

**Школа педагогического  
мастерства. Генетика.**

**Занятие 1.**

**Введение в новый курс  
генетики в школе**

# Программа

## Школы педагогического мастерства «Генетика»

**18.10 в 15.30 по МСК** - [Занятие 1. Введение в новый курс генетики в школе](#)

**01.11 в 15.30 по МСК** - [Занятие 2. Как рассказать школьникам, которые не знают химию, о ДНК, РНК и белках](#)

**29.11 в 15.30 по МСК** - [Занятие 3. Гены, мутации и геномное редактирование. Методы молекулярной биологии в школе](#)

**13.12 в 15.30 по МСК** - Занятие 4. Популяционные модели, использование Excel для визуализации генетических задач

**17.01 в 15.30 по МСК** - Занятие 5. Филогенетические деревья

**31.01 в 15.30 по МСК** - Занятие 6. Наследование сложных признаков

**07.02 в 15.30 по МСК** - Занятие 7. Омика для школьников — зачем нужно исследовать геномы, протеомы, метаболомы и микробиомы?



Молодые  
учёные  
школе

# ПРАКТИЧЕСКАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА

для начинающих



[Приобрести](#)

Молодые  
учёные  
ШКОЛЕ

Естественно-научные  
предметы

ПРАКТИЧЕСКАЯ  
МОЛЕКУЛЯРНАЯ

# ГЕНЕТИКА

для начинающих

8–9  
классы

Учебное пособие  
для общеобразовательных  
организаций

Под редакцией  
П. М. Бородина и Е. Н. Ворониной



ПАВЕЛ  
БОРОДИН



Москва  
«Просвещение»  
2021



ОЛЬГА  
ПОСУХ



ЕЛЕНА  
ВОРОНИНА

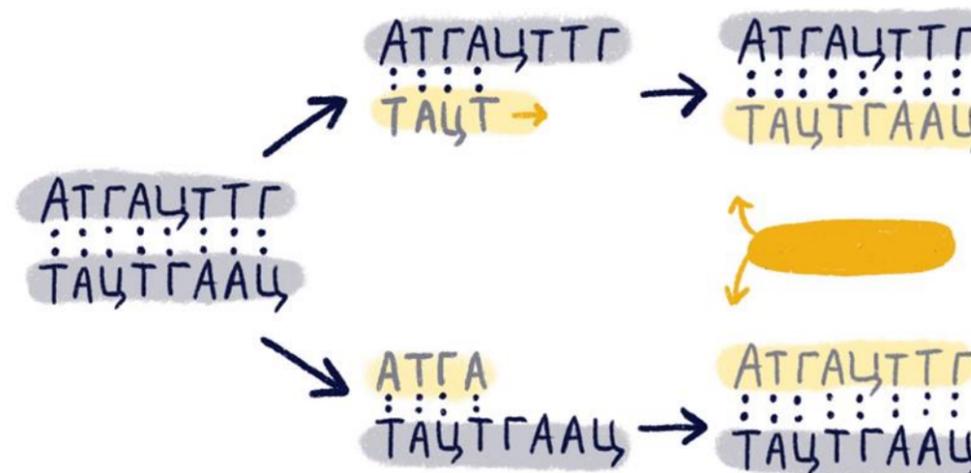
## Модуль 1

# ИЗ ЧЕГО СДЕЛАНЫ ГЕНЫ

Из глав, собранных в этот модуль, вы узнаете о том, как устроены гены, какая информация и как в них зашифрована. Мы расскажем вам, как эта информация передаётся от клетки к клетке и от родителей к потомкам. Мы не знаем, как появились на Земле первые гены и первые организмы. Но, анализируя, как они устроены сейчас, у современных организмов, мы можем предположить, как они появлялись, и попытаться воспроизвести в лаборатории процессы, которые могли быть причиной их появления.



НАТАЛЬЯ  
ТОРГАШЁВА



НАРИМАН  
БАТТУЛИН

Расскажут вам об этом **Наталья Торгашёва** — младший научный сотрудник лаборатории синтетической биологии Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН и **Нариман Баттулин** — кандидат биологических наук, заведующий лабораторией генетики развития Института цитологии и генетики СО РАН.



## Модуль 2

# УСТРОЙСТВО И РАБОТА ГЕНОВ

Все клеточные организмы можно разделить на прокариот и эукариот. Прокариоты — безъядерные одноклеточные организмы — появились почти 4 млрд лет назад, а затем около 2 млрд лет назад в результате великого слияния прокариотических клеток возникли эукариоты.



МИХАИЛ  
КАРТАШОВ

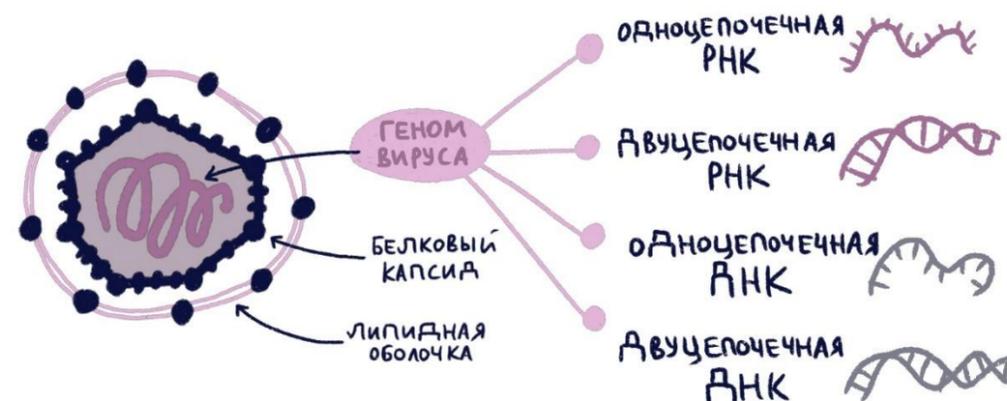
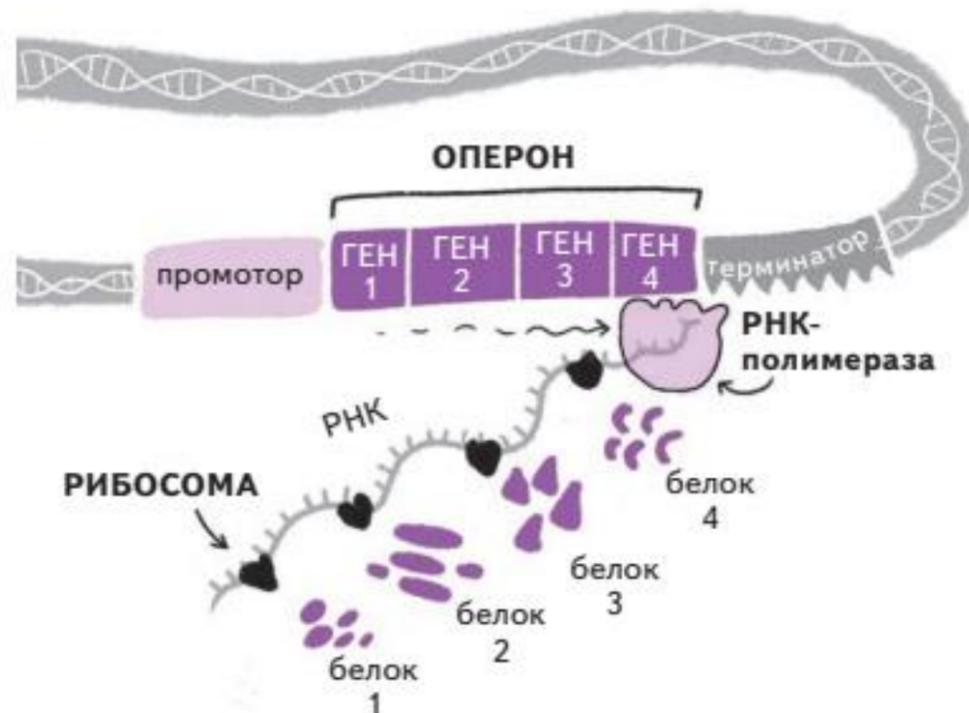
Про геномы вирусов и бактерий вам расскажет **Михаил Карташов** — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник отдела молекулярной вирусологии Центра вирусологии и биотехнологии «Вектор».

Про особенности устройства нашего с вами генома и геномов остальных эукариот вам расскажут **Татьяна Колесникова** — кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярной цитогенетики Института молекулярной и клеточной биологии СО РАН, и уже знакомый вам **Нариман Баттулин**.



ТАТЬЯНА  
КОЛЕСНИКОВА

## КОЛЬЦЕВАЯ ХРОМОСОМА ПРОКАРИОТ



## Модуль 3

# МЕТОДЫ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ГЕНЕТИКИ

Вы уже знаете, что геномы устроены очень сложно. Для того чтобы расшифровать принципы работы генома, без специальных методов работы с ДНК не обойтись. В этом модуле мы разберём ключевые для генетики методы.

Про полимеразную цепную реакцию (ПЦР) и секвенирование ДНК вам расскажет **Анастасия Юнусова**, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории генетики развития Института цитологии и генетики СО РАН.



Про методы генной инженерии, геномного редактирования и создания трансгенных животных расскажет уже известный вам **Нариман Баттулин**.



