

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра биологической химии

Г.Л. Рытов

## **ТИПИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ПСИХОГЕНЕТИКЕ**

*Рекомендовано Редакционно-издательским  
советом университета в качестве сборника задач*

Самара  
Издательство «Самарский университет»  
2007

УДК 575  
ББК 28.04  
Р 954

**Рецензент** канд. биол. наук, доц. Е.С. Селезнева  
**Отв. редактор** канд. биол. наук, проф. Ю.П. Фролов

**Рытов Г.Л.**

Р 954 **Типичные задачи по психогенетике.** / Рытов Г.Л.: сборник задач; Федеральное агентство по образованию. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2007. – 72 с.

В сборник включены тексты задач по основным генетическим темам, методика их решения, словарь терминов и перечень основных наследственных болезней человека.

Сборник задач предназначен для студентов IV курса очного, очно-заочного и заочного отделений психологического факультета и строго соответствуют требованиям Государственного стандарта и рабочей программы по психогенетике.

УДК 575  
ББК 28.04

- © Рытов Г.Л., 2007
- © Самарский государственный университет, 2007
- © Оформление. Издательство «Самарский университет», 2007

## ВВЕДЕНИЕ

В Государственном образовательном стандарте специальности 030301.65 «Психология» учебный курс «Психогенетика» отнесен к блоку общепрофессиональных дисциплин. Это неудивительно, учитывая то, что любой признак человека является результатом взаимодействия двух основных составляющих – конкретных генов индивидуума и индивидуальной среды его онтогенеза. В развитие каждого признака гены и среда вносят, естественно, разные доли участия. А уж, конечно, в становление и формирование в процессе жизни каждого представителя вида *Homo sapiens L.* таких сложнейших психосоматических функций человеческого организма, как интеллект, мышление, способности и пр., гены и среда вносят почти совершенно еще не изученный вклад.

И вот эту сложнейшую, архиважнейшую, сверхсовременную, практически значимую задачу и для генетики, и для психологии, и для медицины, и для повседневной жизни пытается разрешить достаточно молодая наука – психогенетика.

В предыдущих учебных планах и Госстандартах специальности «Психология» учебная дисциплина «Психогенетика» называлась по-разному: «Эволюционная биология и генетика человека», «Генетика человека». Однако эти науки в последние годы настолько разветвились, стали весьма обширными, углубленными и сугубо биологическими или медицинскими, что возникла настоятельная необходимость выделить «чистую» психогенетику человека, которая наиболее необходима для успешной профессиональной подготовки специалистов-психологов высшей квалификации.

Исследование генетики человека объективно ограничено многими обстоятельствами: к примеру, большое число генов и хромосом, абсолютное число признаков носит мультигенный характер, многие признаки проявляются в разные периоды жизни с разной экспрессивностью и пенетрантностью, есть много фенкопий и мозаиков, наблюдаются совершенно разные условия развития и существования конкретных индивидуумов, нельзя на людях ставить эксперименты и т. д. Поэтому успехи современной психогенетики далеко не всегда соответствуют запросам практики, тем не менее, студент-психолог обязан усвоить необходимую совокупность знаний, умений и навыков по психогенетике. Многочисленные исследования психологов, педагогов и дидактов показывают, что наиболее адекватной формой усвоения теоретических знаний является применение их на практике

(как говорится в старинной китайской пословице: «Скажи мне – и я забуду; покажи мне – и я запомню; вовлеки меня – и я научусь!»). Из всех биологических наук, пожалуй, только генетика может прекрасно реализовать этот важнейший психолого-педагогический принцип, ибо вот уже более чем полвека при изучении генетики (в том числе и генетики человека) применяется решение очень разнообразных и многочисленных задач по различным разделам генетики. Более того, на вступительных экзаменах по биологии в вузы и даже (!) в ЕГЭ по биологии обязательно вносятся генетические задачи.

Поэтому на лабораторных занятиях по «Психогенетике» основной формой обучения является решение типовых генетических задач, которые, конечно, учитывая специфику подготовки специалистов-психологов, при составлении настоящего сборника генетических задач подверглись строгому дидактическому отбору. Не приводятся генетические задачи сложного уровня (как для студентов-биологов), олимпиадного типа, циклические задачи и т. п., ибо для формирования психолога они не имеют такой педагогической ценности, как для подготовки биолога с университетским образованием.

Важно подчеркнуть, что при решении задач вообще и генетических в частности не только валидно проверяется уровень знаний студентов по генетике человека, но и происходит формирование креативных качеств, умения применять знания на практике, т. е. в конечном счете – формирование культуры специалиста, его уровня мышления, что, по сути, и является основной целью обучения, воспитания и развития студентов в классическом университете.

Автор будет рад, если представленный сборник генетических задач хоть в малейшей мере будет способствовать обозначенным выше целям.

*Г.Л. Рытов*

## Раздел 1. НЕОБХОДИМЫЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ СВЕДЕНИЯ

### Генетические символы

При решении генетических задач используются следующие символы:

- P** – родители (от латинского «*Parenta*»);
- ♂ – знак самца, мужской пол («*копые и щит Марса*»);
- ♀ – знак самки, женский пол («*зеркало Венеры*»);
- x** – знак скрещивания;
- F<sub>1</sub>** – первое поколение, т.е. дети (от латинского *Filii*);
- F<sub>2</sub>** – второе поколение, т.е. внуки; **F<sub>3</sub>**, **F<sub>4</sub>** и т.д.
- A** (или **B**, или **C** и т. п.) – доминантный аллель;
- a** (или **b**, или **c** и т. п.) – рецессивный аллель.

### Основные генетические термины

**Аллель** – разные состояния одного и того же гена.

**Аутосомный признак** – ген, его определяющий, находится в аутосомах, т.е. в неполовых хромосомах.

**Гаметы** – половые клетки (яйцеклетки и сперматозоиды).

**Гаплоидный набор хромосом** – одинарный, половинчатый набор хромосом, когда из каждой пары гомологичных хромосом у данной особи есть только одна.

**Ген** – это участок ДНК, в котором закодирована информация об одной или нескольких полипептидных цепях.

**Генотип** – в широком смысле слова: совокупность всех генов организма, в узком – исследуемые гены.

**Гетерозигота** – особь, у которой в гомологичных хромосомах находятся разные аллели, а в гаметы, соответственно, попадают разные аллели. Гетерозиготы обозначаются **Aa**.

**Гомозигота** – особь, несущая в гомологичных хромосомах два одинаковых аллеля (**AA** или **aa**); после мейоза в гаметах одинаковые аллели.

**Гомологичные хромосомы** – парные, одинаковые по форме и размерам и несущие в одних и тех же локусах аллели одного и того же гена; одна из гомологичных хромосом получена организмом от отца, другая – от матери.

**Диплоидный набор хромосом** – полный, двойной набор хромосом.

**Доминантный признак** – проявляющийся в **F<sub>1</sub>** после скрещивания двух гомозигот (доминантной и рецессивной); термин «*доминантный*» означает «*преобладающий*».

**Кариотип** – совокупность хромосом данного вида.

**Локус** – место расположения гена в хромосоме.

**Мейоз** – деление половых клеток в период их созревания; в результате мейоза из одной диплоидной материнской клетки образуются четыре гаплоидные дочерние клетки.

**Митоз** – основной способ деления соматических клеток, когда из одной материнской клетки образуются две дочерние клетки с таким же диплоидным набором хромосом.

**Признак, сцепленный с полом** – ген, его определяющий, находится в половых хромосомах (X или Y), но он формирует какой-то признак, не относящийся к полу.

**Рецессивный признак** – в  $F_1$  не проявляется, но в  $F_2$ ,  $F_3$  и т. д. вновь обнаруживается в потомстве (перевод – «отступающий»).

**Решетка Пеннета** – в таблицу вписываются по горизонтали и вертикали все возможные варианты генотипов гамет отца и матери, а искомые генотипы  $F_1$  находятся в ячейках полученной решетки.

**Фенотип** – совокупность признаков (чаще всего внешних, легко наблюдаемых); в широком смысле это все признаки организма, в узком – исследуемые признаки.

**Хромосомы** – небольшие компактные тельца, образуемые в начале деления клетки путем конденсации (спирализации) хроматина, а в конце деления путем деконденсации (деспирализации) хромосом из них вновь восстанавливается хроматин.

### Метод гибринологического анализа Менделя

Лишь обозначим основные требования этого метода:

1. Скрещивание особей с альтернативными признаками;
2. Анализ потомства каждой особи отдельно от других;
3. Анализ только исследуемых признаков вне зависимости от других;
4. Анализ признаков в ряде поколений;
5. Скрещивание чистосортных особей (гомозигот).

### «Таблица умножения» генетики

Такое рабочее название (по аналогии, как совершенно ясно, с таблицей умножения арифметики) выбрано целенаправленно, дабы подчеркнуть весомость данной конструкции. Как любая таблица умножения, генетическая тоже лежит в основе решения задач. Особенно данная таблица важна при решении задач с цифрами. В этом случае необходимо подсчитывать соотношение различных фенотипических классов по каждому альтернативному аутосомному признаку потомства, а затем находить генотипы их родителей, используя «Таблицу умножения» генетики.

