

ПРИМЕРНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОГО КУРСА  
**«ПРАКТИЧЕСКАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА ДЛЯ  
НАЧИНАЮЩИХ. 8—9 КЛАССЫ».**  
ПРЕДМЕТНАЯ ОБЛАСТЬ «ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНЫЕ ПРЕДМЕТЫ»  
ДЛЯ 5—9 КЛАССОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ,  
РЕАЛИЗУЮЩИХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ ОСНОВНОГО  
ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

2021

## Содержание

Пояснительная записка .....	3
Общая характеристика учебного курса .....	4
Место учебного курса в учебном плане .....	5
Личностные, метапредметные и предметные результаты освоения курса	6
Содержание учебного курса .....	9
Приметное тематическое планирование .....	16
Материально-техническое обеспечение курса .....	26
Планируемые результаты изучения курса .....	28
Рекомендации по системе оценки достижения планируемых результатов освоения Программы .....	31
Список рекомендуемой литературы .....	34

## **Пояснительная записка**

Программа курса направлена на удовлетворение индивидуальных запросов учащихся, создание условий для раскрытия у них исследовательских и практических способностей в области генетики, развитие умений самостоятельно планировать, организовывать и реализовывать свою деятельность в сотрудничестве с учителем и сверстниками.

Примерная образовательная программа предназначена для организации образовательной деятельности обучающихся в 8—9 классах.

Сквозной целевой установкой программы является формирование нравственных, гуманистических идеалов обучающихся, как основы целостного мировоззрения, соответствующего современному уровню развития науки и общественной практики. Программа направлена на формирование интеллектуальных и практических умений в области генетики, формирование естественно-научной грамотности.

Освоение программы предполагает обучение школьников методам исследования в области генетики, умению использовать понятийный аппарат и символический язык генетики, применение научных терминов, понятий, теорий, законов для объяснения наблюдаемых биологических явлений и процессов, позволяющих заложить фундамент научного мировоззрения.

Содержание образовательной программы учитывает требования к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования, представленных в Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования; наполнение фундаментального ядра содержания общего образования; программу развития и формирования универсальных учебных действий.

Образовательная программа рассчитана на 2 года обучения.

Курс направлен на развитие у школьников интереса к генетике, выработку генетической грамотности, знакомство с профессиями, связанными

с генетикой. В курсе проводится знакомство школьников с новейшими концепциями реализации наследственной информации в живых организмах, а также применением этих знаний в повседневной жизни. Материал курса содержит образные примеры, ролевые игры и практические задания, для формирования понятийного аппарата в области генетики и молекулярной биологии.

**Цели курса:** Создание условий для формирования и развития у учащихся интеллектуальных и практических умений в области генетики, формирование генетической грамотности у будущего поколения.

**Задачи курса:**

- реализация требований Стандарта к результатам освоения основной образовательной программы основного общего образования;
- развитие интереса к генетике как научной дисциплине;
- формирование понимания единства генетических закономерностей для всех живых организмов;
- актуализация значимости изучения генетики на современном этапе развития медицины, биологии, экологии;
- развитие умений, связанных с выполнением лабораторных и практических работ, в том числе с использованием оборудования;
- формирование умения работать со статистическими материалами;
- профессиональная ориентация школьников;
- развитие логического мышления обучающихся и их творческих способностей.

**Общая характеристика курса**

Одним из приоритетных направлений современной биологии является генетика. Велико её как теоретическое, так и прикладное значение. Всё чаще мы сталкиваемся в жизни с ПЦР-тестированием, генетическим тестированием, векторными вакцинами, генетически модифицированными организмами и т. д. Поэтому весьма актуальным является как можно более раннее знакомство с

этим разделом в рамках основной школы. Это необходимо для формирования естественно-научного и гуманистического мировоззрения.

Особенность этого курса заключается в том, что он содержит большое количество практических заданий и ролевых игр, которые призваны наглядно продемонстрировать законы и методы генетики, статистики и молекулярной биологии.

**Виды деятельности.** Предлагаемая в программе организация занятий, помимо знакомства с теоретическим материалом, предполагает проведение экспериментов (кратковременных и длительных), наблюдений, лабораторно-практических, проектных работ. Теоретические и практические занятия предлагается проводить как в условиях школьного кабинета, так и в лаборатории (если таковая имеется в школе).

Учебный процесс при изучении учебного курса строится с учётом следующих методов обучения:

- информационно-коммуникационная технология (овладение методами поиска информации в сети интернет);
- технология развития критического мышления (решение проблемных задач, дискуссии, обоснование своей точки зрения, умение находить несоответствия, рефлексии);
- проектная технология (самостоятельный поиск информации, создание проекта);
- проблемный (постановка проблемных вопросов и создание проблемных ситуаций на уроке);
- игровые технологии (ролевые игры).

### **Место учебного курса в учебном плане**

Данный учебный курс предназначен для учащихся 8—9 классов общеобразовательных организаций, в том числе имеющих классы естественно-научного направления. Программа рассчитана на 2 года обучения

и включает в себя 68 учебных часов, по 34 часа в год из расчёта 1 час в неделю. Учебный курс «Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8—9 классы» неразрывно связан и влияет на качество усвоения других школьных предметов: в нём ученик встречается с расчётами вероятностей, статистической обработкой экспериментальных данных, физическими основами функционирования приборов и методов.