### Глава 8

## РАЗМНОЖЕНИЕ ДНК В ПРОБИРКЕ: ПОЛИМЕРАЗНАЯ ЦЕПНАЯ РЕАКЦИЯ



**Глава 10** КРОЙКА И ШИТЬЁ ДНК:  
ГЕННАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

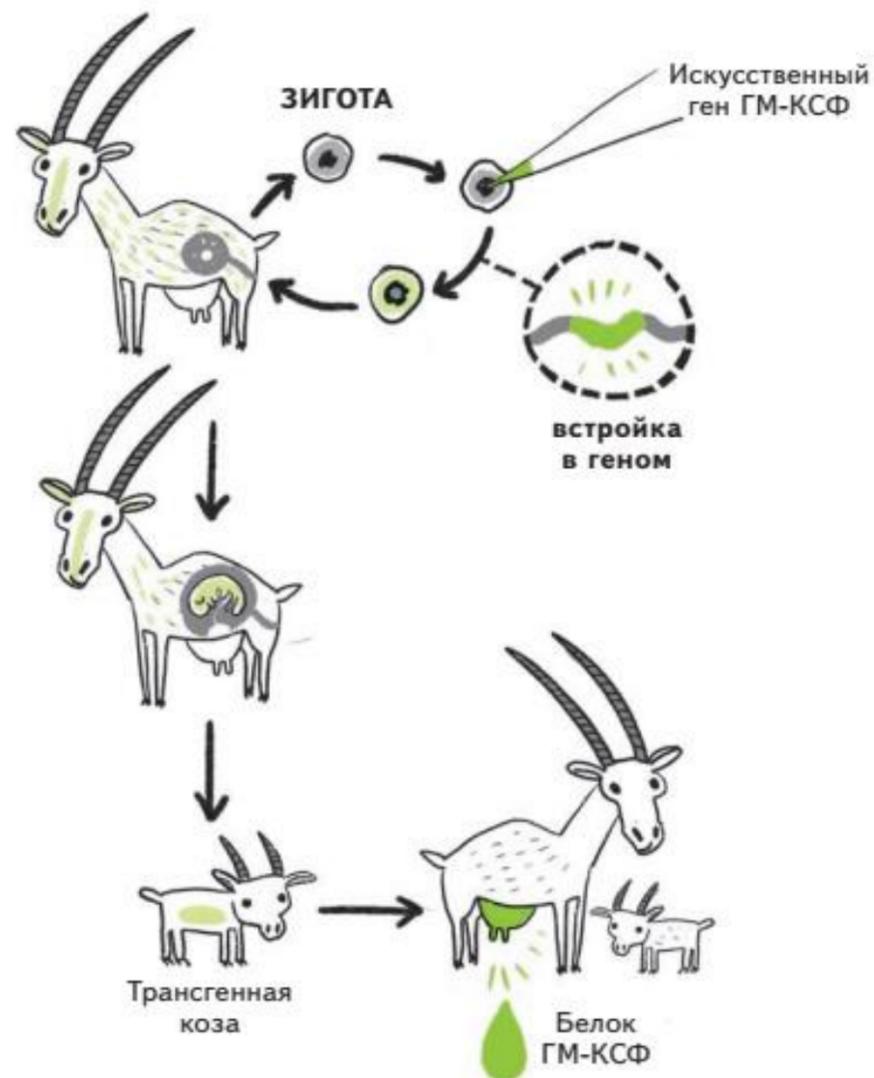


Рис. 3-9. Схема получения белка человека в молоке трансгенной козы

**Глава 11** КОНСТРУИРОВАНИЕ  
ОРГАНИЗМОВ: ТРАНСГЕННЫЕ  
ЖИВОТНЫЕ

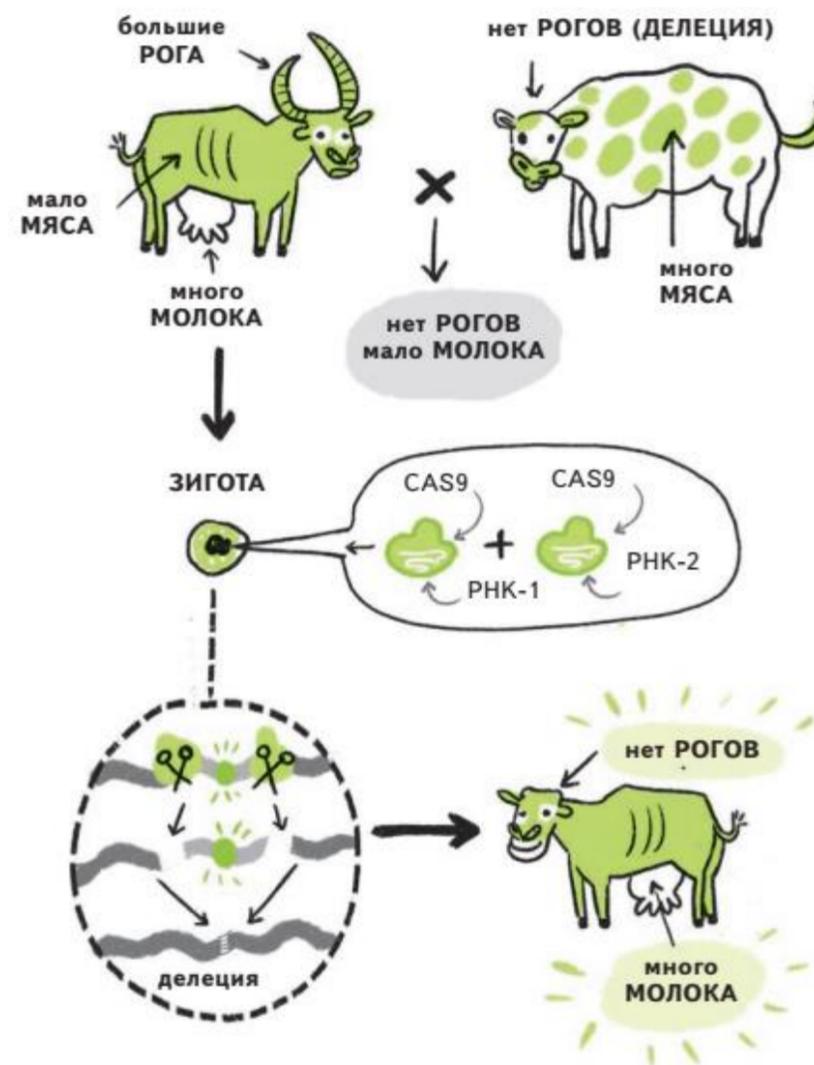


Рис. 3-12. Создание геномной модификации «отсутствие рогов» с помощью системы CRISPR/Cas9

## Модуль 4

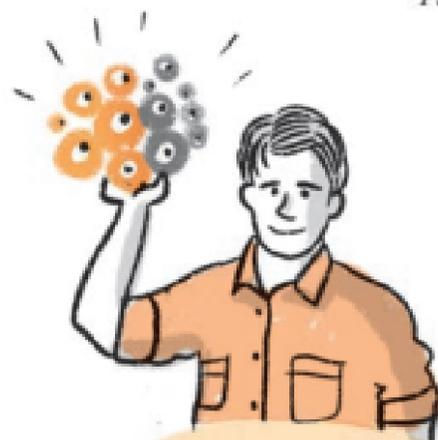
# ОТ ГЕНОВ К ПРИЗНАКАМ



**ПАВЕЛ  
БОРОДИН**

В этом модуле я, **Павел Бородин**, проведу по извилистому пути от генов до признаков (скинни коты), а **Вениамин Фишман**, кандидат биологических наук, заведующий сектором генетических механизмов онтогенеза Института цитологии РАН, расскажет вам, как гены действуют в развитии сложного организма.

Потом уже известная вам **Татьяна Колесникова** расскажет о том, какие сложные танцы приходится танцевать хромосомам во время клеточного деления, а я — о хромосомных танцах во время образования половых клеток.



