генетика: каталог ресурсов. - Текст: электронный // Лекториум: бесплатный онлайн-курс “Генетика”. - 2009-2022. - URL: <https://www.lectorium.tv/genetics> (дата обращения: 21.12.2024).
2. 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-kartinkakhsekvirovanie-nukleinykh-kislot> (дата обращения: 22.12.2024)
3. 12 методов в картинках: геномная 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-kartinkakhgennaia-inzheneriia-chast-i-istoricheskaia?ysclid=16d9rebws9167381293> (дата обращения: 22.12.2024)
4. 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-polimeraznaiatsepnaiia-reaktsiia> (дата обращения: 22.12.2024)