### **Личностные, метапредметные и предметные результаты освоения курса**

#### *Личностные результаты:*

- реализация этических установок по отношению к биологическим открытиям, исследованиям и их результатам;
- реализация установок здорового образа жизни;
- сформированность познавательных интересов и мотивов, направленных на получение нового знания в области биологии в связи с будущей профессиональной деятельностью или бытовыми проблемами, связанными с сохранением собственного здоровья и экологической безопасности;
- сформированность интеллектуальных умений (доказывать, строить рассуждения, анализировать, сравнивать, делать выводы и др.).

#### *Метапредметные результаты:*

- овладение составляющими исследовательской и проектной деятельности, включая умения видеть проблему, ставить вопросы, выдвигать гипотезы, давать определения понятиям, классифицировать, наблюдать, проводить эксперименты, делать выводы и заключения, структурировать материал, объяснять, доказывать, защищать свои идеи;
- умение работать с разными источниками биологической информации: находить биологическую информацию в различных источниках, анализировать и оценивать информацию, преобразовывать информацию из одной формы в другую;

- умение оценивать правильность выполнения учебной задачи, собственные возможности её решения;
- умение адекватно использовать речевые средства для дискуссии и аргументации своей позиции, сравнивать разные точки зрения;
- умение организовывать учебное сотрудничество и совместную деятельность с учителем и сверстниками; работать индивидуально и в группе: находить общее решение и разрешать конфликты на основе согласования позиций и учёта интересов; формулировать, аргументировать и отстаивать своё мнение;
- формирование и развитие компетентности в области использования информационно-коммуникационных технологий (далее ИКТ— компетенции).

*Предметными результатами по учебному курсу являются:*

В познавательной (интеллектуальной) сфере:

- чёткие представления о материалистической сущности геномов живых организмов и регуляцию их работы;
- понимание молекулярных механизмов реализации наследственной информации и умение свободно оперировать основными понятиями молекулярной биологии и её современных направлений — геномики, метагеномики, протеомики;
- знание основных генетических заболеваний, способах их диагностики;
- формирование умения использовать понятийный аппарат и символический язык генетики, грамотное применение научных терминов, понятий, теорий, законов для объяснения наблюдаемых биологических объектов, явлений и процессов, позволяющих заложить фундамент научного мировоззрения;
- приобретение опыта использования методов биологической науки с целью изучения биологических объектов, явлений и процессов: наблюдение, описание, проведение несложных биологических опытов и экспериментов, в

том числе с использованием аналоговых и цифровых биологических приборов, и инструментов;

- формирование умения интегрировать биологические знания со знаниями из других учебных предметов (физики, химии, географии, истории, обществознания и т. д.);

- формирование умений решать учебные задачи биологического содержания, выявлять причинно-следственные связи, проводить качественные и количественные расчёты, делать выводы на основании полученных результатов;

- формирование умения планировать учебное исследование или проектную работу с учётом поставленной цели: формулировать проблему, гипотезу и ставить задачи исследования, адекватно выбирать методы для поставленной цели, делать выводы по результатам исследования или проектной деятельности;

- формирование интереса к углублению биологических знаний (предпрофильная подготовка и профессиональная ориентация) и выбору биологии как профильного предмета на ступени среднего полного образования для будущей профессиональной деятельности, в области биологии, медицины, экологии, психологии, ветеринарии, сельского хозяйства.

#### В ценностно-ориентационной сфере:

- знать, что применение современных технологий молекулярной биологии позволяет успешно решать такие проблемы, как охрана окружающей среды, сохранение здоровья человека, контроль и восстановление экосистем.



## **Содержание учебного курса**

Программа курса — примерная, она может корректироваться в зависимости от материальной базы школы и интересов учащихся.

### **Введение**

#### **Модуль 1. Из чего сделаны гены**

Строение ДНК и РНК. Водородные связи. Комплементарность. Репликация. Транскрипция.

Аминокислоты, структура белков. Ферменты. Генетический код. Трансляция. Практические задания «Пространственная структура РНК» и «Трёхмерные модели белков». Модель «Трансляция».

Изменения нуклеотидной последовательности. Варианты последствий для структуры белка. Мутации сдвига рамки считывания. Причины возникновения мутаций. Репарация ДНК.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Качественные реакции на белки».
2. «Выделение ДНК из банана».

#### **Модуль 2. Устройство и работа генов**

Домен Археи и домен Эубактерии. Геном прокариот. Гены домашнего хозяйства. Опероны, промоторы, терминаторы. Горизонтальный перенос генов.

Структура. Хромосомы и кариотип. Пloidность. Интроны и экзоны. Не кодирующие последовательности.

Транскрипционные факторы — белки-активаторы и белки-репрессоры. Гистоны. Альтернативный сплайсинг. МикроРНК.

Строение вирусов. Проникновение в клетку. Размножение вирусов. Происхождение вирусов. Роль вирусов в эволюции. Проект «Модели вирусов».

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Выращивание культуры бактерий и микроскопический анализ».
2. «Электрофорез».

### **Модуль 3. Методы молекулярной генетики**

ПЦР. Шаги, необходимые для копирования ДНК в пробирке. Роль затравок. Ошибки ДНК-полимеразы. Откуда учёные берут ДНК-полимеразу для ПЦР. Приложения ПЦР.

Секвенирование. Нуклеотиды-терминаторы. Автоматический капиллярный секвенатор. Как прочитать полный геном. Секвенирование нового поколения. Секвенирование в нанопорах. Какую информацию можно получить их «прочитанных» геномов.

Генная инженерия. Рестриктазы. Лигирование. Участки эукариотических генов, которые необходимы для успешного клонирования.