«Таблица умножения» генетики (сокращенная)

| Соотношение фенотипов в $F_1$ | Генотипы родителей                |
|-------------------------------|-----------------------------------|
| 3 : 1                         | Aa x Aa                           |
| 1 : 1                         | Aa x aa                           |
| 2 : 1                         | Aa x Aa (плейотропия)             |
| 1 : 2 : 1                     | Aa x Aa (неполное доминирование)  |
| 9 : 3 : 3 : 1                 | AaBb x AaBb                       |
| 13 : 3                        | AaBb x AaBb (доминантный эпистаз) |
| 9 : 7                         | AaBb x AaBb (рецессивный эпистаз) |

### Принципы решения генетических задач

Также только обозначим главные шаги в алгоритме решения генетических задач.

1. Определить тип задачи.
2. Твердо уяснить условия.
3. Сделать обозначения генов и их аллелей.
4. Записать известные генотипы P и F, используя генотипический радикал (A-) для записи доминантного фенотипа при полном доминировании.
5. Если приведены какие-нибудь цифры, найти их приблизительное соотношение.
6. Выявить недостающие генотипы родителей (либо по генетической логике, либо по «Таблице умножения» генетики).
7. Решить задачу, используя законы Менделя и решетку Пеннета.
8. Ответить только на поставленный вопрос!

## Раздел 2. ТИПИЧНЫЕ ЗАДАЧИ ПО ПСИХОГЕНЕТИКЕ

### Тема 1. МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

#### 1.1. Полное доминирование

#### Разбор типичных задач

##### Задача 1.1

Какова вероятность того, что при скрещивании гетерозиготной карликовой пшеницы между собой в первом поколении будут появляться нормальные по росту растения?

##### Решение

В условиях задачи не сказано, какой признак доминирует, но, очевидно, что таким признаком будет карликовость, т.к. гетерозигота определяет доминантный фенотип. Отсюда обозначаем гены и решаем задачу:

A – карликовость      a – нормальный рост

P: ♀ Aa x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1 AA : 2 Aa : 1 aa

к.    к.    н.

Т.е. вероятность появления нормальных растений будет 1 из 4, т.е. – 1/4 (или 25%).

Ответ: вероятность появления нормальных растений будет ≈ 25% (можно написать и так: ≈ 1/4).

##### Задача 1.2

При скрещивании томатов в первом поколении было получено 55 растений с красными и 19 растений с желтыми плодами. Сколько среди них гетерозигот?

##### Решение

Прежде всего необходимо выяснить, какой аллель является доминантным. Для этого надо найти приблизительное соотношение указанных растений: 55 делим на 19 и получаем ≈ 3 : 1. Тогда, согласно «Таблице умножения» генетики, родители представленных в задаче растений будут гетерозиготами, а доминантным будет красный цвет плодов. Записываем это:

A – красный      a – желтый

P: ♀ Aa x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1 AA : 2 Aa : 1 aa

Отсюда вероятность появления гетерозигот будет 2/4 = 1/2, а т.к. общее число томатов 74, умножаем это число на 1/2 и получаем ≈ 37 штук.

Ответ: гетерозигот среди указанных томатов будет ≈ 37 растений.



### Задача 1.3

На звероферме получен приплод, в котором  $1/4$  часть норок имеет голубовато-серый цвет, а остальные – коричневый. Затем голубовато-серых норок скрестили с другими коричневыми и получили 41 норку с голубовато-серым мехом и 42 – с коричневым. Каковы генотипы родителей?

### Решение

В первом скрещивании соотношение окрасок будет  $3 : 1$  (если  $1/4$  часть потомства имеет рецессивный признак, то с доминантным признаком будет  $3/4$ ). Отсюда можно обозначить гены, а по «Таблице умножения» генетики установить генотипы родителей первого скрещивания:

A – коричневый      a – голубовато-серый

P: ♀ Aa x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1AA : 2Aa : 1aa

Во втором скрещивании соотношение окрасок будет  $\approx 1 : 1$ , тогда (по «Таблице умножения» генетики) можно записать:

P: ♀ Aa x ♂ aa

F<sub>1</sub>: 1Aa : 1aa

**Ответ:** генотипы родителей первого скрещивания будут Aa; второго – Aa и aa.

### Задача 1.4

Праворукость у человека доминирует. Женщина-правша, имеющая от первого брака ребенка-левшу, вышла замуж за мужчину-правшу, у которого есть 3 брата, двое из которых левши. Каковы возможные генотипы мужа и какова вероятность рождения в этой семье детей-левшей?

### Решение

Легко определяется генотип жены: т.к. у нее есть ребенок-левша (т.е. aa), то генотип его матери обязательно будет Aa. С мужем дело обстоит сложнее. На первый взгляд он должен быть Aa, т.к. вроде бы расщепление  $1 : 1$  (2 правой и 2 левой среди всех братьев), тогда их родители должны быть Aa и aa. **НО (!)** 4 ребенка – это недостаточное количество потомства, чтобы делать однозначные выводы. Кроме того, надо обратить внимание на вопрос задачи («возможные генотипы...»). Отсюда делаем вывод, что муж может быть и гомозиготой, и гетерозиготой. Поэтому рассматриваем эти два варианта.

A – правша      a – левша

#### 1-й вариант

P: ♀ Aa x ♂ AA

F<sub>1</sub>: 1 AA : 1 Aa

(вероятность рождения левшей равна 0%)

2-й вариант

P: ♀ Aa x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1AA : 2Aa : 1aa

(вероятность рождения левшей – 25%)

Теперь необходимо вероятности сложить и поделить пополам (т.к. имеются 2 варианта) – (25% + 0%): 2 = 12,5%.

**Ответ:** генотипы мужчины могут быть AA или Aa; вероятность рождения детей-левшей в этой семье равняется 12,5%.

## 1.2. Неполное доминирование

### Разбор типичных задач

#### Задача 1.5

У земляники красные плоды не полностью доминируют над белыми. Какое потомство можно ожидать от скрещивания растений с красными и розовыми плодами?

#### Решение

В данной задаче признаки обозначаем через генотипы, а затем проводим скрещивание:

AA – красные

Aa – розовые

aa – белые

P: ♀ AA x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1AA : 1Aa

кр. роз.

**Ответ:** в потомстве ≈ по 50% будет растений с красными и с розовыми плодами.

#### Задача 1.6

При скрещивании полутемных морских свинок в F<sub>1</sub> было получено 15 полутемных, 8 темных и 7 белых животных. Какова вероятность рождения белых морских свинок, если скрестить между собой полутемных особей из F<sub>1</sub>?

#### Решение

Т.к. соотношение особей в F<sub>1</sub> наблюдается ≈ 1 : 2 : 1, ясно, что данный признак имеет неполное доминирование. Обозначаем гены и проводим скрещивание двух гетерозигот (по «Таблице умножения» генетики):

AA – темные

Aa – полутемные

aa – белые

P: ♀ Aa x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1 AA : 2 Aa : 1 aa

тем. полутем. бел.

**Ответ:** вероятность рождения белых животных равна 25% (или 1/4).

## **ЗАДАЧИ НА МОНОГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ**

### Задача 1.7

Голубой цвет глаз у человека является рецессивным признаком. Один из родителей имеет карие глаза, другой – голубые, у их ребенка голубые глаза. Какова вероятность рождения в этой семье следующего голубоглазого ребенка?

### Задача 1.8

Уменьшенные глаза у дрозофилы – рецессивный признак. Какое потомство можно ожидать от скрещивания гетерозиготных нормальных мух с дрозофилами, имеющими уменьшенные глаза?

### Задача 1.9

У человека праворукость доминирует над леворукостью. Муж-правша (но мать его была левшой), его жена также правша, но имеет от первого брака ребенка-левшу. Какова вероятность рождения в этой семье детей-правшей?

### Задача 1.10

При скрещивании кохинуровых норок в  $F_1$  было получено 36 темных животных (что составило примерно 25% всего  $F_1$ ); примерно столько же было получено и белых норок. Сколько в  $F_1$  было кохинуровых норок? Какое потомство можно ожидать от скрещивания белых и кохинуровых норок?

### Задача 1.11

Какова вероятность появления гетерозигот при скрещивании раннеспелых и позднеспелых растений овса, если в  $F_1$  обнаружены позднеспелые особи? Доминантным признаком является раннеспелость.

### Задача 1.12

У мужа мать больна афибриногенемией (наследуется по рецессивному типу), его сын также имеет эту болезнь. Какова вероятность рождения в этой семье нормальных детей? Сколь вероятно рождение у этих детей нормально-го потомства, если их партнер по браку будет болен афибриногенемией?

### Задача 1.13

При скрещивании мух-дрозофил с нормальными крыльями  $1/4$  потомства имеет редуцированные крылья. Какое потомство следует ожидать, если скрестить указанных выше нормальных мух с особями, имеющими редуцированные крылья?

### Задача 1.14

При скрещивании черных и белых коров и быков получают серо-голубые животные (порода шортгорн). Какой процент вероятности рожде-

ния белых животных можно ожидать, если скрестить между собой: 1) черных и белых; 2) черных и серо-голубых; 3) белых и серо-голубых; 4) серо-голубых и серо-голубых?

### Задача 1.15

При скрещивании томатов в  $F_1$  было получено 547 нормальных растений и 561 – карликовых. Известно, что карликовость определяется рецессивным аллелем. Затем скрестили нормальные растения из  $F_1$  между собой. Сколько в потомстве такого скрещивания будет карликовых растений, если всего получено 2456 особей?