**ВЕНИАМИН  
ФИШМАН**

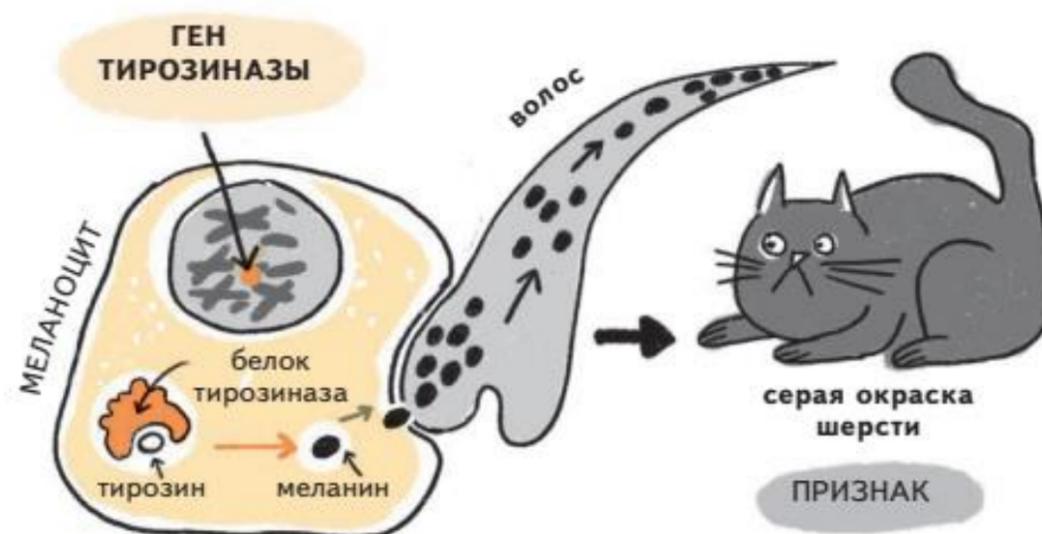
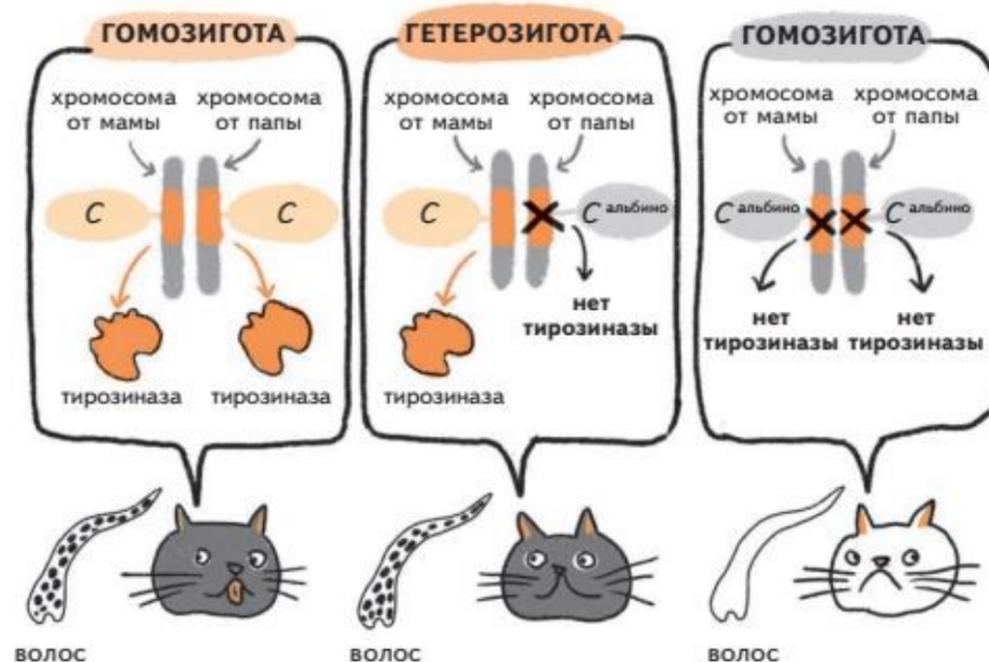


Рис. 4-1. Схема пути от гена до признака (серая окраска шерсти)



## Глава 13 ОТ ГЕНА К ПРИЗНАКУ: КАК РАСКРАСИТЬ КОТА

Модуль 5  
ЗАКОНЫ МЕНДЕЛЯ

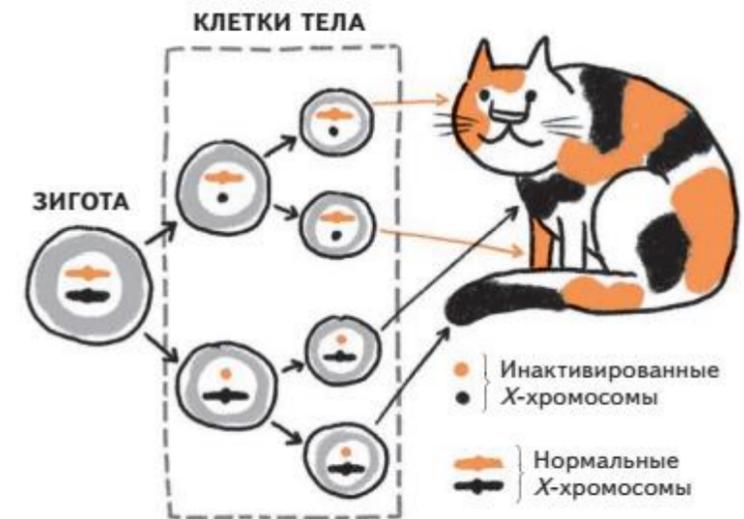
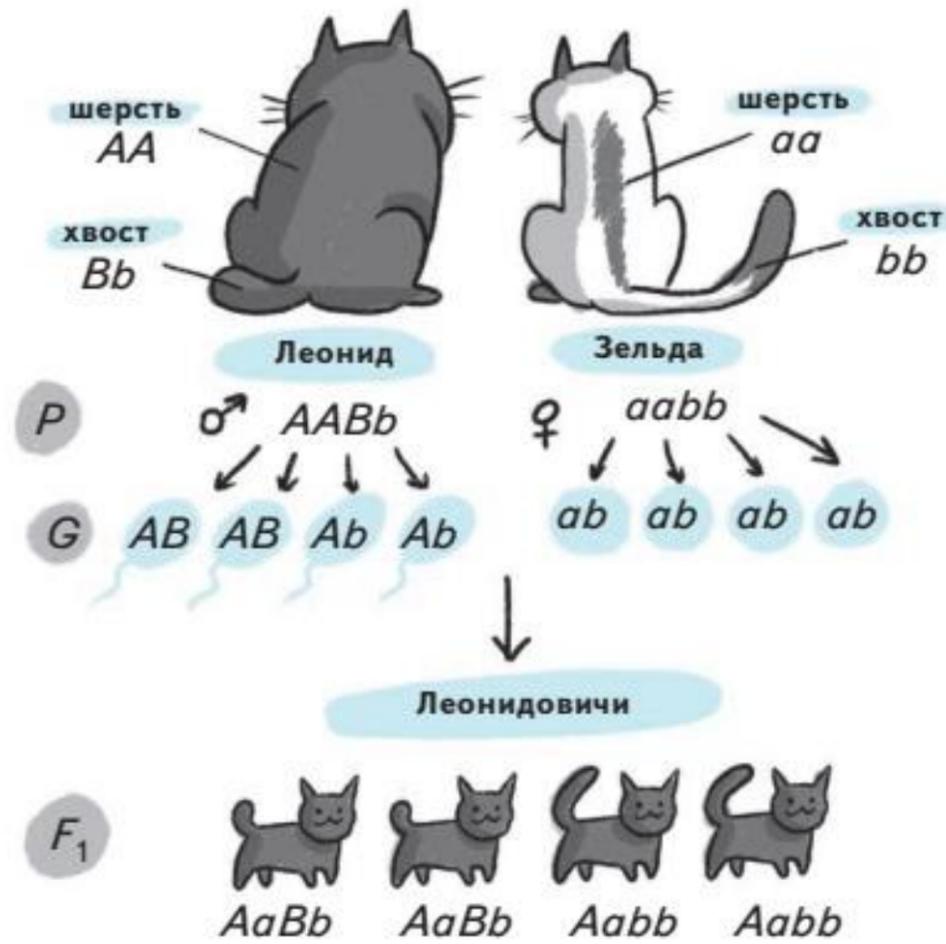


Рис. 5-6. Окраска трёхцветных кошек обусловлена X-инактивацией



Модуль 7

# ГЕНЕТИКА КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ

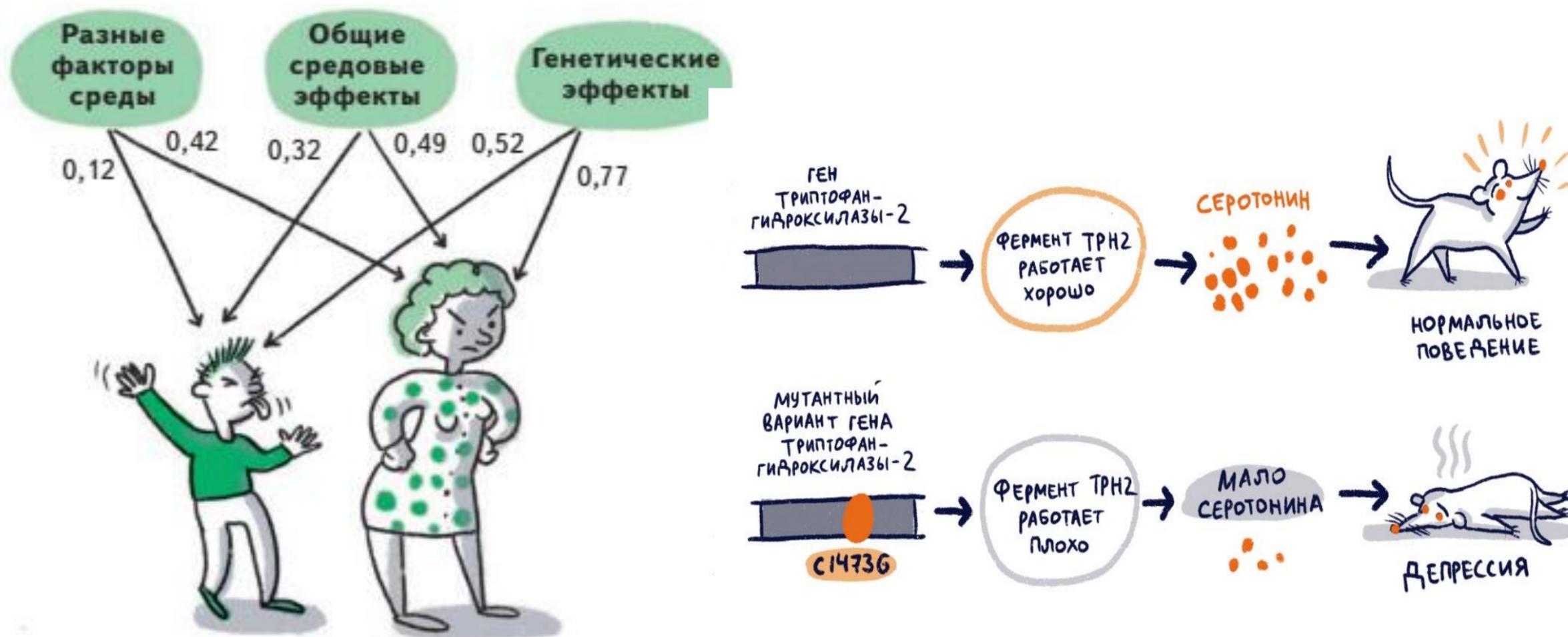


Рис. 7-9. Результаты многовариантного генетического анализа между отсутствием материнской заботы и подростковым антисоциальным поведением. Рядом со стрелками, отображающими ассоциацию, подписан коэффициент корреляции

## Модуль 8

# ГЕНЕТИКА ОТКРЫВАЕТ ИСТОРИЧЕСКИЕ ТАЙНЫ



АЛЕКСАНДР  
ПИЛИПЕНКО

Из этого модуля вы узнаете, как анализ ДНК позволяет открывать тайны эволюционного и исторического прошлого, а также современные тайны. Об эволюционной истории видов и популяций и методах её исследования вам расскажет **Александр Пилипенко**, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник межинститутской лаборатории молекулярной палеогенетики и палеогеномики Института цитологии и генетики СО РАН.