Трансгенные животные. Сборка искусственного гена. Встройка гена в геном. Производство белков в молоке животных. Выбор признака для создания трансгенного животного.

Геномное редактирование. CRISPR/Cas9 – робот, который вносит разрывы в геном. Схема работы системы CRISPR/Cas9. Происхождение CRISPR/Cas9. Ролевая игра «Как работает CRISPR/Cas9». Создание геномных модификаций с помощью системы CRISPR/Cas9.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Конструирование праймеров».
2. «Определение инфекционного агента».
3. «Анализ наличия гена в плазмиде».
4. «Конструирование направляющей РНК для системы CRISPR/Cas9».
5. «Чувствительность к пропилтиоурацилу».

#### **Модуль 4. От генов к признакам**

Простые признаки. Что такое признак? Путь от гена до признака. Мутации. Аллели. Гетерозиготы и гомозиготы. Доминантные и рецессивные аллели. Плейотропия. Эпистаз. Практическое задание «Откуда берутся признаки».

Сложные признаки. Включение и выключение большого набора генов. Как клетки понимают, какие гены должны работать.

Практическое задание «Алгоритмы для клеток». Гены-переключатели.

Митоз. Клеточный цикл. Изменение хромосомы при подготовке к делению. Веретено деления. Этапы митоза.

Мейоз. Гомологичные хромосомы. Конъюгация, биваленты. Обмен похожими участками хромосом — кроссинговер. Расхождение хромосом в первом делении мейоза.

Бесполое и половое размножение. Зачем нужна рекомбинация – гипотезы. Практическое задание «Половое и бесполое размножение».

#### **Практикум. Лабораторные работы:**

1. «Создаём мультфильм про клеточное деление».
2. «Определение стадии митоза».
3. «Мейоз в пыльниках».

## **Модуль 5. Законы Менделя**

Схема скрещивания. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления признака во втором поколении. Практическое задание «Единообразии первого поколения». Практическое задание «Расщепление во втором поколении».

Дигибридное скрещивание. Независимое расхождение хромосом. Практическое задание «Решётка Пеннета». Сцепленное наследование.

Половые хромосомы. Самцы и самки. Влияние факторов окружающей среды. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Практическое задание «Наследование, сцепленное с полом». Проблема дополнительной X-хромосомы у женщин. Трёхцветные кошки.

**Практикум.** Лабораторные работы:

«Группы крови и их приключения».

## **Модуль 6. Гены в популяциях**

Популяция. Частоты встречаемости признака и аллеля. Уравнение Харди-Вайнберга. Практическое задание «Частоты аллелей, генотипов и фенотипов».

Факторы, которые выводят популяцию из равновесия Харди-Вайнберга. Численность популяции. Эффект основателя. Эффект бутылочного горлышка. Дрейф генов. Мутации. Неслучайное скрещивание. Изоляция.

Механизм действия естественного отбора. Движущий отбор.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Модели отбора».
2. «Частоты аллеля чёрной окраски в локальной популяции кошек».

## **Модуль 7. Генетика количественных признаков**

Коэффициент наследуемости признака. Средовая изменчивость признака. Полигенная аддитивная модель наследования. Суммирование ошибок. Пороговая модель наследования.

Картирование аллелей на хромосоме. Однонуклеотидные варианты генов.

Конкордантность, коэффициент наследуемости. Полногеномный анализ ассоциаций. Профили генной экспрессии. Эпигенетика. Практическое задание «Расчёт коэффициента наследуемости признака».

Нейромедиаторы. Гены и мутации в них, приводящие к нарушениям поведения. Материнская забота.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Предсказание собственного роста».
2. «Транскрипционная активность».

## **Модуль 8. Генетика открывает исторические тайны**

Метод молекулярных часов. Ортологичные гены. Скорость накопления мутаций. Палеонтология. Датировка эволюционных событий. Практическое задание «Определение темпа замен».

Филогенетическое дерево. Узел, ветвь, корень, клада в филогенетическом дереве. Конвергентная эволюция. Практическое задание «Определение дистанции между таксонами».

Палеогенетика. Остатки древних животных. Реконструкция филогенетически взаимоотношений вымерших и современных животных. Данные о доместикации. Данные о распространении болезней. Проблема загрязнения современной ДНК. Практическое задание «Восстанавливаем филогению по останкам древнего человека».

Генетические маркеры. ДНК-фингерпринтинг. Исторические примеры. Практическое задание «Идентификация останков».

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «В поисках последней общей бабушки».
2. «Поиск пропавшей хромосомы».
3. «ДНК-баркодирование биологических объектов (растений, насекомых) для точного определения видов и поиска видов-двойников».

## **Модуль 9. Генетика раскрывает тайны человека**

Предыстория возникновения человека: ближайшие родственники за пределами отряда Приматов. Филогенетическое дерево Приматов. Основные этапы эволюции человека. Практическое задание «Восстанавливаем эволюцию рода *Homo*». Сравнение геномов человека и шимпанзе.

Гипотеза недавнего африканского происхождения современного человека. Митохондриальная Ева и Y-хромосомный Адам. Практическое задание «Митохондриальная Ева». Практическое задание «Митохондриальный гаплотип». Неандертальцы (*Homo neanderthalensis*). Денисовский человек.

Этногеномика. Серьезные изменения генетического состава европейцев. Родство носителей археологических культур и современных народов. Расы человека — миф или реальность?

**Практикум.** Лабораторная работа

«Расщепление лактозы».