### Задача 1.16

У человека цистинурия определяется рецессивным геном, но у гетерозигот отмечается лишь легкая форма болезни. Известно, что мать мужа и его жена больны цистинурией. Какова вероятность рождения в этой семье детей, с легкой формой болезни? А с тяжелой?

### Задача 1.17

Каковы будут генотипы родительских форм в следующих скрещиваниях мух-дрозофил:

| Родители        | Потомство        |                   |
|-----------------|------------------|-------------------|
|                 | с серой окраской | с черной окраской |
| черная х черная | 0                | 233               |
| черная х серая  | 119              | 123               |
| серая х серая   | 237              | 0                 |
| серая х черная  | 225              | 0                 |
| серая х серая   | 170              | 60                |

### Задача 1.18

Голубой цвет глаз у человека определяется рецессивным аллелем. Жена имеет голубые глаза, муж – карие, но его дед и бабушка по материнской линии были голубоглазыми. Какова вероятность рождения детей с карими глазами?

### Задача 1.19

Талассемия – доминантная болезнь с неполным доминированием. У больных этой болезнью родителей родился ребенок. Могут ли в этой семье быть дети, больные талассемией в тяжелой и в легкой форме, а также здоровые дети?

### Задача 1.20

Какие растения надо скрестить, чтобы получить однородное по форме плода потомство, если у томатов круглые плоды доминируют над грушевидными?

## Тема 2. ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

### 2.1. Дигибридное скрещивание

#### Разбор типичных задач

##### Задача 2.1

У человека праворукость доминирует, а голубоглазость является рецессивным признаком. Кареглазый правша женился на голубоглазой правше, мать которой была левшой. В семье родился голубоглазый левша. Какова вероятность рождения у этих родителей детей-левшей с карими глазами?

##### Решение

Рассуждать о генотипах родителей мы будем так же, как и при моногибридном скрещивании, но по каждому признаку отдельно (согласно третьему закону Менделя). Жена-правша будет гетерозиготой по этому признаку, т.к. ее мать была рецессивной гомозиготой. Муж будет двойной гетерозиготой (или дигетерозиготой), т.к. ребенок является двойной рецессивной гомозиготой. Теперь обозначаем гены и проводим скрещивание (нужный генотип отметим жирным курсивом).

A – карий      a – голубой      B – правша      b – левша

P: ♀ aaBb × ♂ AaBb

F<sub>2</sub>:

| ♂  | AB   | Ab          | aB   | Ab   |      |
|----|------|-------------|------|------|------|
| ♀  | AB   | AaBB        | AaBb | aaBB | aaBb |
| Ab | AaBb | <b>Aabb</b> | aaBb | aabb |      |

Данную задачу можно решить и т.н. «методом вероятностей», например, в нашей задаче: вероятность карего цвета глаз у потомства будет 1/2 (у родителей Aa × aa, а нужен генотип A–), левшей будет 1/4 (родители Bb × Bb, дети – bb), перемножаем: 1/2 × 1/4 = 1/8.

**Ответ:** вероятность рождения кареглазых левшей будет 1/8, или 12,5%.

##### Задача 2.2

У дурмана доминируют пурпурная окраска цветков и колючие семенные коробочки. В F<sub>1</sub> было получено 124 растения пурпурных колючих, 14 белых гладких, 40 белых колючих и 42 пурпурных гладких. Каковы генотипы родителей?

### Решение

Находим соотношение представленных фенотипов  $124 : 42 : 40 : 14 \approx 9 : 3 : 3 : 1$ , т.е., согласно «Таблице умножения» генетики, генотипы родителей должны быть  $AaBb$ . Для проверки надо построить классическую решетку Пеннета и получить искомое соотношение.

**Ответ:** генотипы родителей будут дигетерозиготами  $AaBb$ .

### Задача 2.3

У морских свинок длинная шерсть доминирует над короткой. В  $F_1$  получено 8 короткошерстных белых морских свинок, 15 длинношерстных полутемных, 7 длинношерстных белых, 16 короткошерстных полутемных, 8 длинношерстных темных и 7 короткошерстных темных. Затем длинношерстных полутемных свинок из этого  $F_1$  скрестили между собой. Сколько в потомстве этого скрещивания будет короткошерстных белых животных, если всего была получена 81 свинка?

### Решение

Прежде всего необходимо найти приблизительное расщепление по каждому признаку в отдельности (согласно третьему закону Менделя): короткая шерсть : длинная шерсть =  $30 : 31 \approx 1 : 1$ ; темные : полутемные : белые =  $15 : 31 : 15 \approx 1 : 2 : 1$ . Отсюда мы делаем выводы: 1) окраска шерсти является у морских свинок признаком с неполным доминированием, соответственно этому мы и будем этот признак обозначать; 2) по первому признаку мы имеем, согласно «Таблице умножения» генетики, генотипы родителей  $Aa \times aa$ ; 3) по второму признаку –  $Bb \times Bb$ . Записываем все эти соображения, а потом проводим второе скрещивание (решетки Пеннета приводить не будем).

$A$  – длинная

$a$  – короткая

$BB$  – темная

$Bb$  – полутемная     $bb$  – белая

$P_1$  : ♀  $AaBb$  × ♂  $aaBb$

$F_1$  :  $AaBb$  (не все поколение!)

$P_2$  : ♀  $AaBb$  × ♂  $AaBb$

$F_1$  : 9  $A-B-$  : 3  $A-bb$  : 3  $aaB-$  : 1  $aabb$

Нужный нам генотип будет появляться с вероятностью  $1/16$ , а т.к. всего животных 81 особь, то  $1/16 \times 81 \approx 5$  штук.

**Ответ:** короткошерстных белых морских свинок будет  $\approx 5$  животных.

### Задача 2.4

У дрозофилы доминируют нормальные крылья и нормальные глаза. В  $F_1$  было получено 467 потомков, среди них  $3/8$  были с нормальными признаками,  $1/8$  часть – с нормальными крыльями, но уменьшенными глазами,  $3/8$  – с нормальными глазами,

но уменьшенными крыльями,  $1/8$  – с уменьшенными крыльями, и глазами. Сколько среди них дигетерозигот и гомозигот?

Решение

Не забудем обозначить гены и найдем соотношение каждого признака в  $F_1$ : по крыльям оно будет  $4/8 : 4/8 = 1 : 1$ ; а по глазам получается  $6/8 : 2/8 = 3 : 1$ . По «Таблице умножения» генетики имеем генотипы родителей и проводим скрещивание (дигетерозиготы обозначим жирным курсивом, а гомозиготы – курсивом с подчеркиванием):

A – нормальные крылья      a – уменьшенные крылья  
B – нормальные глаза        b – уменьшенные глаза

P : ♀ aaBb x ♂ AaBb

F<sub>1</sub>:

| ♂  | ♀ | AB                   | Ab                   | aB                   | Ab                  |
|----|---|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| aB |   | AaBB<br>н. н.        | <b>AaBb</b><br>н. н. | <u>aaBB</u><br>у. н. | aaBb<br>у. н.       |
| ab |   | <b>AaBb</b><br>н. н. | Aabb<br>н. у.        | aaBb<br>у. н.        | <u>aaab</u><br>у.у. |

Из решетки Пеннета видно, что искомые генотипы имеют одинаковую вероятность –  $2/8 = 1/4$ , отсюда находим их цифровые эквиваленты:  $467 : 4 \approx 117$  штук.

Ответ: дигетерозигот и гомозигот при этом скрещивании будет  $\approx$  по 117 дрозофил.

## 2.2. Тригибридное скрещивание

### Разбор типичных задач

#### Задача 2.5

Полидактилия (шестипалость), праворукость и близорукость определяются 3 доминантными генами, находящимися в разных парах хромосом. Близорукий мужчина-правша женился на шестипалой близорукой левше. Известно, что обе матери этих супругов были нормальными. В семье родился ребенок-левша. Какова вероятность рождения в этой семье детей-правшей, больных двумя болезнями одновременно, и нормальных детей-левшей?

#### Решение

Гены обозначаются легко. Т.к. матери супругов нормальны, т.е. имеют рецессивные гены, и муж, и жена будут гетерозиготами по близорукости

и полидактилии. Т.к. в семье есть ребенок-левша (т.е. рецессивная гомозигота), его отец будет по этому гену гетерозиготен. Получается (выделим необходимые нам генотипы соответственно жирным курсивом и курсивом с подчеркиванием):

A – полидактилия      B – правша      C – близорукость  
a – норма                      b – левша              c – норма

P: ♀ **AabbCc** x ♂ **aaBbCc**

F<sub>1</sub>:

| ♂    | aBC                  | aBc                  | abC                  | abc                  |        |
|------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|--------|
| ♀    | AbC                  | <b><i>AaBbCC</i></b> | <b><i>AaBbCc</i></b> | AabbCC               | AabbCc |
| Abc  | <b><i>AaBbCc</i></b> | AaBbcc               | AabbCc               | Aabbcc               |        |
| aAbC | aaBbCC               | aaBbCc               | aabbCC               | aabbCc               |        |
| abc  | aaBbCc               | aaBbcc               | aabbCc               | <b><i>aabbcc</i></b> |        |

Получаются ответы: 3/16 и 1/16 соответственно.

Кстати, покажем и решение этой задачи методом вероятностей: 1) нужный генотип: A–B–C–, перемножаем  $1/2 \times 1/2 \times 3/4 = 3/16$ ; 2) нужный генотип aabbcc, перемножаем  $1/2 \times 1/2 \times 1/4 = 1/16$ .