Историю о том, как генетики помогают криминалистам, Александр написал вместе с уже знакомой вам **Анастасией Юнусовой**.



Рис. 8-8. Остатки древних животных



# Модуль 9

## ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

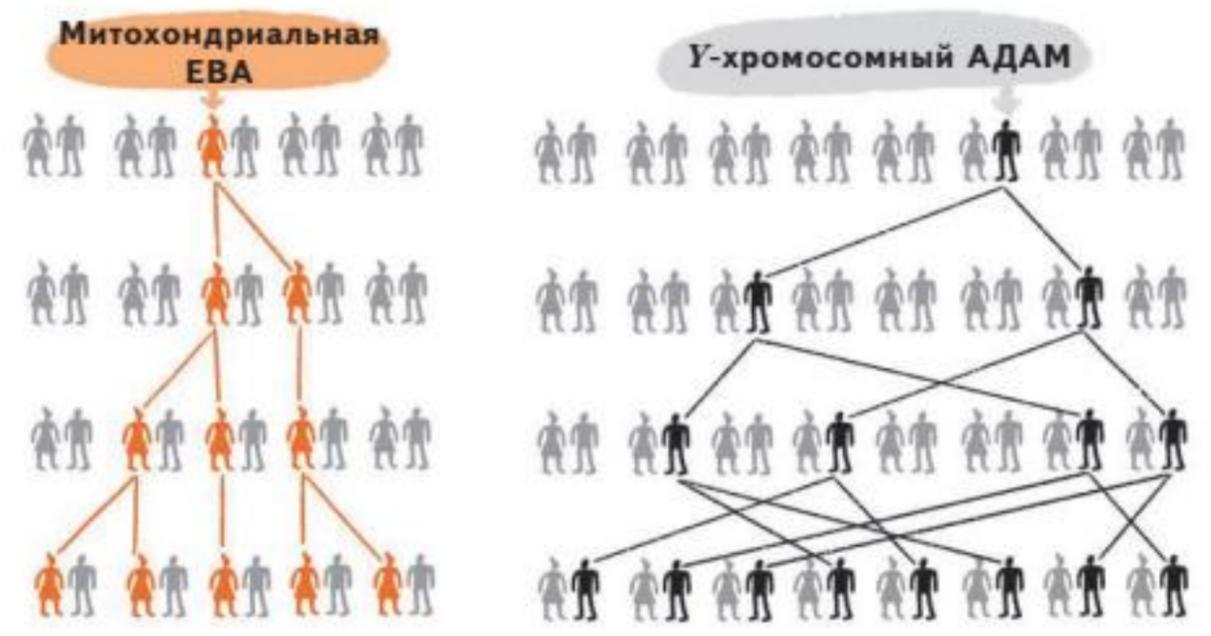
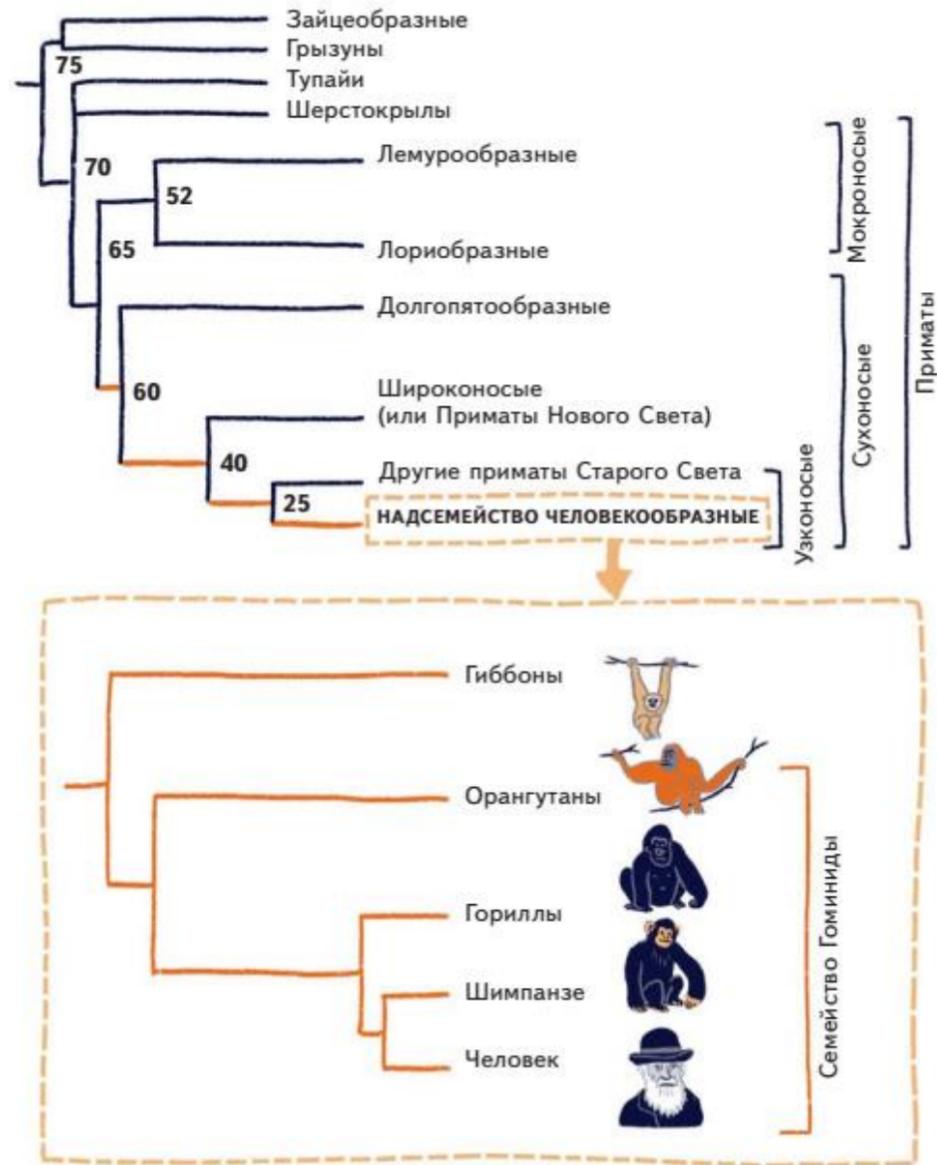
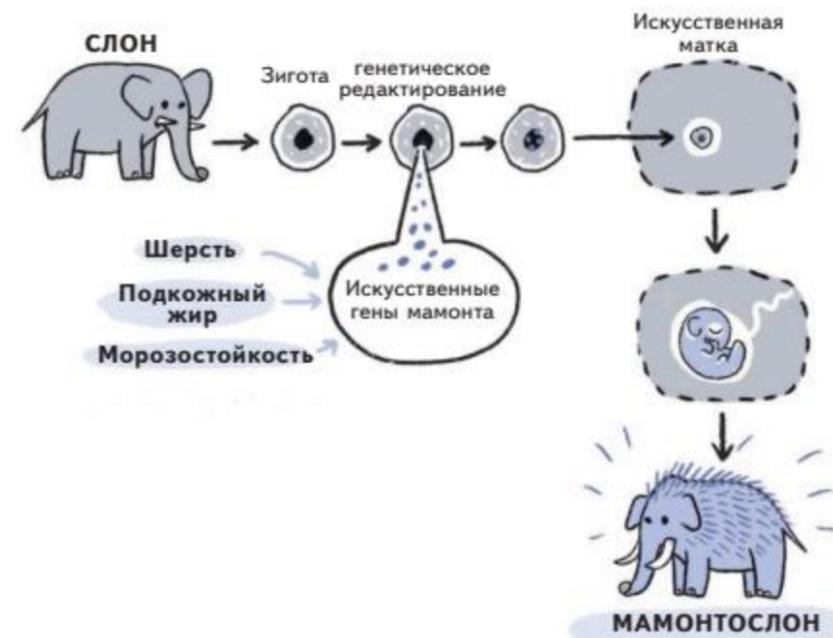


Рис. 9-9. Изменения генетического состава населения Европы

Модуль 10

ГЕНОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ





**ТАТЬЯНА ШНАЙДЕР**

**Глава 39**

**ТРИ ИСТОРИИ О ТОМ, КАК ГЕНЕТИКА СПАСАЕТ ЖИЗНИ**



У ФАБИАНА МУКОВИСЦИДОЗ ИЗ-ЗА РЕДКОЙ МУТАЦИИ

Поможет ли лекарство?



кусочек кишечника Фабиана



Лекарственный препарат А



10 мин



здоровые мини-кишечники Фабиана

Лекарство поможет Фабиану!