## **Модуль 10. Геномные технологии**

Постгеномная эра. Обратная генетика. «Омиксные» исследования. Протеом, метаболом. Практическое задание «Агрономы».

Доместикация и центры генетического разнообразия. Поиски растений с «хорошими» признаками для человека. Центры генетического разнообразия.

Николай Иванович Вавилов. Селекция. Массовый и индивидуальный отбор. Гетерозис и гибридный отбор. Практическое задание «Гомологические ряды наследственной изменчивости».

Как правильно хранить гены. Коллекции генетических ресурсов растений. Дикие родичи и новая domestикация.

Как получают клоны.. Первые клонированные животные. Репродуктивное и терапевтическое клонирование. Восстановление генов вымерших животных.

Генная терапия. Ребенок-бабочка и новая кожа. Мини-кишечник и Фабиан. Моторные нейроны и сплайсинг.

**Практикум.** Лабораторные работы:

1. «Анализ семян».
2. «Образование симбиотических клубеньков на корнях гороха».
3. «Наблюдения за собакой (дома) и волком (в зоопарке)».

**Генетические центры в нашей стране.** Где занимаются генетикой и геномикой для нужд сельского хозяйства. Где занимаются генетикой и геномикой для здоровья человека. Изучение молекулярных механизмов передачи генетической информации и генных сетей. Генетика вирусов и бактерий.

## Примерное тематическое планирование курса

№ уро ка	Тема урока	Основное содержание	Количество часов
<b>8 класс</b> <b>Введение</b>			<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Введение</b>	Похвальное слово научному методу, или как заниматься наукой с помощью этой книги	1
<b>Модуль 1. Из чего сделаны гены</b>			<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Молекулы жизни</b>	Строение ДНК и РНК. Водородные связи. Комплементарность. Репликация. Транскрипция. Практические задания «ДНК своими руками», «Вкусная модель ДНК»	1
<b>3</b>	<b>Белки и генетический код</b>	Аминокислоты, структура белков. Ферменты. Генетический код. Трансляция. Практические задания «Пространственная структура РНК» и «Трёхмерные модели белков». Модель «Трансляция»	2
<b>4</b>	<b>Ошибки в ДНК — мутации</b>	Изменения нуклеотидной последовательности. Варианты последствий для структуры белка. Мутации сдвига рамки считывания. Причины возникновения мутаций. Репарация ДНК. Задача «Мутант». Модель «Мутации»	1



<b>5</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы: «Качественные реакции на белки». «Выделение ДНК из банана»	<b>2</b>
<b>Модуль 2. Устройство и работа генов</b>			<b>6</b>
<b>6</b>	<b>Мир прокариот</b>	Домен Археи и домен Эубактерии. Геном прокариот. Гены домашнего хозяйства. Опероны, промоторы, терминаторы. Горизонтальный перенос генов. Игра-демонстрация «Оперон». Задача «Узнай, что это за бактерия, по ДНК»	<b>2</b>
<b>7</b>	<b>Устройство генов у эукариот</b>	Структура. Хромосомы и кариотип. Плоидность. Интроны и экзоны. Некодирующие последовательности. Практическое задание «Кариотип».	<b>1</b>
<b>8</b>	<b>Управление генами у эукариот</b>	Транскрипционные факторы — белки-активаторы и белки-репрессоры. Гистоны. Альтернативный сплайсинг. МикроРНК. Задача «Транскриптомный анализ». Задача «Уровень транскрипции гена»	<b>1</b>
<b>9</b>	<b>Вирусы — геномные хулиганы</b>	Строение вирусов. Проникновение в клетку. Размножение вирусов. Происхождение вирусов. Роль вирусов в эволюции. Проект «Модели вирусов». Задача «Правило Чаргаффа для вирусов»	<b>1</b>
<b>10</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы:	<b>1</b>

		«Выращивание культуры бактерий и микроскопический анализ». «Электрофорез»	
<b>Модуль 3. Методы молекулярной генетики</b>			<b>7</b>
<b>11</b>	<b>Размножение ДНК в пробирке: полимеразная цепная реакция</b>	ПЦР. Шаги, необходимые для копирования ДНК в пробирке. Роль затравок. Ошибки ДНК-полимеразы. Откуда учёные берут ДНК-полимеразу для ПЦР. Приложения ПЦР	1
<b>12</b>	<b>Расшифровка ДНК: секвенирование</b>	Секвенирование. Нуклеотиды-терминаторы. Автоматический капиллярный секвенатор. Как прочитать полный геном. Практическое задание «Найди мутацию». Практическое задание «Мутации, приводящие к развитию опухоли». Секвенирование нового поколения. Секвенирование в нанопорах. Какую информацию можно получить из «прочитанных» геномов	1
<b>13</b>	<b>Генная инженерия</b>	Генная инженерия. Рестриктазы. Лигирование. Участки эукариотических генов, которые необходимы для успешного клонирования	1
<b>14</b>	<b>Конструирование организмов:</b>	Трансгенные животные. Сборка искусственного гена. Встройка гена в геном. Производство белков в молоке	1