**Ответ:** вероятность рождения детей-правшей с двумя болезнями 3/16 (18,75%); нормальных детей-левшей – 1/16 (6,25%).

### Задача 2.6

Карий цвет глаз, праворукость и синдактилия (сросшие пальцы) – доминантные несцепленные между собой признаки. Какова вероятность рождения голубоглазых правшей, больных синдактилией, если супруги являются тригетерозиготами по этим генам?

### Решение

Обозначим гены и проведем скрещивание

A – кареглазость      a – голубоглазость

B – правша              b – левша

C – синдактилия      c – норма

P: ♀ **AaBbCc** x ♂ **AaBbCc**



F<sub>1</sub>:

| ♂ | ABC | ABc  | AbC  | Abc  | aBC       | aBc         | abC         | abc         |             |
|---|-----|------|------|------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ♀ | ABC | AABV | AABV | AABb | AABb      | AaBB        | AaBB        | AaBb        | AaBb        |
|   | CC  | Cc   | CC   | Cc   | CC        | Cc          | CC          | CC          | Cc          |
|   | ABc | AABV | AABV | AABb | AABb      | AaBB        | AaBB        | AaBb        | AaBb        |
|   | Cc  | cc   | Cc   | cc   | Cc        | cc          | Cc          | cc          | cc          |
|   | AbC | AABb | AABb | AAbb | AAbb      | AaBb        | AaBb        | Aabb        | Aabb        |
|   | CC  | Cc   | CC   | Cc   | CC        | Cc          | CC          | CC          | Cc          |
|   | Abc | AABb | AABb | AAbb | AAbb      | AaBb        | AaBb        | Aabb        | Aabb        |
|   | Cc  | cc   | Cc   | cc   | Cc        | cc          | Cc          | cc          | cc          |
|   | aBC | AaBB | AaBB | AaBb | AaBb      | <b>aaBB</b> | <b>aaBB</b> | <b>aaBb</b> | <b>aaBb</b> |
|   | CC  | Cc   | CC   | Cc   | CC        | <b>Cc</b>   | <b>CC</b>   | <b>CC</b>   | <b>Cc</b>   |
|   | aBc | AaBB | AaBB | AaBb | AaBb      | <b>aaBB</b> | aaBB        | <b>aaBb</b> | aaBb        |
|   | Cc  | cc   | Cc   | cc   | <b>Cc</b> | cc          | <b>Cc</b>   | cc          | cc          |
|   | abC | AaBb | AaBb | Aabb | Aabb      | <b>aaBb</b> | <b>aaBb</b> | aabb        | aabb        |
|   | CC  | Cc   | CC   | Cc   | <b>CC</b> | <b>Cc</b>   | CC          | Cc          | Cc          |
|   | abc | AaBb | AaBb | Aabb | Aabb      | <b>aaBb</b> | aaBb        | aabb        | aabb        |
|   | Cc  | cc   | Cc   | cc   | <b>Cc</b> | cc          | Cc          | cc          | cc          |

Получаем: 9/64. Методом вероятности задача решается – нужный генотип aAb-C-, перемножаем вероятности:  $1/4 \times 3/4 \times 3/4 = 9/64$ .

**Ответ:** вероятность рождения голубоглазых правшей, больных синдактилией, равна 9/64 (≈ 14,1%).

### Задача 2.7

Талассемия – доминантный признак, но у гетерозигот отмечается только легкая форма болезни. Акаталазия – рецессивный признак с неполным доминированием. Муж болен талассемией в легкой форме, а у его жены мать больна акаталазией. У них родился ребенок с фенилкетонурией. Какова вероятность рождения в этой семье полностью здоровых детей и детей, больных талассемией и акаталазией в легкой форме?

### Решение

Два первых признака имеют неполное доминирование, поэтому обозначим их через генотипы. Третий признак наследуется по рецессивному типу, т.к. если бы нормальный фенотип определялся рецессивным геном (т.е. генотипы родителей были бы cc x cc), не мог бы родиться больной ребенок (его генотип должен быть бы C-). Теперь определимся с генотипами родителей: т.к. родился ребенок с фенилкетонурией, родители – гетерозиготы по этому признаку; мать по акаталазии тоже является гетерозиготой, т.к. если ее мать является рецессивной гомозиготой (bb), то ее

отец (по умолчанию!) – доминантная гомозигота (BB); по всем другим признакам мы считаем родителей нормальными. Отсюда записываем (первый вопрос отметим жирным курсивом, второй – курсивом с подчеркиванием):

AA – талассемия      BB – норма      C – норма  
 Aa – легкая форма    Bb – легкая форма    c – фенилкетонурия  
 aa – норма            bb – акаталазия

P: ♀ aaBbCc x ♂ AaBBCC

F<sub>1</sub>:

| ♀   | ABC                  | ABc                  | aBC                  | aBc                  |                      |
|-----|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| ♂   | aBC                  | AaBBCC               | AaBBcC               | <b><i>aaBBCC</i></b> | <b><i>aaBBcC</i></b> |
| aBc | AaBBcC               | AaBBcc               | <b><i>aaBBcC</i></b> | aaBBcc               |                      |
| abC | <b><i>AaBbCC</i></b> | <b><i>AaBbCc</i></b> | aaBbCC               | aaBbCc               |                      |
| abc | <b><i>AaBbCc</i></b> | AaBbcc               | aaBbCc               | aaBbcc               |                      |

Ответ: вероятность рождения нужных нам детей будет примерно по 3/16 (18,75%).

### ЗАДАЧИ НА ПОЛИГИБРИДНОЕ СКРЕЩИВАНИЕ

#### Задача 2.8

Акаталазия – рецессивный признак, но у гетерозигот отмечается лишь легкая форма болезни. Резус-фактор (Rh<sup>+</sup>) – доминантный признак. Муж и жена – Rh<sup>+</sup>, но мать жены болела акаталазией. У них родился ребенок Rh<sup>-</sup>. У мужа от первого брака есть сын, больной акаталазией. Какова вероятность рождения в этой семье дигетерозигот, а также нормальных детей с Rh<sup>+</sup>?

#### Задача 2.9

Глухота у людей может определяться двумя рецессивными генами. Какова вероятность рождения глухих детей, если их глухие родители больны по одному и тому же виду глухоты? А если родители больны разными видами глухоты? Почему брачующимся глухим супругам нельзя состоять даже в отдаленном родстве?

#### Задача 2.10

У крупного рогатого скота красная окраска не полностью доминирует над белой (гетерозиготы – чалые). Какое расщепление по фенотипам в F<sub>2</sub> следует ожидать от скрещивания комолых красных быков с рогатыми белыми коровами, если комолость является доминантным признаком?

### Задача 2.11

Близорукий кареглазый мужчина-правша (все признаки доминантные, не сцепленные друг с другом), мать которого была голубоглазой левшой, женился на голубоглазой близорукой левше, которая имеет от первого брака нормального сына. Какова вероятность рождения нормальных голубоглазых детей-левшей?

### Задача 2.12

У собак черная и короткая шерсть – доминантные несцепленные признаки. В  $F_1$  получено: 18 черных короткошерстных щенков, 7 черных длинношерстных, 6 кофейных короткошерстных и 2 кофейных длинношерстных. Сколько среди этих щенков полностью гомозиготных особей и каков их фенотип?

### Задача 2.13

Полидактилия, близорукость и отсутствие малых коренных зубов определяются доминантными, не сцепленными между собой генами. У жены мать была шестипалой, отец – близоруким. У мужа бабушка не имела коренных зубов; его отец близорук. Супруги унаследовали все болезни своих предков. В семье родился нормальный ребенок. Какова вероятность рождения детей с тремя аномалиями одновременно?

### Задача 2.14

Скрещивались две породы тутового шелкопряда с доминантными признаками: 1) с полосатыми гусеницами; 2) с желтыми коконами. В  $F_1$  было получено 1510 полосатых гусениц, плетущих желтые коконы; 1493 – полосатых белых; 1507 – одноцветных желтых; 1505 – одноцветных белых. Сколько и каких среди них было гомозигот? Какое расщепление будет наблюдаться в потомстве от скрещивания между собой особей из  $F_1$  с доминантными признаками?

### Задача 2.15

Глаукома может определяться доминантным геном, а другая ее форма, не сцепленная с предыдущей, – рецессивным. Какова вероятность больных детей в семье, в которой жена больна глаукомой, ее родители были полными гомозиготами, но отец был здоров? Муж нормален и несет только один патологический аллель глаукомы. У жены отец болен доминантной, а мать – рецессивной формой глаукомы.

### Задача 2.16

При скрещивании темных и светлых морских свинок получают полутемные особи; при скрещивании длинношерстных и короткошерстных – длинношерстные. В  $F_1$  получено 14 полутемных длинношерстных, 15 по-

лутемных короткошерстных, 15 светлых короткошерстных и 13 светлых короткошерстных. Известно, что гомозиготами среди скрещиваемых родителей были только самцы. Какое расщепление по фенотипу можно ожидать, если скрещиваемых вначале самок скрестить с самцами одинакового с ними генотипа?

#### Задача 2.17

Цистинурия – рецессивный признак с неполным доминированием. Кареглазость и близорукость – доминантные несцепленные признаки. Кареглазые, больные цистинурией в легкой форме муж и жена имеют нормального сына. Муж к тому же близорук. Какова вероятность рождения в этой семье кареглазых близоруких детей, страдающих тяжелой формой цистинурии, а также голубоглазых нормальных детей? Обе матери мужа и жены были голубоглазыми.