## Что читать

1. Сайт «Биомолекула (<https://biomolecula.ru/>). Здесь вы можете прочитать новости науки, а также обзоры на самые животрепещущие темы в биологии. В специальной рубрике «12 биологических методов в картинках» собрано описание основных методик, которыми пользуются учёные в биологических лабораториях, в том числе методов ПЦР и секвенирования нуклеиновых кислот. А ещё здесь проводят конкурс на лучшую научно-популярную работу. Даже школьники могут принять в нём участие, — для этого есть специальная «Школьная номинация».
2. Даудна Дженнифер, Стернберг Сэмюэл. «Трещина в мироздании. Редактирование генома: невероятная технология, способная управлять эволюцией». Лауреат Нобелевской премии Дженнифер Даудна рассказывает историю создания и перспективы применения технология редактирования генома CRISPR/Cas9.
3. Панчин Александр. «Сумма биотехнологии. Руководство по борьбе с мифами о генетической модификации растений, животных и людей». Из этой книги вы узнаете, как и для чего учёные Генетически Модифицируют Организмы, какую пользу человечеству приносят ГМО и как глупы распространяемые про них страшилки.

# ДОБРО ПОЖАЛОВАТЬ В ГЕНЕТИКУ!

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

О том, над чем работают учёные ведущих генетических центров нашей страны, вам расскажут **Елена Хлёткина** и **Антон Нижников**.

**Антон Нижников** — кандидат биологических наук, доцент кафедры генетики и биотехнологии Санкт-Петербургского государственного университета, заведующий лабораторией протеомики надорганизменных систем Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, учёный секретарь Вавиловского общества генетиков и селекционеров, объединяющего около 3000 российских специалистов в области генетики и селекции.

### .....➔ НЕКОТОРЫЕ ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ЦЕНТРЫ НАШЕЙ СТРАНЫ И ИХ АДРЕСА В ИНТЕРНЕТЕ

- Федеральный исследовательский центр «Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н. И. Вавилова» (ВИР), Санкт-Петербург. <https://www.vir.nw.ru/>
- Санкт-Петербургский государственный университет (СПбГУ), Санкт-Петербург. <https://spbu.ru/>
- Институт общей генетики имени Н. И. Вавилова Российской академии наук (ИОГен РАН), Москва. <http://www.vigg.ru/>
- Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» Российской академии наук, Москва. <https://www.fbras.ru/>
- Федеральный исследовательский центр «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук» (ИЦиГ СО РАН), Новосибирск. <http://www.bionet.nsc.ru/>
- Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова (МГУ), Москва. <https://www.msu.ru/>
- Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной биотехнологии (ВНИИСБ), Москва. <http://www.vniisb.ru/ru/>
- Институт биоорганической химии имени академиков М. М. Шемякина и Ю. А. Овчинникова Российской академии наук (ИБХ РАН), Москва. <http://www.ibch.ru/>
- Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук, Уфа. <http://ibg.anrb.ru/>
- Институт биохимии и физиологии растений и микроорганизмов Российской академии наук, Саратов. <https://ibppm.ru/>
- Научно-технологический университет «Сириус», Сочи. <https://siriusuniversity.ru/>
- «Курчатовский геномный центр» — консорциум во главе с НИЦ «Курчатовский институт». <https://nrckigc.ru/>

# Практикумы, игры, проекты, задачи и т.д.



**Сергей Седух**, кандидат биологических наук, выпускник НГУ, научный сотрудник лаборатории ферментов репарации Института химической биологии и фундаментальной медицины СО РАН.

**Владимир Соловьёв**, выпускник НГУ. Он занимается эволюцией сибирских бабочек и одновременно преподаёт в НГУ и в физматшколе при НГУ.



## .....> Задача «УЗНАЙ, ЧТО ЭТО ЗА БАКТЕРИЯ, ПО ДНК»

Сегодня исследователи изучают микроорганизмы, анализируя фрагменты их ДНК — чаще всего ген 16S рибосомной РНК (входит в состав рибосомы). Рибосома — важная часть механизма производства белка в клетке. Все бактерии имеют ген 16S рРНК, но точная последовательность ДНК уникальна для каждого вида. Поэтому этот ген используют как «молекулярный отпечаток пальца».

Когда учёные исследуют любой микроорганизм, то сначала они выделяют ДНК и определяют последовательность гена 16S рРНК, а потом сравнивают её с известными аналогичными последовательностями в базе данных. Если обнаруживается совпадение, то это значит, что микроорганизм относится к уже известному виду, а если нет, то сообщают об открытии нового вида. Кстати, именно при помощи анализа гена 16S рибосомной РНК в какой-то момент было установлено, что число видов микроорганизмов на планете намного больше, чем мы думали.

### Задание

1. Введите в строке браузера адрес <https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>
2. Выберите «Nucleotide BLAST».
3. Введите в окно «Enter accession number(s), gi(s), or FASTA sequence(s)» последовательность ГГАГТАААГТТААТАЦЦТТТГЦТЦ.

The screenshot shows the top navigation bar of the NCBI website. The address bar contains the URL <https://www.ncbi.nlm.nih.gov>. The navigation bar includes the NCBI logo, links for "Resources" and "How To", and a "Sign in to NCBI" button. Below the navigation bar is a search bar with a dropdown menu set to "All Databases" and a "Search" button.

## .....> Практическое задание «ВКУСНАЯ МОДЕЛЬ ДНК»

Для того чтобы смоделировать синтез ДНК (репликацию), потребуются четыре длинные мармеладки (по две для заданий 1 и 2), небольшие цветные маршмеллоу и зубочистки. Цветные маршмеллоу можно заменить бумагой, картоном или пластилином, но это будет не так вкусно.

**Задание 1.** Положите две длинные мармеладки параллельно друг другу. На зубочистки наденьте по два комплементарных «нуклеотида», а потом воткните их между длинными мармеладными основами-остовами (рис. 1-4).

**Задание 2.** Разрежьте полученную молекулу ДНК посередине, разъединяя комплементарные «нуклеотиды» (зубочистки нужно разрезать пополам, в клетке это делает фермент *хеликаза*). Полученные одноцепочечные молекулы ДНК отодвиньте друг от друга, положите рядом с имеющейся цепочкой новую длинную мармеладку, а после постройте новую нуклеотидную цепь (теперь вы работаете, как фермент *ДНК-полимераза*). Далее замените половинки зубочисток на целые, так как они не умеют образовывать между собой связи, как азотистые основания в ДНК. После окончания репликации сравните полученные молекулы ДНК. ◀

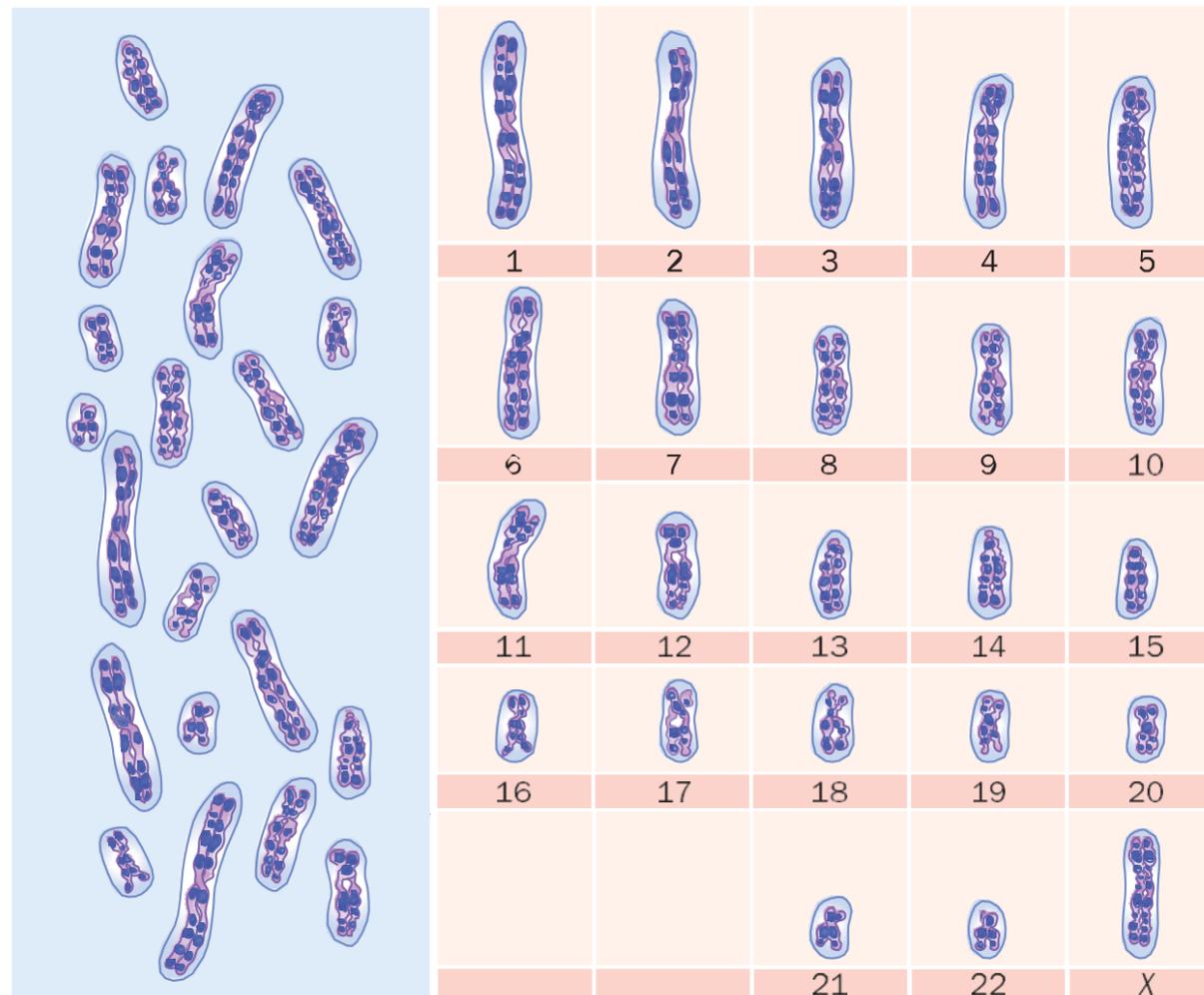
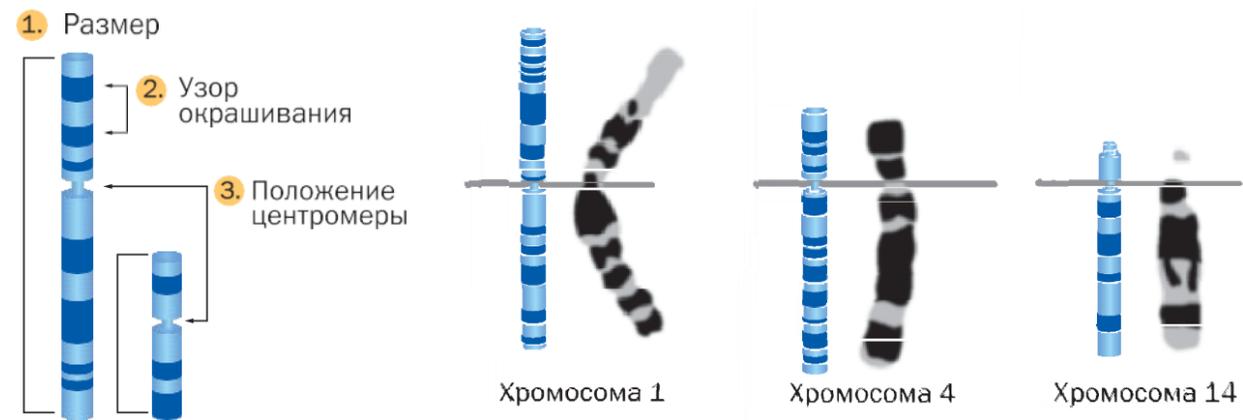


