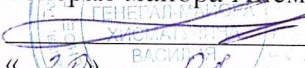


**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ЛИЦЕЙ ИМЕНИ ГЕНЕРАЛ-МАЙОРА
ХИСМАТУЛИНА ВАСИЛИЯ ИВАНОВИЧА**

РАССМОТРЕНА
на заседании педагогического совета
от « 31 » 05 20 25 г.
Протокол № 13

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора МБОУ лицея имени
генерал-майора Хисматулина В.И.
 М.В. Кочетовский
« 30 » 08 20 25 г.
Приказ № 1X-13-1549/15

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

Срок реализации: 9 месяцев
Возраст обучающихся: 14-17 лет
Автор-составитель программы:
Некрасова Н. А., педагог
дополнительного образования

г. Сургут, 2025

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. Программа также готовит учеников к участию в Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование».

Возраст обучающихся: 14-17 лет.

Объем программы в часах: 72 часа, 2 часа в неделю

Срок обучения: 9 месяцев.

ПАСПОРТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ (ОБЩЕРАЗВИВАЮЩЕЙ) ПРОГРАММЫ

Название программы	Геномное редактирование
Направленность программы	естественнонаучная
Уровень программы	продвинутый
ФИО автора (составителя) программы	Некрасова Наталья Алексеевна
Год разработки или модификации	2025
Где, когда и кем утверждена программа	Педагогическим советом - протокол № 13 от «31» мая 2025 г., приказом директора МБОУ лицея имени генерал-майора Хисматулина В.И. от «20» августа 2025 г. № ЛХ-13- 549/5
Информация о наличии рецензии/ экспертного заключения	отсутствует
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 программы	<p>Обучающие:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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; – 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. <p>Развивающие:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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;

	<ul style="list-style-type: none"> – создать условия для развития умений самостоятельно осуществлять поиск информации; – содействовать развитию самостоятельной познавательной деятельности. <p>Воспитательные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – содействовать повышению уровня мотивации к обучению; – способствовать развитию умения отстаивать свою точку зрения.
<p>Планируемые результаты освоения программы</p>	<p>Личностные: <i>Учащийся будет демонстрировать в деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p>Метапредметные <i>Учащийся будет демонстрировать в деятельности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – 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. <p>Предметные:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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

	<p>электрофореза; – владеть навыками практического применения метода геномного редактирования.</p>
Срок реализации программы	9 месяцев
Количество часов в неделю/год	2/72
Возраст обучающихся	14-17 лет
Формы занятий	очная, групповая, практическое занятие
Методическое обеспечение	<p>Объяснительно-иллюстративный, репродуктивный метод обучения.</p> <p>Педагогические технологии: технология личностного ориентирования, игровые технологии, технология коллективного творчества</p> <p>Образовательные технологии: технология проектного обучения.</p>
Условия реализации программы (оборудование, инвентарь, специальные помещения, ИКТ и др.)	<p>Кабинет для проведения групповых и индивидуальных занятий.</p> <p>Шкафы и полки; выставочные витрины для расположения учебной и научной литературы, наглядных пособий, демонстрационного материала, творческих работ учащихся.</p> <p>Компьютер, проектор, лабораторная посуда.</p> <p>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, и подготовку обучающихся к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование».

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. Программа дает возможность учащимся подготовиться к Национальной технологической олимпиаде по профилю «Геномное редактирование». В рамках программы рассматриваются материалы заданий по химии первого отборочного этапа и заданий второго отборочного этапа по профилю Олимпиады. Благодаря Национальной технологической олимпиаде школьники 8–11 классов могут познакомиться с задачами, которые ежедневно решают молекулярные биологи в лаборатории.

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: продвинутый

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 естественнонаучного профиля, биологии, медицине 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: 9 месяцев.

Объем программы: 72 часа.

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

Форма обучения: очная.

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 программы:

Обучающие:

- 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;
- 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.

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.	Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой	1	1	0	Регистрация на сайте НТО https://ntcontest.ru/
2.	Основные понятия и законы химии	10	2	8	Решение олимпиадных заданий НТО

3.	Царство растений	12	4	8	Решение олимпиадных заданий НТО
4.	Царство животных	12	4	8	Решение олимпиадных заданий НТО
5.	Общая биология и микробиология	7	2	5	Решение олимпиадных заданий НТО
6.	Генетика	14	6	8	Решение олимпиадных заданий НТО
7.	Методы исследования нуклеиновых кислот	16	4	12	Решение олимпиадных заданий НТО
	Итого	72	23	49	

Содержание учебного плана

Раздел 1. Урок НТО. Знакомство с Национальной технологической олимпиадой (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 (10 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)). Уравнения реакций в неорганической химии. Растворы. Свойства растворов

Практика: Решение олимпиадных заданий НТО

Раздел 3. Царство растений (12 ч.)

Теория: Анатомия растений. Морфология растений. Основы физиологии растений (фотосинтез). Жизненные циклы высших растений. Систематика высших растений.

Практика: Решение олимпиадных заданий НТО

Раздел 4. Царство животных (12 ч.)

Теория: Общая характеристика Царства Животные. Простейшие. Беспозвоночные животные. Таксоны позвоночных животных.

Практика: Решение олимпиадных заданий НТО

Раздел 5. 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 олимпиадных заданий НТО

Раздел 6. Генетика (14 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. Основные молекулярно-генетические процессы.. Строение нуклеиновых кислот (ДНК, РНК).

Практика: Решение олимпиадных заданий НТО

Раздел 7. Методы исследования нуклеиновых кислот (16 ч.)

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

использования ПЦР. Секвенирование нуклеиновых кислот. Основы генетического редактирования.

Практика: Решение олимпиадных заданий НТО

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

Реализация дополнительной общеобразовательной (общеразвивающей) программы «Геномное редактирование»							
1 полугодие			2 полугодие			Итого	
Период	Кол-во недель	Кол-во часов	Период	Кол-во недель	Кол-во часов	Кол-во недель	Кол-во часов
02.09.2025 по 30.12.2025	17	34	11.01.2026-31.05.2026	19	38	36	72
Сроки организации промежуточного контроля						Формы контроля	
15.12.25-20.12.25			18.05.26- 23.05.25			решение олимпиадных заданий; результативность участия в этапах олимпиады НТО	

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 теоретически 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.
12. Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепаратов "Клетки человека" – 1 шт.
13. Набор реагентов, расходных материалов и методических рекомендаций для изготовления микропрепаратов "Микроскопические организмы" – 1 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 лицея [https://sen1-surgut.gosuslugi.ru/netcat_files/userfiles/TsDOD/Programmy_20242025/nov_Tkachenko_N.M._Genomnoe_redaktirovanie .pdf](https://sen1-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-kartinkakhgennaya-inzheneriya-chast-i-istoricheskaya?ysclid=16d9rebws9167381293](https://biomolecula.ru/articles/12-metodov-v-kartinkakhgennaya-inzheneriya-chast-i-istoricheskaya) (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-polimeraznaiatsepnaya-reaktsiya> (дата обращения: 22.12.2024)