#### Задача 2.18

При скрещивании томатов в потомстве оказалось 271 растение с красными пушистыми плодами, 267 – с красными гладкими, 89 – с желтыми гладкими и 92 – с желтыми пушистыми. Сколько среди них было дигетерозигот? Гладкие плоды определяются доминантным геном.

#### Задача 2.19

Муж и жена являются правшами (доминантный признак). Муж близорук (доминантный признак), а мать жены болела талассемией (доминантный признак с неполным доминированием). В семье родился сын-левша. Какова вероятность рождения в этой семье близоруких правшей, больных талассемией в легкой форме, если известно, что бабушка и дедушка отца по материнской линии имели нормальное зрение?

#### Задача 2.20

В  $F_1$  получено стадо, в составе которого было 270 телят комолых чалых, 136 – комолых красных, 128 – комолых белых, 272 – рогатых чалых, 135 – рогатых красных, 130 – рогатых белых. Сколько среди них было гомозигот? Комолость (безрогость) доминирует.

### **Тема 3. НАСЛЕДОВАНИЕ ПРИЗНАКОВ, СЦЕПЛЕННЫХ С ПОЛОМ**

#### **Разбор типичных задач**

#### Задача 3.1

Мужчина женился на женщине, имеющей от первого брака сына-дальтоника (рецессивный, сцепленный с полом признак). Какова вероятность рождения в этой семье кондукторов и гемизигот?

### Решение

Гены обозначим в соответствии с вышеприведенными теоретическими выкладками. Т.к. у жены есть сын, гемизиготный по дальтонизму, она является кондуктором. Отсюда записываем:

$$\begin{array}{ll} X - \text{норма} & P: \text{♀ } X_d X \text{ х } \text{♂ } XY \\ X_d - \text{дальтонизм} & F_1: X_d X, XX, X_d Y, XY \end{array}$$

Ответ: вероятность рождения кондукторов и гемизигот в этом скрещивании будет равняться 1/4 (25%) для каждого генотипа.

### Задача 3.2

У канареек зеленая окраска определяется доминантным, сцепленным с полом геном. В  $F_1$  получено 24 коричневые самки, 26 зеленых самцов, 25 зеленых самок и 25 коричневых самок. Сколько среди них гемизигот?

### Решение

В данном случае необходимо обозначить и доминантный, и рецессивный аллели. По поводу родителей можно рассуждать двумя способами: 1) т.к. в потомстве имеется рецессивная гомозигота (коричневые самки), родители будут гемизиготой и кондуктором; 2) соотношение в потомстве наблюдается 1 : 1 : 1 : 1, отсюда родители будут гемизиготой и кондуктором. Записываем (не забудем, что гетерогаметный пол у птиц женский!):

$$\begin{array}{ll} X_A - \text{зеленый} & P: \text{♀ } X_A Y \text{ х } \text{♂ } X_A X_a \\ X_a - \text{коричневый} & F_1: X_A X_a, X_a X_a, X_A Y, X_a Y \end{array}$$

Ответ: гемизигот будет 24 (коричневые самки).

### Задача 3.3

Ихтиоз наследуется как рецессивный, сцепленный с полом признак, катаракта – аутосомный доминантный признак. У больных катарактой родителей родился сын, страдающий ихтиозом. Какова вероятность рождения в этой семье здорового мальчика и девочки с двумя аномалиями?

### Решение

Обозначение генов необходимо производить так: ихтиоз пишем «связанным» с X-хромосомой, а катаракту обозначаем, как обычно. Т.к. сын болен ихтиозом, его мать является кондуктором. Про сына не сказано, что он имеет катаракту, поэтому считаем его нормальным по этому признаку (т.е. рецессивной гомозиготой), отсюда его родители являются гетерозиготами. Записываем все эти рассуждения в генетических символах и проводим скрещивание (нужный нам генотип выделим жирным курсивом):

$$\begin{array}{llll} A - \text{катаракта} & a - \text{норма} & X_1 - \text{ихтиоз} & X - \text{норма} \\ P: \text{♀ } AaX_1X & \text{х } \text{♂ } AaXY \end{array}$$

$F_1:$

|  |                    |                    |                    |                    |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| $\begin{matrix} \text{♀} \\ \text{♂} \end{matrix}$ | AX                 | AY                 | aX                 | AY                 |
| AX   | AAXX               | AAXY               | AaXX               | AaXY               |
| AX <sub>i</sub>                                    | AAX <sub>i</sub> X | AAX <sub>i</sub> Y | AaX <sub>i</sub> X | AaX <sub>i</sub> Y |
| aX   | AaXX               | AaXY               | aaXX               | <b>aaXY</b>        |
| aX <sub>i</sub>                                    | AaX <sub>i</sub> X | AaX <sub>i</sub> Y | aaX <sub>i</sub> X | aaX <sub>i</sub> Y |

Легко видно, что девочек с двумя болезнями в этом скрещивании быть не может, т.к. не возможен генотип X<sub>i</sub>X<sub>i</sub>.

**Ответ:** вероятность рождения нормального сына 1/16 (6,25%), дочери с двумя аномалиями – 0%.

### Задача 3.4

Пигментный ретинит может наследоваться тремя путями: как аутосомный доминантный, как аутосомный рецессивный и как рецессивный, сцепленный с полом признака. Все гены находятся в разных парах хромосом. Определите вероятность рождения здоровых девочек в семье, в которой мать гетерозиготна по всем трем генам, а отец гемизиготен, а в остальном нормален.

### Решение

В данной задаче очень важно правильно обозначить гены (см. ниже). Напомним, что указание о нахождении генов в разных хромосомах указывает на то, что данное скрещивание подчиняется третьему закону Менделя. Выражение «...а в остальном нормален...» свидетельствует о том, что по аутосомным генам отец не имеет патологических аллелей, т.е. является гомозиготой. Записываем генотипы родителей и проводим скрещивание (нужный нам фенотип отметим жирным курсивом, имея в виду, что у здоровых девочек не должно быть «больных» генотипов ни по одному из представленных генов):

A – ретинит      a – норма  
 B – норма      b – ретинит  
 X – норма      X<sub>i</sub> – ретинит

P: ♀ AaBbXX<sub>i</sub> × ♂ aaBBX<sub>i</sub>Y

$F_1:$

|  |                                   |                      |
|--|-----------------------------------|----------------------|
| $\begin{matrix} \text{♀} \\ \text{♂} \end{matrix}$ | aBX <sub>i</sub>                  | aBY                  |
| ABX  | AaBBXX <sub>i</sub>               | AaBBXY               |
| ABX <sub>i</sub>                                   | AaBBX <sub>i</sub> X <sub>i</sub> | AaBBX <sub>i</sub> Y |

|                  |                                   |                      |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|
| AbX              | AaBbX <sub>r</sub> X              | AaBbXY               |
| AbX <sub>r</sub> | AaBbX <sub>r</sub> X <sub>r</sub> | AaBbX <sub>r</sub> Y |
| aBX              | <b>aaBBX<sub>r</sub>X</b>         | aaBBXY               |
| aBX <sub>r</sub> | aaBBX <sub>r</sub> X <sub>r</sub> | aaBBX <sub>r</sub> Y |
| AbX              | <b>aaBbX<sub>r</sub>X</b>         | aaBbXY               |
| abX <sub>r</sub> | aaBbX <sub>r</sub> X <sub>r</sub> | aaBbX <sub>r</sub> Y |

**Ответ:** вероятность рождения здоровых дочерей равна  $2/16 = 1/8$ , или 12,5%.

### Задача 3.5

Нормальная форма глаз дрозофилы доминирует над уменьшенными глазами, а красный цвет – над белым, но сцеплен с X-хромосомой. В F<sub>1</sub> получено потомство: 79 самцов с уменьшенными белыми глазами, 239 самок с нормальными белыми, 82 самки с уменьшенными красными и 243 самца с нормальными красными. Каковы генотипы родителей? Сколько в F<sub>1</sub> было дигетерозигот?

### Решение

Обозначаем гены и находим расщепление по аутосомному признаку: нормальные глаза и уменьшенные будут соотноситься  $\approx 3 : 1$  (482 : 161). Отсюда родители по аутосомному признаку будут гетерозиготами, а по второму признаку рассуждаем: раз в F<sub>1</sub> имеются рецессивные самки и доминантные особи, то самцы-родители будут гемизиготами, а самки – гетерозиготами. Записываем и скрещиваем (нужный нам генотип отметим жирным курсивом):

A – нормальные    a – уменьшенные

X<sub>B</sub> – красные    X<sub>b</sub> – белые

P: ♀ AaX<sub>B</sub>X<sub>b</sub> x ♂ AaX<sub>b</sub>Y

F<sub>1</sub>:

| ♀               | AX <sub>b</sub>                     | AY                              | aX <sub>b</sub>                 | aY                                  |                    |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| ♂               | AX <sub>B</sub>                     | AAX <sub>B</sub> X <sub>b</sub> | AAX <sub>B</sub> Y              | <b>AaX<sub>B</sub>X<sub>b</sub></b> | AaX <sub>B</sub> Y |
| AX <sub>b</sub> | AAX <sub>b</sub> X <sub>b</sub>     | AAX <sub>b</sub> Y              | AaX <sub>b</sub> X <sub>b</sub> | AaX <sub>b</sub> Y                  |                    |
| aX <sub>B</sub> | <b>AaX<sub>B</sub>X<sub>b</sub></b> | AaX <sub>B</sub> Y              | aaX <sub>B</sub> X <sub>b</sub> | aaX <sub>B</sub> Y                  |                    |
| aX <sub>b</sub> | AaX <sub>b</sub> X <sub>b</sub>     | AaX <sub>b</sub> Y              | aaX <sub>b</sub> X <sub>b</sub> | aaX <sub>b</sub> Y                  |                    |

**Ответ:** генотипы родителей – AaX<sub>B</sub>X<sub>b</sub>, AaX<sub>b</sub>Y; дигетерозигот будет  $\approx 80$  штук ( $1/8 \times 643$ ).