Рис. 1-4. Модель ДНК из маршмеллоу и зубочисток (фото Е. Н. Ворониной)

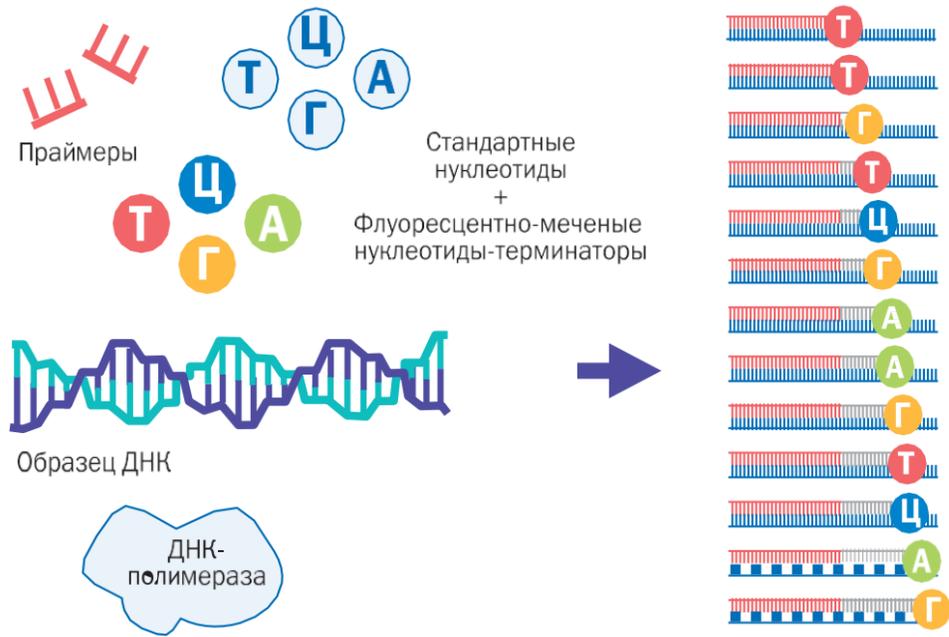




# Практическое задание «КАРИОТИП»



## 1 Реакция секвенирования



## 2 Капиллярный гель-электрофорез

## 3 Детекция флуоресценции, получение секвенограммы

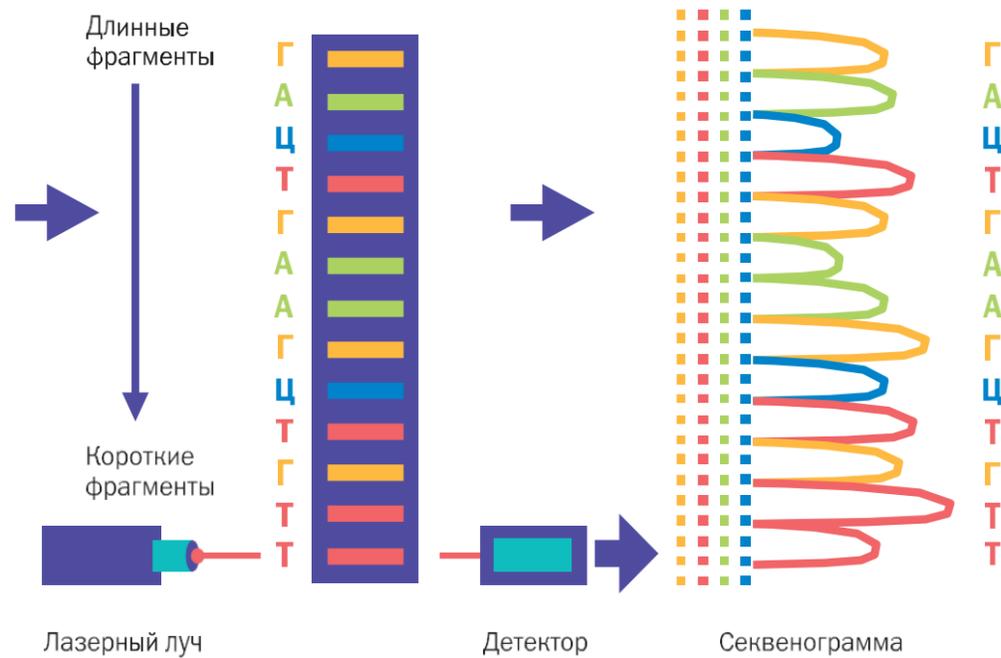
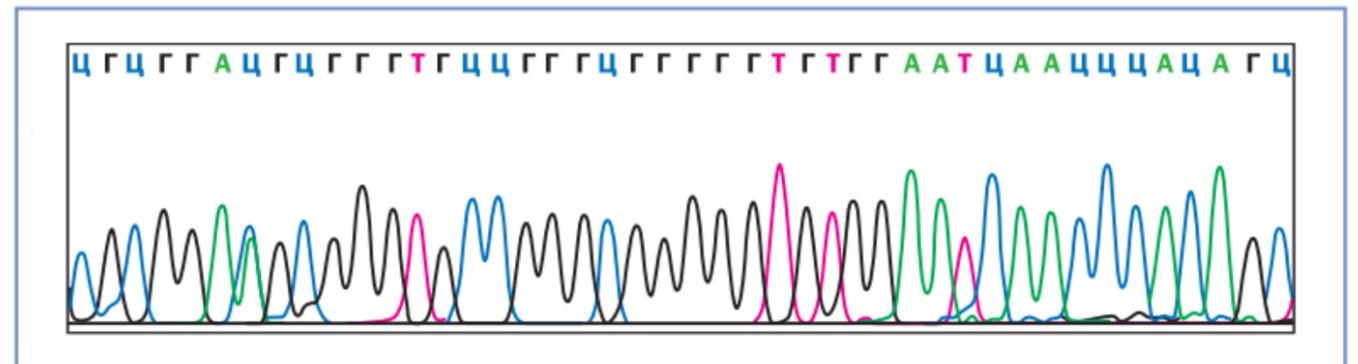


Рис. 3-3. Секвенирование ДНК по Сэнгеру

### Практическое задание «НАЙДИ МУТАЦИЮ»

На *рисунке* представлена секвенограмма участка ДНК, содержащего мутацию. Определите, какой(ие) из пиков секвенограммы окрашен(ы) одновременно в несколько цветов (это означает, что в смеси присутствует два типа молекул — «норма» и «мутация»). Какая нуклеотидная замена произошла? ◀



## .....➔ Ролевая игра «ПЦР»

Давайте представим, что класс — это пробирка, в которой проходит ПЦР. Каждый ученик — это ДНК-полимераза, которая синтезирует новые цепи ДНК. Необходимо приготовить несколько длинных чистых полосок бумаги (можно воспользоваться «вкусными» моделями ДНК из модуля 1, но для этого понадобится очень много маршмеллоу). На двух таких бумажках нужно написать нуклеотидную последовательность, которую необходимо размножить, и последовательность, комплементарную ей, и скрепить их бумажным скотчем. Также понадобятся короткие полоски бумаги — праймеры (см. работу 3-1 «Конструирование праймеров» на с. 86).

Первый шаг — разделение цепей ДНК. Цепи ДНК расплетаются.

Второй шаг — связывание праймеров: ученики находят на столе нужный праймер и прикрепляют его скотчем к своей цепочке ДНК.