	<b>трансгенные животные</b>	животных. Выбор признака для создания трансгенного животного. Практическое задание «Реальные ГМО»	
<b>15</b>	<b>Редактирование генов</b>	Геномное редактирование. CRISPR/Cas9 – робот, который вносит разрывы в геном. Схема работы системы CRISPR/Cas9. Происхождение CRISPR/Cas9. Создание геномных модификаций с помощью системы CRISPR/Cas9	<b>1</b>
<b>16</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы: «Конструирование праймеров». «Определение инфекционного агента». «Анализ наличия гена в плазмиде». «Конструирование направляющей РНК для системы CRISPR/Cas9». «Чувствительность к пропилиптоурацилу»	<b>2</b>
<b>Модуль 4. От генов к признакам</b>			<b>6</b>
<b>17</b>	<b>От генов к простым признакам</b>	Простые признаки. Что такое признак? Путь от гена до признака. Мутации. Аллели. Гетерозиготы и гомозиготы. Доминантные и рецессивные аллели. Плейотропия. Эпистаз.	<b>1</b>
<b>18</b>	<b>Гены строят организм</b>	Сложные признаки. Включение и выключение большого набора генов. Как клетки понимают, какие гены должны работать. Гены-переключатели	<b>1</b>

<b>19</b>	<b>Митоз</b>	Митоз. Клеточный цикл. Изменение хромосомы при подготовке к делению. Веретено деления. Этапы митоза. Как покрасить хромосому. Задача «Организм из зиготы»	<b>1</b>
<b>20</b>	<b>Мейоз</b>	Мейоз. Гомологичные хромосомы. Конъюгация, биваленты. Обмен похожими участками хромосом — кроссинговер. Практическое задание «Кроссинговер». Расхождение хромосом в первом делении мейоза	<b>1</b>
<b>21</b>	<b>Рекомбинация</b>	Бесполое и половое размножение. Зачем нужна рекомбинация – гипотезы. Практическое задание «Половое и бесполое размножение»	<b>1</b>
<b>22</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы: «Создаём мультфильм про клеточное деление». «Определение стадии митоза». «Мейоз в пыльниках»	<b>1</b>
<b>Модуль 5. Законы Менделя</b>			<b>4</b>
<b>23</b>	<b>Законы Менделя. Один признак</b>	Схема скрещивания. Закон единообразия гибридов первого поколения. Закон расщепления признака во втором поколении. Практическое задание «Единообразие первого поколения». Практическое задание «Расщепление во втором поколении»	<b>1</b>

<b>24</b>	<b>Законы Менделя. Несколько признаков</b>	Дигибридное скрещивание. Независимое расхождение хромосом. Практическое задание «Решётка Пеннета». Сцепленное наследование	<b>1</b>
<b>25</b>	<b>Определение пола</b>	Половые хромосомы. Самцы и самки. Влияние факторов окружающей среды. Хромосомное определение пола. Половые хромосомы. Практическое задание «Наследование, сцепленное с полом». Проблема дополнительной X-хромосомы у женщин. Трёхцветные кошки	<b>1</b>
<b>26</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторная работа «Группы крови и их приключения»	<b>1</b>
<b>Модуль 6. Гены в популяциях</b>			<b>4</b>
<b>27</b>	<b>Гены в популяциях — великое равновесие</b>	Популяция. Частоты встречаемости признака и аллеля. Уравнение Харди-Вайнберга. Практическое задание «Частоты аллелей, генотипов и фенотипов»	<b>1</b>
<b>28</b>	<b>Популяции: численность, миграция, мутация</b>	Факторы, которые выводят популяцию из равновесия Харди-Вайнберга. Численность популяции. Эффект основателя. Эффект бутылочного горлышка. Дрейф генов. Мутации. Неслучайное скрещивание. Изоляция	<b>1</b>
<b>29</b>	<b>Популяции меняются:</b>	Механизм действия естественного отбора. Движущий отбор.	<b>1</b>

	<b>естественный отбор</b>		
<b>30</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы: «Модели отбора». «Частоты аллеля чёрной окраски в локальной популяции кошек»	<b>1</b>
<b>Итого первый год обучения</b>			<b>34</b>
<b>9 класс</b>			<b>7</b>
<b>Модуль 7. Генетика количественных признаков</b>			
<b>31</b>	<b>Наследование количественных признаков</b>	Коэффициент наследуемости признака. Средовая изменчивость признака. Полигенная аддитивная модель наследования. Суммирование ошибок. Пороговая модель наследования	<b>1</b>
<b>32</b>	<b>Поиск генов количественных признаков</b>	Картирование аллелей на хромосоме. Однонуклеотидные варианты генов	<b>1</b>
<b>33</b>	<b>Генетика поведения</b>	Конкордантность, коэффициент наследуемости. Полногеномный анализ ассоциаций. Профили генной экспрессии. Эпигенетика. Практическое задание «Расчёт коэффициента наследуемости признака»	<b>2</b>
<b>34</b>	<b>От гена к поведению</b>	Нейромедиаторы. Гены и мутации в них, приводящие к нарушениям поведения. Материнская забота	<b>1</b>
<b>35</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы: «Модели отбора».	<b>2</b>

		«Частоты аллеля чёрной окраски в локальной популяции кошек»	
<b>Модуль 8. Генетика открывает исторические тайны</b>			<b>9</b>
<b>36</b>	<b>ДНК как хронометр эволюции</b>	Метод молекулярных часов. Ортологичные гены. Скорость накопления мутаций. Палеонтология. Датировка эволюционных событий. Практическое задание «Определение темпа замен»	2
<b>37</b>	<b>Филогенетические деревья</b>	Филогенетическое дерево. Узел, ветвь, корень, клада в филогенетическом дереве. Конвергентная эволюция. Практическое задание «Определение дистанции между таксонами»	2
<b>38</b>	<b>Генетика на археологических раскопках</b>	Палеогенетика. Остатки древних животных. Реконструкция филогенетически взаимоотношений вымерших и современных животных. Данные о доместикации. Данные о распространении болезней. Проблема загрязнения современной ДНК. Практическое задание «Восстанавливаем филогению по останкам древнего человека»	2
<b>39</b>	<b>Генетическая криминалистика</b>	Генетические маркеры. ДНК-фингерпринтинг. Исторические примеры. Практическое задание «Идентификация останков»	1
<b>40</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы:	2