Ответ: нормальных сыновей в этой семье не будет (все они болеют, по крайней мере, гипертрихозом), вероятность рождения дочерей, кондукторов агаммаглобулинемии, с легкими формами акаталазия и цистинурии равна  $2/32 = 1/16$  (6,25%).

### **ЗАДАЧИ НА СЦЕПЛЕННОЕ С ПОЛОМ НАСЛЕДОВАНИЕ**

#### Задача 3.7

У кур серый цвет доминирует над белым, а полосатая окраска – над сплошной, но этот ген сцеплен с X-хромосомой. В F<sub>1</sub> получено: 50% самок и 50% самцов имеют серый цвет, неполосатых птиц была примерно 1/4 часть от всего потомства, причем все петушки были с полосатой окраской. Сколько в F<sub>1</sub> было серых полосатых петушков и таких же курочек, если всего в потомстве было 810 птиц?

#### Задача 3.8

Альбинизм глазной – рецессивный, сцепленный с полом признак. Нормальные по этому признаку муж и жена имеют: 1) сына-альбиноса, имеющего нормальную дочь; 2) нормальную дочь, имеющую 7 нормальных детей; 3) нормальную дочь, имеющую сына-альбиноса и нормального сына. Каковы генотипы всех указанных здесь людей?

#### Задача 3.9

У кошек гены черного и рыжего цвета шерсти аллельны и находятся в X-хромосоме, но при их сочетании формируются трехцветные особи. Почему трехцветные коты встречаются крайне редко? Какое потомство можно ожидать от скрещивания трехцветной кошки с рыжим и черным котом?

#### Задача 3.10

Цистинурия – рецессивный аутосомный признак с неполным доминированием (у гетерозигот лишь повышено содержание цистина в моче). Определите вероятность рождения сыновей с гемофилией (рецессивный, сцепленный с полом признак) и повышенным содержанием цистина в моче, если в изучаемой семье муж болен цистинурией, а отец жены болел и цистинурией, и гемофилией, а ее мать была нормальной.

#### Задача 3.11

Серая окраска у кур доминирует над белой, а ген, определяющий полосатую окраску, доминирует и находится в X-хромосоме. Какое по фенотипу потомство следует ожидать от скрещивания серой неполосатой курицы, мать которой была белой, с серым полосатым петухом, если известно, что в F<sub>1</sub> имеются белые неполосатые цыплята?

### Задача 3.12

Кареглазые (доминантный аутосомный признак) муж и жена, матери которых были голубоглазыми, имеют сыновей дальтоника и гемофилика (рецессивные, сцепленные с полом признаки). Какова вероятность рождения детей с двумя аномалиями одновременно и голубоглазых дочерей, кондукторов гемофилии?

### Задача 3.13

У дрозофилы темное тело – рецессивный признак, сцепленный с полом; нормальные глаза наследуются по доминантно-аутосомному типу. В  $F_1$  получено: 1) самцы – 277 с нормальными глазами и с серым телом; 91 – с уменьшенными глазами и с темным телом; 265 – с нормальными глазами и с темным телом; 85 – с уменьшенными глазами и с серым телом; 2) самки – 93 с уменьшенными глазами и с серым телом; 268 – с нормальными глазами и с темным телом; 275 – с нормальными глазами и с серым телом; 87 – с уменьшенными глазами и с темным телом. Каковы генотипы родителей? Какая часть потомства является полностью гомозиготными особями, а какая – гемизиготными?

### Задача 3.14

Акаталазия – рецессивный аутосомный признак, но у гетерозигот болезнь протекает менее тяжело, чем у гомозигот. Жена имеет легкую форму акаталазии, муж – тяжелую. У них родился сын-дальтоник (рецессивный, сцепленный с полом признак). Какова вероятность рождения здоровых девочек? Сколь вероятно появление в этой семье сыновей-дальтоников, больных тяжелой формой акаталазии?

### Задача 3.15

Ихтиоз – рецессивный признак, сцепленный с полом. Катаракта – доминантный аутосомный признак, но другая ее форма, не сцепленная с предыдущей, наследуется как рецессивный аутосомный признак. Известно, что мать и отец жены были гомозиготными больными катарактой, но по разным генам. Ее муж гемизиготен по ихтиозу. В семье родился сын, больной и ихтиозом, и катарактой (причем ее рецессивной формой). Какова вероятность рождения здоровых сыновей и здоровых дочерей, кондукторов ихтиоза?

### Задача 3.16

У кур красный цвет гребня доминирует над кирпичным, а золотистая окраска – над серебристой, но сцеплена с полом. В  $F_1$  получено по 25 самок с красным гребнем и золотистой и серебристой окрасками; 23 самца и 26 самок с кирпичными и золотистыми признаками; 24 самки кирпичные серебристые; по 26 самцов с красными золотистыми и серебристыми при-

знаками; 25 самцов с кирпичными серебристыми признаками. Известно, что из родителей этого  $F_1$  гомозиготные гены имели только самки. Далее самцов-родителей скрещивали с красными золотистыми самками, матери которых были кирпичными. Какова вероятность рождения от этого скрещивания красных золотистых самцов и кирпичных серебристых самок?

## Тема 4. ЯВЛЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННОГО АЛЛЕЛИЗМА

### Разбор типичных задач

#### Задача 4.1

У кроликов окраска шерсти определяется 4 аллелями, доминирование которых можно изобразить:  $C > c^{ch} > c^h > c$ . При этом  $C$  – дикий тип,  $c^{ch}$  – шиншилловая окраска,  $c^h$  – гималайская окраска,  $c$  – альбинос. Скрещивали кроликов дикого типа с шиншилловыми. В  $F_1$  получено 13 кроликов-альбиносов, 27 дикого типа и 14 с шиншилловой окраской. Каковы генотипы родителей и сколько в  $F_1$  было гетерозигот?

#### Решение

Гены обозначаем так, как указано в условиях задачи. Соотношение окрасок  $\approx 1 : 2 : 1$ , т.е. скрещивались гетерозиготы, но т.к. родители были дикого типа и шиншилловые, а в потомстве были альбинос, логично предположить, что скрещивание было:

$C$  – дикий тип  $c^{ch}$  – шиншилловый  $c^h$  – гималайский  $c$  – альбинос

$P: \text{♀ } Cc \times \text{♂ } c^{ch}c$

$F_1: Cc^{ch}; Cc; c^{ch}c; cc$

д д ш а

**Ответ:** генотипы родителей были  $Cc$  и  $c^{ch}c$ ; гетерозигот в  $F_1$  – 41 кролик.

#### Задача 4.2

Длина хвоста у мышей определяется (упрощенно) 4 аллелями:  $A, a_1, a_2$ ; причем гомозиготное состояние любого аллеля вызывает гибель потомства, гетерозигота  $Aa$  имеет укороченный хвост;  $Aa_1, Aa_2$  – бесхвостые;  $aa_1, aa_2, a_1a_2$  – нормальные. Какое потомство можно ожидать от скрещивания бесхвостых мышей с мышами, имеющими укороченный хвост?

#### Решение

Гены обозначаем, как указано выше, учитывая, что гомозиготное состояние аллелей вызывает гибель потомства (летальный исход). Проводим скрещивание:

$Aa$  – укороченный хвост  $aa_1, aa_2, a_1a_2$  – нормальные

$Aa_1, Aa_2$  – бесхвостые       $AA, aa, a_1a_1, a_2a_2$  – леталь

$P: \text{♀ } Aa \times \text{♂ } Aa_1$

$F_1: \begin{array}{cccc} \text{✖} & Aa & Aa_1 & aa_1 \\ & \text{л} & \text{у} & \text{б} & \text{н} \end{array}$

**Ответ:** в потомстве будет соотношение нормальных, бесхвостых и мышей с укороченным хвостом  $1 : 1 : 1$ .

#### 4.1. Наследование групп крови по системе ABO

##### Разбор типичных задач

###### Задача 4.3

Известно, что IV группу крови называют «всеобщим реципиентом» (т.е. к ней можно приливать любую группу крови); I группу – «всеобщим донором» (ее можно приливать всем группам); II группу можно приливать только ко II и IV группам; III группу – только к III и IV группам крови. У мужчины II группа крови, а у его жены – I группа. У них родился сын с I группой крови. Можно ли без предварительного исследования приливать ему кровь его родной сестры?

###### Решение

Т.к. сын имеет генотип OO, его отец будет иметь гетерозиготный генотип:

$P: \text{♀ } OO \times \text{♂ } AO$

$F_1: 1AO : 1OO$

Т.о., сестра может иметь и I, и II группы крови. Т.к. у ее брата I группа крови, а по условию к I группе крови можно приливать только (!) I группу, получается, что без предварительного исследования приливать кровь сестры ее брату нельзя.