80

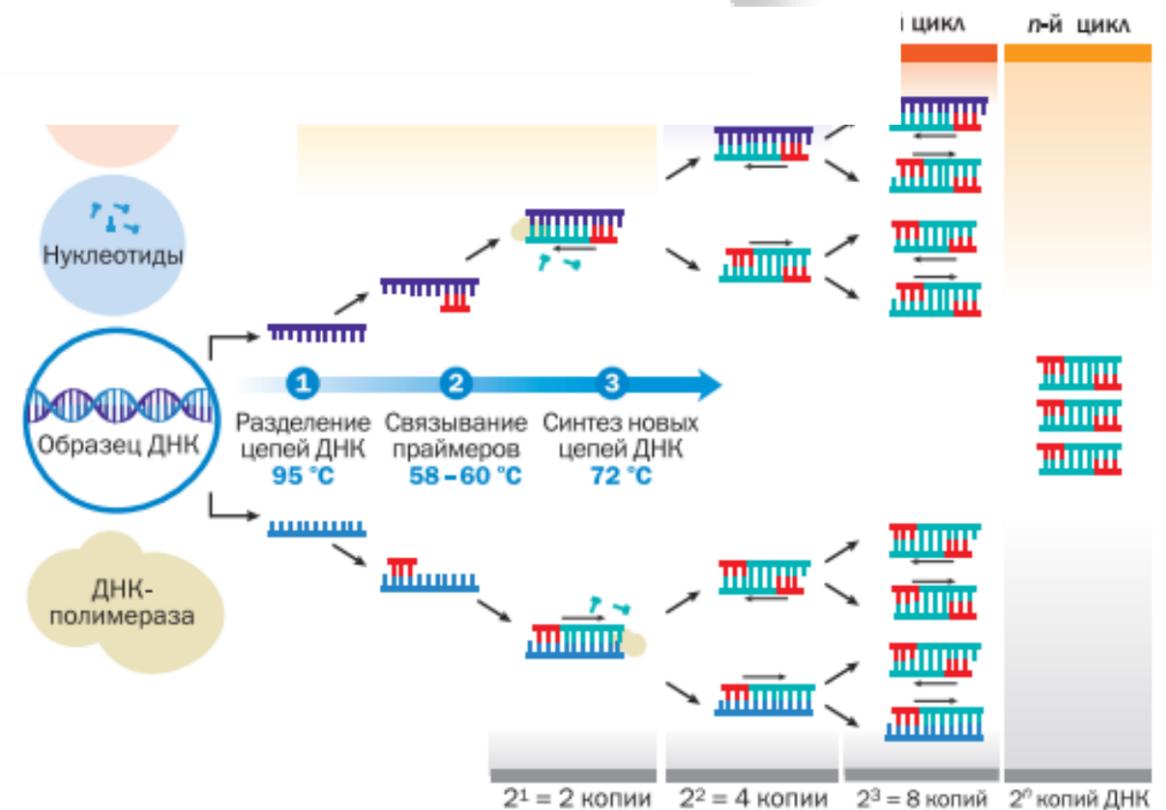


Рис. 3-1. Схема типичной ПЦР (направление стрелок указывает на направление синтеза новой цепи ДНК)

## .....> Ролевая игра «СУДЬБА КЛЕТКИ»

Участники игры имитируют клетки. Как и клетки, они действуют по заданной программе, ни имея представления о том, что получится в результате их действий. Как и клетки, они действуют на ощупь и вслепую (глаза завязаны), не видя и не слыша других участников (разговаривать нельзя).

**Задание 1.** Программа для всех участников одинакова:

- 1) на ощупь нужно найти другого участника и взять его за руку;
- 2) руки не перекрещивать;
- 3) держать правой рукой левую руку участника справа, а левой — правую руку участника слева;
- 4) после этого отойти как можно друг от друга (продолжая держать соседей за руки).

Программа выполнена. Откройте глаза и посмотрите, какая фигура у вас получилась.

Обратите внимание, чтобы каждый участник (клетка) выполнял только свою программу, не имея представления о том, что должно получиться в итоге.



## .....> Практическое задание «ТАНЕЦ МЕЙОЗ»

На краю сцены четыре пары танцоров. Каждая пара представляет собой хромосому с двумя хроматидами. 1-я пара — это материнская хромосома № 1 с двумя хроматидами. Оба партнёра одеты в белое, на рукавах номер 1. 2-я пара — отцовская хромосома № 1 с двумя хроматидами: оба в чёрном, на рукавах номер 1. 3-я пара — материнская хромосома № 2, опять же с двумя хроматидами. Они, как вы уже догадались, одеты в белое, на рукавах у них номер 2. И наконец, 4-я пара танцоров — это отцовская хромосома № 2, тоже с двумя хроматидами, оба в белом с номером 2 на рукавах.

1. Бал начинается. Церемониймейстер командует: «Поиск гомологии». Пары вальсируют по залу, случайно пересекаясь друг с другом, и делают жесты «дай пять».
2. Церемониймейстер командует: «Образуются биваленты». При сближении пар с одинаковыми номерами жест «дай пять» замещается рукопожатием, и пары образуют кольцо из четырёх. Кольца кружатся по залу.
3. Церемониймейстер командует: «Первое деление начинается».
4. Кольца топчутся на месте в центре зала. Невидимые силы влекут пары разных цветов в разные стороны сцены. Они сначала сопротивляются этому, продолжая держаться за руки с гомологами.
5. Церемониймейстер командует: «Гомологи расходятся».
6. Пары разных цветов пятятся в разные стороны сцены, каждая в ту, куда она была ориентирована.
7. Церемониймейстер командует: «Второй тур».
8. Пары вальсируют, каждая на своей стороне сцены.
9. Церемониймейстер командует: «Второе деление начинается».
10. Пары топчутся на месте в центре своей стороны сцены. Невидимые силы влекут партнёров в разные стороны — назад и вперёд сцены. Они сначала сопротивляются этому, продолжая держать за руки друг друга.
11. Церемониймейстер командует: «Хроматиды расходятся».
12. Партнёры пятятся в разные стороны, каждый в ту, куда он был ориентирован.
13. Церемониймейстер командует: «Мейоз завершён».
14. Поклоны и аплодисменты.

Одна из вариаций этого балета показана здесь <https://www.youtube.com/watch?v=zLhTtVdDhIE> ←



### Meiosis Square Dance

8.3K views • 7 years ago

braxisback

one hoe-down of a bio project.

Subtitles



### Meiosis Dance

529 views • 6 years ago

ibbioteacher

Meiosis Dance Skyline High School 14 Nc



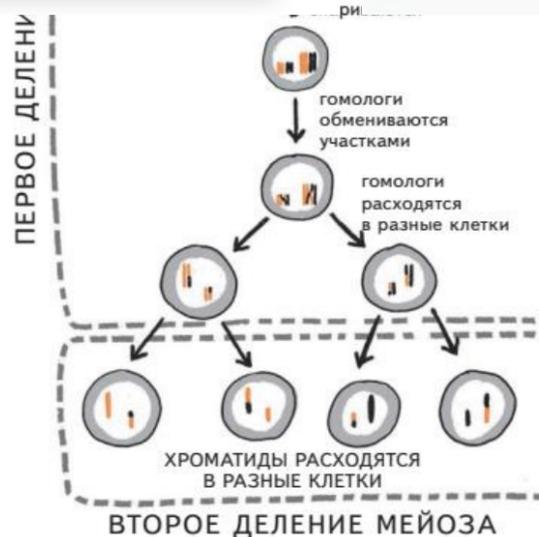
### Meiosis Dance

130 views • 8 years ago

Jae Kwang Lee

Uploaded by iSafePod.

Subtitles





## Практикум

### Работа 1-2. ВЫДЕЛЕНИЕ ДНК ИЗ БАНАНА

ДНК содержится в клетках любого живого организма, но очевидно, что её размеры очень малы, поэтому увидеть одну или несколько молекул невооружённым глазом невозможно. Однако при определённых условиях можно выделить ДНК и увидеть её, хотя и не совсем в чистом виде.

В качестве объекта для выделения ДНК может выступать какой-нибудь (лучше сочный) овощ или фрукт, например лук, чеснок, банан или томат. В данном эксперименте предлагаем использовать банан.