		«В поисках последней общей бабушки». «Поиск пропавшей хромосомы». «ДНК-баркодирование биологических объектов (растений, насекомых) для точного определения видов и поиска видов-двойников»	
<b>Модуль 9. Генетика раскрывает тайны человека</b>			<b>7</b>
<b>41</b>	<b>Предыстория возникновения человека</b>	Ближайшие родственники за пределами отряда Приматов. Филогенетическое дерево Приматов. Основные этапы эволюции человека. Практическое задание «Восстанавливаем эволюцию рода Номо». Сравнение геномов человека и шимпанзе	2
<b>42</b>	<b>Возникновение и ранняя генетическая история человечества</b>	Гипотеза недавнего африканского происхождения современного человека. Митохондриальная Ева и Y-хромосомный Адам. Практическое задание «Митохондриальная Ева». Практическая работа «Митохондриальный гаплотип». Неандертальцы (Homo neanderthalensis). Денисовский человек	2
<b>43</b>	<b>Самое первое великое переселение народов</b>	Этногеномика. Серьезные изменения генетического состава европейцев. Родство носителей археологических культур и современных народов. Расы человека — миф или реальность?	2



<b>44</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторная работа «Расщепление лактозы»	1
<b>Модуль 10. Геномные технологии</b>			<b>11</b>
<b>45</b>	<b>«Омы» над геномом</b>	Постгеномная эра. Обратная генетика. «Омиксные» исследования. Протеом, метаболом. Практическое задание «Агрономы»	2
<b>46</b>	<b>Доместикация и центры генетического разнообразия</b>	Поиски растений с «хорошими» признаками для человека. Центры генетического разнообразия. Николай Иванович Вавилов. Селекция. Массовый и индивидуальный отбор. Гетерозис и гибридный отбор. Практическое задание «Гомологические ряды наследственной изменчивости»	2
<b>47</b>	<b>Сохранить и изучить гены, чтобы менять будущее</b>	Как правильно хранить гены. Коллекции генетических ресурсов растений. Дикая родичи и новая доместикация	1
<b>48</b>	<b>Клонирование организмов</b>	Как получают клоны. Первые клонированные животные. Репродуктивное и терапевтическое клонирование. Восстановление генов вымерших животных	1
<b>49</b>	<b>Как генетика спасает жизни</b>	Генная терапия. Ребенок-бабочка и новая кожа. Мини-кишечник и Фабиан. Моторные нейроны и сплайсинг	1
<b>50</b>	<b>Практикум</b>	Лабораторные работы:	2

		«Анализ семян». «Образование симбиотических клубеньков на корнях гороха». «Наблюдения за собакой (дома) и волком (в зоопарке)»	
<b>51</b>	<b>Заключение. Добро пожаловать в генетику</b>	Генетические центры в нашей стране. Где занимаются генетикой и геномикой для нужд сельского хозяйства. Где занимаются генетикой и геномикой для здоровья человека. Изучение молекулярных механизмов передачи генетической информации и генных сетей. Генетика вирусов и бактерий	<b>1</b>
<b>46</b>	<b>Обобщающий урок</b>		<b>1</b>
<b>Итого второй год обучения</b>			<b>34</b>

## **Материально-техническое обеспечение курса**

### ***Материалы и оборудование***

*Принадлежности для практических заданий:* развёртки для сборки модели ДНК из бумаги, цветная бумага, принтер, скотч, клей-карандаш, набор шашек, набор пластмассовых шариков с липучками или разноцветных магнитов, наборы кубиков разных цветов, кубики игральные, конверты, карточки с рисунками реакций агглютинации с сыворотками для разных групп крови.

*Приборы:* автоматические дозаторы, штативы, термостат, центрифуга, источник тока, камера для электрофореза, трансиллюминатор (синие или УФ-диоды), ламинар, электропоратор, установка «водяная баня», весы, микроскоп, лупа, нагревательный элемент.

*Оборудование демонстрационное:* персональный компьютер, проектор.

*Оборудование учебное:* пробирки, химические стаканы, ступка и пестик, спиртовка, воронка, фильтровальная бумага, штативы, стеклянные палочки, колбы, чашка фарфоровая, стеклянная палочка с резиновым наконечником, ложечка-дозатор (шпатель), мерный цилиндр (10 мл) или мерная пробирка, универсальная бумага со шкалой значений  $pH$ , фильтровальная бумага, предметные и покровные стекла, препаровальные иглы, пипетки, лопата, совок, рулетка, спиртовка, марля или бинт, блендер, микробиологическая петля, чашки Петри, наконечники для дозаторов, пробирки для ПЦР.