**Ответ:** без предварительного исследования приливать кровь сестры ее брату нельзя.

###### Задача 4.4

Акаталазия – рецессивный аутосомный признак, но у гетерозигот отмечается легкая форма болезни. Определите вероятность рождения сыновей, больных акаталазией в тяжелой форме и имеющих I группу крови, в семье, в которой жена имеет II, а муж III группу крови. Известно, что матери и жены, и мужа болели акаталазией, а бабушки и дедушки супругов по отцовской линии имели I группу крови.

### Решение

Акаталазию обозначаем через генотипы (т.к. это признак с неполным доминированием). Матери мужа и жены являлись по этому признаку рецессивной гомозиготой, а их отцы были здоровыми (по умолчанию!), т.е. доминантной гомозиготой. Бабушки и дедушки отцов этих супругов были с генотипом  $OO$ , т.е. эти отцы тоже были с генотипом  $OO$ , отсюда муж и жена по группам крови были гетерозиготами. Проводим скрещивание и находим нужный нам генотип (жирный курсив):

$CC$  – норма  $Cc$  – легкая форма  $cc$  – акаталазия

$P: \text{♀ } AOCc \times \text{♂ } BOCc$

$F_1:$

| $\text{♂ } \text{♀}$ | $AC$   | $Ac$   | $OC$   | $Oc$                     |
|----------------------|--------|--------|--------|--------------------------|
| $BC$                 | $ABCC$ | $ABCc$ | $BOCC$ | $BOCc$                   |
| $Bc$                 | $ABCc$ | $ABcc$ | $BOCc$ | $BOcc$                   |
| $OC$                 | $AOCC$ | $AOCc$ | $OCCc$ | $OCCc$                   |
| $Oc$                 | $AOCc$ | $AOcc$ | $OCCc$ | <b><math>OOcc</math></b> |

Вероятность рождения больных акаталазией детей с I группой крови равняется  $1/16$  (6,25%). **НО!** В вопросе спрашивается о сыне с таким фенотипом! Можно было бы учитывать половые хромосомы (т.е.  $XX$  и  $XY$ ), что только бы увеличило решетку Пеннета, но можно просто разделить ответ пополам (т.к. сыновья и дочери рождаются в отношении  $1:1$ ) –  $1/16 : 2 = 1/32$ .

Ответ: вероятность рождения сыновей с I группой крови и больных акаталазией в тяжелой форме равняется  $1/32$  (3,125%).

### Задача 4.5

Женщина, отец которой болел гипоплазией (доминантный, сцепленный с X-хромосомой признак), имеет сына с I группой крови, который болен гипертрихозом (сцепленный с Y-хромосомой признак), и дочь с IV группой крови. Какова вероятность проявления в этой семье обеих аномалий у других детей, имеющих группы крови своих родителей?

### Решение

Жена по гипоплазии гетерозиготна, т.к. отец передаст ей  $X_A$ -хромосому (он болен), а мать нормальна (по умолчанию). Муж болен гипертрихозом, т.к. его сын мог получить эту болезнь только от отца; по гипоплазии он нормален. Коль дети имеют I и IV группы крови, их родители должны иметь II и III группы (причем в гетерозиготном состоянии). Проводим

скрещивание и находим нужный нам генотип (с жирным курсивом):

$X_A$  – гипоплазия     $Y$  – норма

$X_a$  – норма             $Y_g$  – гипертрихоз

$P: \text{♀ } AOX_A X_a \times \text{♂ } BOX_a Y_g$

$F_1:$

| ♀ ♂    | $BX_a$      | $BY_g$                        | $OX_a$      | $OY_g$                        |
|--------|-------------|-------------------------------|-------------|-------------------------------|
| $AX_A$ | $ABX_A X_a$ | $ABX_A Y_g$                   | $AOX_A X_a$ | <b><math>AOX_A Y_g</math></b> |
| $AX_a$ | $ABX_a X_a$ | $ABX_a Y_g$                   | $AOX_a X_a$ | $AOX_a Y_g$                   |
| $OX_A$ | $BOX_A X_a$ | <b><math>BOX_A Y_g</math></b> | $OOX_A X_a$ | $OOX_A Y_g$                   |
| $OX_a$ | $BOX_a X_a$ | $BOX_a Y_g$                   | $OOX_a X_a$ | $OOX_a Y_g$                   |

Ответ: вероятность рождения детей с двумя аномалиями (причем это будут только мальчики!) и имеющих группы крови родителей (т.е. II и III) равняется  $2/16 = 1/8$  (12,5%).

#### Задача 4.6

Талассемия – доминантный аутосомный признак, но у гетерозигот болезнь протекает менее тяжело, чем у гомозигот. Женщина с легкой формой талассемии и II группой крови вышла замуж за мужчину с IV группой крови. От первого брака у этой женщины есть сын с I группой крови и большой дальтонизмом (рецессивный, сцепленный с полом признак). Какова вероятность рождения: 1) сына-дальтоника с III группой крови и легкой формой талассемии; 2) дочери-дальтоника с I группой крови и тяжелой формой талассемии?

#### Решение

Талассемию обозначаем генотипами (это признак с неполным доминированием). Дальтонизм через X-хромосому. Жена по всем генам является гетерозиготой (т.к. ее сын имеет дальтонизм и является рецессивной гомозиготой по I группе крови). Мужчина по талассемии был нормальным, т.е. рецессивной гомозиготой. Записываем скрещивание (нужный нам генотип отметим жирным курсивом):

$CC$  – талассемия

$Cc$  – легкая форма     $cc$  – норма

$X$  – норма

$X_d$  – дальтонизм

$P: \text{♀ } AOCcX_d X \times \text{♂ } ABccXY$

F<sub>1</sub>:

| ♀ ♂              | AcX                  | AcY                  | BcX                  | BcY                       |
|------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|
| ACX <sub>d</sub> | AACcX <sub>d</sub> X | AACcX <sub>d</sub> Y | ABCcX <sub>d</sub> X | ABCcX <sub>d</sub> Y      |
| ACX              | AACcXX               | AACcXY               | ABCcXX               | ABCcXY                    |
| OCX <sub>d</sub> | AOCcX <sub>d</sub> X | AOCcX <sub>d</sub> Y | BOCcX <sub>d</sub> X | <b>BOCcX<sub>d</sub>Y</b> |
| OCX              | AOCcXX               | AOCcXY               | BOCcXX               | BOCcXY                    |
| AcX <sub>d</sub> | AAccX <sub>d</sub> X | AAccX <sub>d</sub> Y | ABccX <sub>d</sub> X | ABccX <sub>d</sub> Y      |
| AcX              | AAccXX               | AAccXY               | ABccXX               | ABccXY                    |
| OcX <sub>d</sub> | AOccX <sub>d</sub> X | AOccX <sub>d</sub> Y | BOccX <sub>d</sub> X | BOccX <sub>d</sub> Y      |
| OcX              | AOccXX               | AOccXY               | BOccXX               | BOccXY                    |

**Ответ:** 1) вероятность рождения сыновей-дальтоников с III группой крови и с легкой формой талассемии равняется 1/32 (3,125%); 2) вероятность рождения дочерей-дальтоников с I группой крови и тяжелой формой талассемии равняется 0% (причем по любому из этих трех признаков).

### **ЗАДАЧИ НА МНОЖЕСТВЕННЫЙ АЛЛЕЛИЗМ И НАСЛЕДОВАНИЕ ГРУПП КРОВИ ПО СИСТЕМЕ ABO**

#### Задача 4.7

У мальчика I группа крови, у его сестры – IV. Могут ли другие их братья или сестры иметь группы крови своих родителей?

#### Задача 4.8

Кареглазый (доминантный аутосомный признак) мужчина со II группой крови женился на голубоглазой женщине с III группой крови. У них родился голубоглазый сын с I группой крови. Какова вероятность рождения кареглазых детей с IV группой крови?

#### Задача 4.9

Женщина со II группой крови имеет нормальное зрение, но ее мать страдала ночной слепотой, ее отец – дальтоник (рецессивные, сцепленные с полом признаки), он имеет I группу крови. Ее муж – дальтоник, его родители были гомозиготами с III и II группами крови. Определите вероятность рождения ребенка с ночной слепотой и IV группой крови, а также дочерей-дальтоников со II группой крови.

#### Задача 4.10

Мужчина со II группой крови из семьи, все члены которой в течение нескольких поколений имели только эту группу крови, болен гипертрихозом (сцепленный с Y-хромосомой признак). Его жена больна полидактилией (аутосомный доминантный признак) и имеет IV группу крови. От первого брака у нее дочь. Какова вероятность рождения в этой семье сыновей с обеими аномалиями и какие группы крови у них возможны?

#### Задача 4.11

Мужчина-правша (доминантный аутосомный признак) с III группой крови женился на женщине-правше со II группой крови. У них родилась дочь-левша с I группой крови. Какова вероятность рождения следующего сына-правши с IV группой крови? Определите также вероятность рождения у этого сына детей-левшей, если партнер по браку является левшой.

#### Задача 4.12

Акаталазия – рецессивный аутосомный признак, но у гетерозигот только снижена активность каталазы. Женщина-правша (доминантный аутосомный признак) со II группой крови, мать которой страдала акаталазией, а отец-левша имел I группу крови, вышла замуж за мужчину-левшу, родители которого были гомозиготами с III и II группами крови. Какова вероятность рождения детей, имеющих одинаковый с отцом фенотип?