25

### Работа 2-2. ЭЛЕКТРОФОРЕЗ

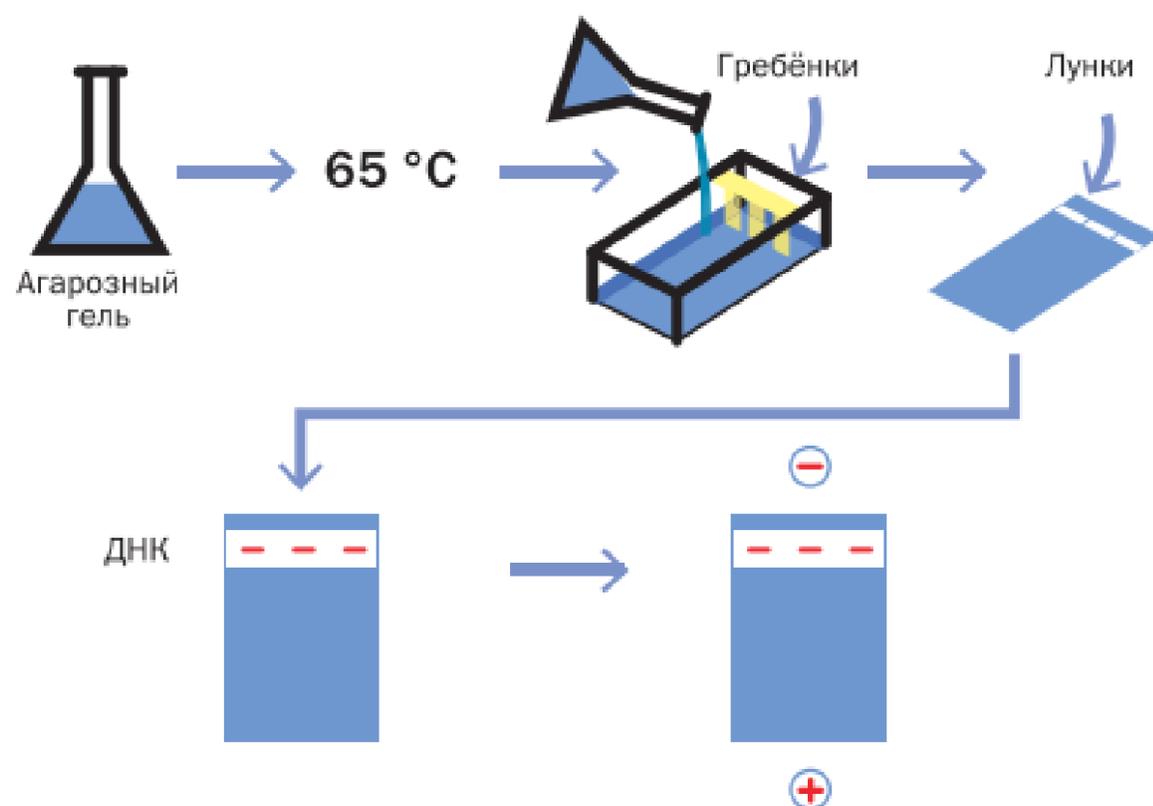


Рис. 2-18. Подготовка и проведение электрофореза в агарозном геле

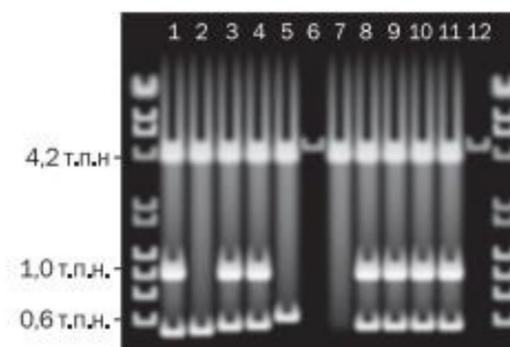


Рис. 3-14. Электрофореграмма рестрикционного анализа

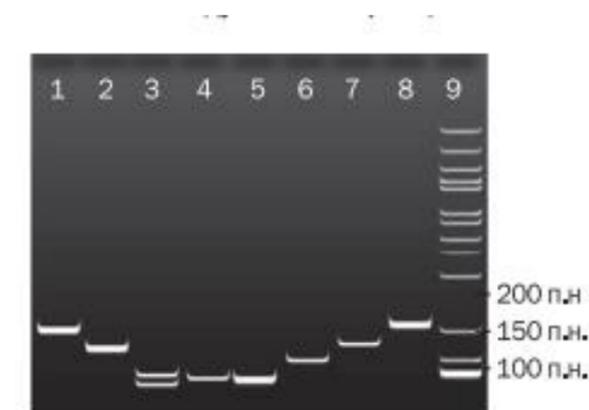
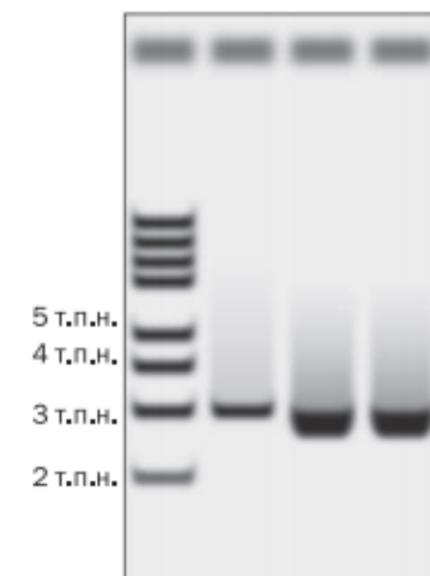


Рис. 3-13. Электрофореграммы анализа ПЦР: 1—4 — пациенты; 5 — герпес; 6 — гепатит; 7 — аденовирус; 8 — оспа; 9 — маркер

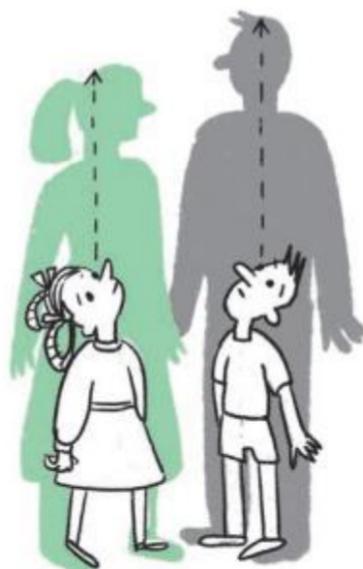


Рис. 7-4. Предсказание роста



## Практикум

### Работа 7-1. ПРЕДСКАЗАНИЕ СОБСТВЕННОГО РОСТА

Предскажите свой будущий рост. Вот прямо сейчас, не сходя с места. Запишите предсказание на бумагу. Поставьте дату и распишитесь. Бумагу положите в бутылку. Бутылку заройте в лесу. В свой 20-й день рождения выкопайте бутылку, соберите гостей, измерьте свой рост. Огласите его, а потом достаньте из бутылки и громко прочитайте своё предсказание, и пусть ваши гости восхитятся предиктивной мощью генетики!

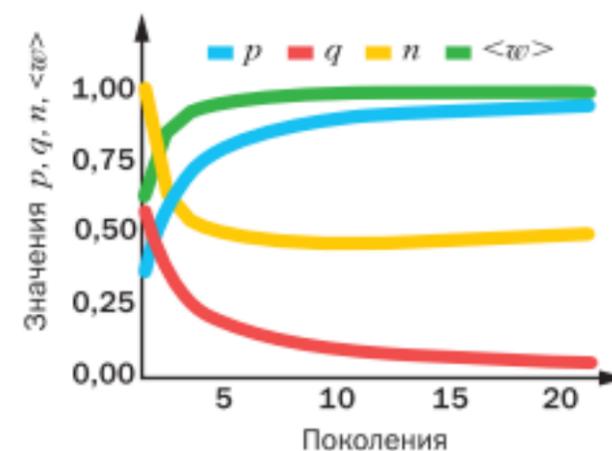
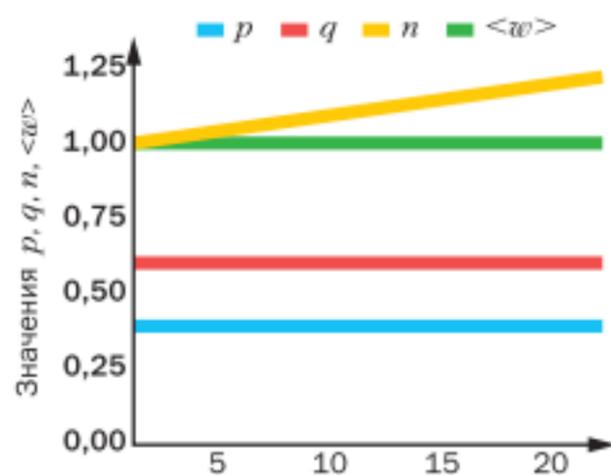


## Практикум

### Работа 6-1. МОДЕЛИ ОТБОРА

Цель работы: наблюдать процесс естественного отбора, используя интерактивную модель на базе таблицы Excel.

Загрузите её с сайта Института цитологии и генетики СОРАН: <http://sites.icgbio.ru/tutorial>.



## Работа 6-2. ЧАСТОТЫ АЛЛЕЛЯ ЧЁРНОЙ ОКРАСКИ В ЛОКАЛЬНОЙ ПОПУЛЯЦИИ КОШЕК

Цель проектной работы: оценить частоту аллеля чёрной (не-агути) окраски в популяции бродячих кошек, обитающих в вашей местности, и сравнить полученные данные с опубликованными результатами таких же исследований, проведённых в разных точках Земли.





Учебник имеет электронную форму  
Дополнительные материалы к учебно-методическому комплексу  
размещены в электронном каталоге издательства «Просвещение»  
на интернет-ресурсе [www.prosv.ru](http://www.prosv.ru)

Все авторы этой книги—профессиональные генетики, молодые учёные.  
Они занимаются разными направлениями генетической науки.

**Из этой книги вы узнаете:**

- О том, что самая важная молекула—это ДНК, именно она определяет устройство нашего тела и во многом—нашу жизнь и судьбу.
- О том, как возникли, как устроены, работают и передаются гены, как и для чего их можно изменять.
- О проблемах, которые пока не имеют решения, над которыми генетики сейчас работают в своих лабораториях.

Большая часть книги ориентирована на реализацию практической деятельности через интеллектуальные исследования, виртуальные практические работы и реальный практикум со специализированным оборудованием.

**В серии «Молодые учёные—школе»:**

- Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8—9 классы. Учебник
- Практическая молекулярная генетика для начинающих. 8—9 классы. Методическое пособие
- Примерная рабочая программа. 8—9 классы

  
**ПРОСВЕЩЕНИЕ**  
ИЗДАТЕЛЬСТВО  
[www.prosv.ru](http://www.prosv.ru)



ПРАКТИЧЕСКАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА ДЛЯ НАЧИНАЮЩИХ

80 |



Молодые  
учёные  
ШКОЛЕ

# ПРАКТИЧЕСКАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА

для начинающих



8·9



[Приобрести](#)