*Реактивы:* пероксид водорода, дистиллированная вода, нитрат серебра, хлорид калия, хромат калия, гидроксид калия, дифениламин, концентрированная серная кислота, уксусная кислота, йод, растительное масло, мыльный раствор, яичный белок, молоко, пробирки, штатив для пробирок, пипетки Пастера, 10%-ный раствор гидроксида натрия, 1%-ный раствор сульфата меди (II), концентрированная азотная кислота, луковица, клубень картофеля, кусочки мяса, банан, этиловый или изопропиловый спирт, мел, трава, йогурт или другая кисломолочная продукция, метиленовый синий, питательная среда для бактерий, агар, антибиотики (например, ампициллин, стрептомицин, тетрациклин), агароза, электрофоретический буфер, ДНК-маркеры, образцы ДНК или набор пищевых красителей, краска для нанесения, аптечный препарат «Колибактерин» (это высушенные клетки бактерий кишечная палочка, которые используют для лечения дисбактериозов у детей, можно использовать другой препарат того же состава), аптечный препарат фага (например, «Секстафаг»), раствор плазмидной ДНК, рестриктазы (2—5 единиц активности фермента) и буфера для рестрикции, плаزمида с геном флуоресцентного белка, ацеткармин (1—2 г кармина растворяют в 100 мл 45%-ной уксусной кислоты (45 мл ледяной уксусной кислоты и 55 мл дистиллированной воды)), прозрачные пакеты шириной 80—100 мм, пластиковые фольгированные пакеты под запайку, маркёр чёрный несмываемый, зёрна ячменя или полбы в количестве 160 шт., семена бобовых, вода, почва, ёмкости для посадки, секундомер.

*Коммерческие наборы для проведения экспериментов (содержат все необходимые реактивы и инструкции к их использованию):* набор для выделения плазмидной ДНК, набор реактивов для проведения ПЦР для выявления инфекционных агентов, набор реагентов для проведения рестрикции, набор для трансформации бактерий, тест-система для выявления ГМО методом ПЦР, набор для определения мутации гена TAS2R38, набор реактивов для выявления делеций AZF-локуса, набор для выделения ДНК из растений, набор реактивов для амплификации Plant ITS region, набор реактивов для выявления мутации в гене LCT методом аллель-специфичной ПЦР (возможно определение другой мутации).

## **Планируемые результаты изучения курса**

### **Предметные результаты**

В результате изучения учебного курса «Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8-9 классы» на уровне основного общего образования:

#### **выпускники научатся:**

- описывать структуру нуклеиновых кислот (ДНК и РНК) и их основные свойства;
- понимать, как устроены гены и какая информация в них зашифрована;
- описывать генетический код и его свойства;
- описывать процессы редупликации ДНК;
- описывать процессы транскрипции и трансляции;
- раскрывать значение редупликации и транскрипции нуклеиновых кислот;
- понимать, как возникают мутации, какие они бывают и к каким изменениям могут привести;
- различать как устроены гены и геномы прокариот и эукариот;
- характеризовать прокариот и эукариот на основе их генотипа;

- описывать процесс биосинтеза белка;
- описывать современные теории возникновения эукариотической клетки путем симбиоза нескольких бактерий;
- различать современные методы, которые используются для изучения строения и функционирования геномов (методы ПЦР и секвенирования по Сэнгеру, новейшие методы NGS и секвенирования на нанопорах);
- работать с базами данных, из которых можно узнать информацию практически о любом гене, белке, мутации или болезни, которое уже описано учеными;
- описывать основные этапы получения трансгенных животных и геномного редактирования с помощью системы CRISPR/Cas9;
- описывать основные процессы, которые происходят с хромосомами при митозе и мейозе
- знать и применять основные правила для решения генетических задач;
- использовать математический аппарат генетики;
- строить филогенетические деревья;
- описывать историю развития человека разумного через призму генетических находок;
- описывать новейшие методы молекулярной генетики (протеом, метаболом, нутригеном, микробиом);
- описывать роль ДНК в расшифровке таких важных знаний, как родство вымерших и современных организмов, маршруты их распространения, взаимодействие друг с другом;
- оценивать роль биологических открытий и современных исследований в развитии науки и в практической деятельности людей;
- оценивать роль генетики в формировании современной научной картины мира;
- прогнозировать перспективы развития молекулярной генетики.

– проводить учебно-исследовательскую деятельность по генетике (выдвигать гипотезы, планировать работу, отбирать и преобразовывать необходимую информацию, проводить эксперименты, интерпретировать результаты, делать выводы на основе полученных результатов);

– выявлять и обосновывать существенные особенности разных уровней организации жизни;

– представлять генетическую информацию в виде текста, таблицы, схемы, графика, диаграммы и делать выводы на основании представленных данных; преобразовывать график, таблицу, диаграмму, схему в текст генетического содержания.

**выпускники получают возможность научиться:**

– организовывать и проводить индивидуальную исследовательскую деятельность по генетике (или разрабатывать проект): выдвигать гипотезы, планировать работу, отбирать и преобразовывать необходимую информацию, проводить эксперименты, интерпретировать результаты, делать выводы на основе полученных результатов, представлять продукт своих исследований;

– прогнозировать последствия собственных исследований с учетом этических норм;

– анализировать и использовать в решении учебных и исследовательских задач информацию о современных исследованиях в генетике;

– ориентироваться в системе познавательных ценностей – воспринимать информацию биологического содержания в научно-популярной литературе, средствах массовой информации и Интернет-ресурсах, критически оценивать полученную информацию, анализируя ее содержание и данные об источнике информации;

– создавать собственные письменные и устные сообщения о биологических явлениях и процессах на основе нескольких источников информации, сопровождать выступление презентацией, учитывая особенности аудитории сверстников.

– использовать приобретенные компетенции в практической деятельности и повседневной жизни для приобретения опыта деятельности, предшествующей профессиональной, в основе которой лежит генетика как учебный курс.

### **Рекомендации по системе оценки достижения планируемых результатов освоения Программы**

Основным объектом системы оценки, ее содержательной и критериальной базой выступают требования ФГОС ООО, которые конкретизированы в итоговых планируемых результатах освоения обучающимися примерной основной образовательной программы основного общего образования.

В соответствии с ФГОС ООО система оценки образовательной организации реализует системно-деятельностный, комплексный и уровневый подходы к оценке образовательных достижений.

Системно-деятельностный подход к оценке образовательных достижений проявляется в оценке способности обучающихся к решению учебно-познавательных и учебно-практических задач. Он обеспечивается содержанием и критериями оценки, в качестве которых выступают планируемые результаты обучения, выраженные в деятельностной форме.

Комплексный подход к оценке образовательных достижений реализуется путем:

– оценки трех групп результатов: личностных, предметных, метапредметных (регулятивных, коммуникативных и познавательных универсальных учебных действий);

– использования комплекса оценочных процедур как основы для оценки динамики индивидуальных образовательных достижений и для итоговой оценки;

– использования разнообразных методов и форм оценки, взаимно дополняющих друг друга (стандартизированные устные и письменные работы, проекты, практические работы, самооценка, наблюдения и др.).

– оценивание способности делать осознанный выбор своей образовательной траектории, в том числе выбор профессии; ценностно-смысловых установках обучающихся, формируемых средствами различных предметов в рамках системы общего образования.

Оценка предметных результатов ведется каждым учителем в ходе процедур текущей, тематической, промежуточной и итоговой оценки, а также администрацией образовательной организации в ходе внутреннего мониторинга учебных достижений.

Уровень подготовки определяется на основании выполнения обучающимися заданий, которые оценивают планируемые результаты из блоков "Выпускники научатся" и «Выпускники получат возможность научиться», для составления заданий используют наиболее значимые программные элементы содержания.

Текущая оценка представляет собой процедуру оценки индивидуального продвижения в освоении учебной программы курса. Текущая оценка может быть формирующей, т.е. поддерживающей и направляющей усилия обучающегося, и диагностической, способствующей выявлению и осознанию учителем и обучающимся существующих проблем в обучении. Объектом текущей оценки являются промежуточные предметные планируемые образовательные результаты. Выбор форм, методов и моделей заданий определяется учителем с использованием учебных материалов курса.

## **Уровни учебных достижений учащихся**

### ***I. Начальный***

Ученик воспроизводит отдельные факты, с помощью учителя или с использованием учебника фрагментарно характеризует отдельные признаки биологических объектов; отвечает на вопросы, требующие односложного



ответа; по инструкции и с помощью учителя фрагментарно выполняет лабораторные и практические работы без надлежащего оформления

### ***II. Средний***

Ученик с помощью учителя или с использованием учебника воспроизводит часть учебного материала, дает определения отдельных биологических понятий, дает неполную характеристику общих признаков биологических процессов и явлений; в ответах может допускать ошибки; приводит примеры, основанные на материале учебника; по инструкции и с помощью учителя выполняет лабораторные и практические работы с их неполным оформлением.

### ***III. Достаточный***

Ученик самостоятельно воспроизводит учебный материал; отвечает на поставленные вопросы, допуская неточности в ответах; сравнивает биологические объекты, явления и процессы живой природы, устанавливает различия между ними; исправляет допущенные ошибки; решает стандартные познавательные задачи; выполняет задания по молекулярной генетике и решает генетические задачи, пользуясь алгоритмом; по инструкции выполняет лабораторные и практические работы, обращаясь за консультацией к учителю, оформляет их, делает неполные и нечетко сформулированные выводы.

### ***IV. Высокий***

Ученик логично и осознанно воспроизводит учебный материал в пределах программы; обоснованно отвечает на вопросы; самостоятельно анализирует и раскрывает генетические закономерности; приводит примеры, основанные на собственных наблюдениях; оценивает биологические явления, законы; систематизирует, обобщает, выявляет и обосновывает причинно-следственные связи; аргументированно использует знания в нестандартных ситуациях; самостоятельно решает генетические упражнения и задачи; умеет выделить проблему и определить пути ее решения; по инструкции выполняет лабораторные и практические работы, оформляет их, формулирует выводы.

## Список рекомендуемой литературы

1. *Бородин П. М.* Кошки и гены: современная генетика в популярном изложении. Изд. 5-е, испр. — М. : URSS, 2017.
2. *Дробышевский С. В.* Палеонтология антрополога. Иллюстрированный путеводитель в зверинец прошлого. — М., Бомбора, 2020
3. *Клеценко. Е. В.* ДНК и её человек. Краткая история ДНК-идентификации. — М.: «Альпина нон-фикшн», 2019
4. *Манель Э.* Я не моя ДНК. Генетика предполагает, эпигенетика располагает. — Портал, 2020.
5. *Марков А. В.* Эволюция человека. В 2-х книгах. Книга 1. Обезьяны, кости и гены. — Corrus, 2013
6. *Марков А. В.* Эволюция человека. В 2-х книгах. Книга 2. Обезьяны, нейроны и душа. — Corrus, 2013
7. *Франк-Каменецкий М. Д.* Самая главная молекула. От структуры ДНК к биомедицине XXI века. — М.: «Альпина нон-фикшн», 2017
8. *Шах С.* Пандемия. Всемирная история смертельных инфекций. — М.: «Альпина нон-фикшн», 2020
9. *Ястребов С. А.* От атомов к древу. Введение в современную науку о жизни. — М.: «Альпина нон-фикшн», 2020