#### Задача 4.13

Муж и жена имеют II и III группы крови. Могут ли внуки этих родителей иметь такие же группы крови, как у их дедушки и бабушки, если дети указанных выше мужа и жены вступят в брак с обладателями таких же групп крови, как и у этих детей?

#### Задача 4.14

Мужчина со II группой крови, отец которого был болен галактоземией (аутосомный рецессивный признак), а мать – дальтонизмом (сцепленный с полом, рецессивный признак), женился на женщине с III группой крови, бабка и дед которой по материнской линии также страдали галактоземией. У них родилась дочь с I группой крови. Определите вероятность того, что второй ребенок будет больным галактоземией сыном с I группой крови. Может ли он болеть дальтонизмом?

#### Задача 4.15

У мышей окраска шерсти определяется геном, имеющим 5 аллелей (расположены по порядку доминирования): AY – желтая; AL – светлое брюхо; A – агути; at – черная с подпалинами; a – черная. Какое потомство можно ожидать от следующих скрещиваний: 1) AYa x Aat; 2) Aa x ALa?



### Задача 4.16

Мужчина с IV группой крови женился на женщине с I группой крови. У них родился сын-гемофилик (рецессивный, сцепленный с полом признак), больной фенилкетонурией. Могут ли в этой семье родиться дети, похожие на своих родителей? Сколь вероятно рождение больных детей?

### Задача 4.17

Жена со II группой крови, у которой есть от первого брака сын-дальтоник (рецессивный, сцепленный с полом признак) с I группой крови, вышла замуж за мужчину с I группой крови и больного аниридией (доминантный аутосомный признак), у которого от первого брака есть дочь с III группой крови. Определите вероятность рождения детей: 1) больных двумя болезнями; 2) больных только дальтонизмом; 3) больных только аниридией. Какие группы крови возможны у здоровых сыновей и в каком соотношении?

### Задача 4.18

Женщина с I группой крови, имеющая от первого брака глухого (рецессивный аутосомный признак) сына-дальтоника (рецессивный, сцепленный с полом признак), вступает в брак с глухим мужчиной с IV группой крови. У них родилась дочь, больная ночной слепотой (рецессивный, сцепленный с полом признак). Какова вероятность рождения нормальных девочек со II группой крови и нормальных мальчиков с III группой крови в этой семье?

## **Тема 5. ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ЗАКОНОВ МЕНДЕЛЯ**

### **5.1. Множественное действие генов (плейотропия)**

#### **Разбор типичных задач**

### Задача 5.1

При скрещивании линейных карпов между собой в потомстве обнаруживается треть чешуйчатых и две трети линейных карпов. Как это можно объяснить?

### Решение

Находим соотношение фенотипов –  $2/3 : 1/3 = 2 : 1$ , отсюда (согласно «Таблице умножения» генетики) делаем вывод, что данный ген является плейотропным и в гомозиготном состоянии вызывает гибель потомства, причем линейность доминирует. Записываем скрещивание:

AA – леталь    Aa – линейные    aa – чешуйчатые  
P: ♀ Aa × ♂ Aa  
F<sub>1</sub>: 1AA : 2Aa : 1aa  
леталь лин. чеш.

Ответ: указанное соотношение объясняется плейотропным действием гена.

Задача 5.2

У кур ген коротких ног доминирует и вызывает одновременно укорочение клюва, причем у гомозигот клюв так мал, что цыплята не могут пробить скорлупу и гибнут. После скрещивания ползающих кур на инкубацию поместили около 2400 яиц. Предположите, сколько цыплят будет получено и сколько среди них будет коротконогих?

Решение

Как было представлено выше, ген коротких ног в гомозиготном состоянии вызывает гибель потомства, так его и обозначим. Проведем скрещивание:

AA – леталь      Aa – короткие ноги      aa – нормальные ноги

P: ♀ Aa x ♂ Aa

F<sub>1</sub>: 1 ~~AA~~ : 2 Aa : 1 aa

леталь      к. н.      н. н.

Из результатов скрещивания видно, что выживет только 3/4 (75%) потомства, причем коротконогих кур будет 1/2 всего F<sub>1</sub> (50%). Поскольку в вопросе спрашивается «сколько?», определяем ответ в «штуках».

Ответ: будет получено ≈ 1800 цыплят, причем среди них коротконогих будет ≈ 1200 штук.

Задача 5.3

При скрещивании желтых мышей между собой 25% эмбрионов гибнет, 25% имеют серый цвет шерсти, остальные – желтые. Нормальный тип шерсти определяется доминантным аутосомным геном (рецессивный признак – длинная шерсть). Какое потомство можно ожидать при скрещивании двух дигетерозигот по этим генам?

Решение

Из условий задачи понятно, что первый ген имеет плейотропный характер; отсюда обозначим гены и проведем скрещивание:

AA – гибель

B – нормальная

Aa – желтый

b – длинная

aa – серый

P: ♀ AaBb x ♂ AaBb

F<sub>1</sub>:

| ♀ ♂ | AB                        | Ab                        | aB    | ab    |
|-----|---------------------------|---------------------------|-------|-------|
| AB  | <del>AABB</del><br>гибель | <del>AABb</del><br>гибель | AaBB  | AaBb  |
| Ab  | <del>AaBb</del><br>гибель | <del>Aabb</del><br>гибель | AaBb  | Aabb  |
|     |                           |                           | ж. н. | ж. н. |
|     |                           |                           | ж. н. | ж. д. |

|    |               |               |               |               |
|----|---------------|---------------|---------------|---------------|
| AB | AaBb<br>ж. н. | AaBb<br>ж. н. | aaBB<br>с. н. | aaBb<br>с. н. |
| Ab | AaBb<br>ж. н. | Aabb<br>ж. д. | aaBb<br>с. н. | aabb<br>с. д. |

Ответ: вероятность рождения желтых мышей с нормальной шерстью будет  $6/12 = 1/2$  (50,0%); желтых с длинной –  $2/12 = 1/6$  ( $\approx 16,7\%$ ); серых с нормальной –  $3/12 = 1/4$  (25,0%); серых с длинной –  $1/12$  ( $\approx 8,3\%$ ).

## 5.2. Пенетрантность

### Разбор типичных задач

#### Задача 5.4

По некоторым данным, определенная форма шизофрении наследуется как доминантный аутосомный признак, но его пенетрантность у гомозигот составляет 100%, а у гетерозигот – 20%. 1) Какова вероятность проявления данной формы шизофрении при скрещивании гетерозиготных носителей этого гена? 2) Сколь вероятно проявление данной болезни в семье, в которой муж нормален, его жена болеет шизофренией, но по линии ее отца никогда не отмечалась шизофрения?

#### Решение

Гены обозначаем как обычно, но с учетом их пенетрантности. По первому вопросу скрещивание записывается легко. Во второй семье, по условиям задачи, муж является рецессивной гомозиготой, а жена будет гетерозиготой, т.к. ее отец был рецессивной гомозиготой (нормален).

AA – болезнь (пенетрантность – 100%)

Aa – болезнь (пенетрантность – 20%)

aa – норма

1) P: ♀ Aa × ♂ Aa

2) P: ♀ Aa × ♂ aa

F<sub>1</sub>: 1AA : 2Aa : 1aa

F<sub>1</sub>: 1Aa : 1aa

б б н

б н

По первому скрещиванию «больных» генотипов будет  $3/4$  (75%), но необходимо провести более тщательный подсчет: вероятность гомозигот равняется  $1/4$  (25%), т.к. пенетрантность у гомозигот равна 100%, ответ по гомозиготам будет 25%; вероятность гетерозигот равняется  $1/2$  (50%), умножаем ее на величину пенетрантности (20%):  $50\% \times 20\% = 10\%$  (или  $1/2 \times 1/5 = 1/10$ ); теперь складываем эти две цифры:  $25\% + 10\% = 35\%$ .

Во втором скрещивании вероятность больных детей по генотипу будет  $1/2$  (50%), умножаем ее на величину пенетрантности гетерозигот (20%):  $50\% \times 20\% = 10\%$  (или  $1/2 \times 1/5 = 1/10$ ).

Ответ: вероятность рождения больных детей будет: 1) 35%; 2) 10%.

### Задача 5.5

Ретинобластома – доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 60%. Отосклероз наследуется по тому же типу, но его пенетрантность равняется 30%. Больные ретинобластомой родители имеют нормального сына. Кроме того, мать больна и отосклерозом. Какова вероятность рождения дочерей, больных двумя болезнями, если известно, что матери этих родителей были нормальными по ретинобластоме?

### Решение

Гены обозначаем с учетом пенетрантности. По первому признаку родители были гетерозиготами, а по второму – мать также была гетерозиготой, т.к. их сын у нее является рецессивной гомозиготой. Отсюда проводим скрещивание, отметив необходимый нам генотип жирным курсивом:

A – ретинобластома (пенетрантность – 60%)    a – норма

B – отосклероз (пенетрантность – 30%)        b – норма

P: ♀ AaBb x ♂ Aabb

F<sub>1</sub>:

|    |             |      |             |      |
|----|-------------|------|-------------|------|
| ♀  | AB          | Ab   | aB          | ab   |
| ♂  |             |      |             |      |
| Ab | <b>AABb</b> | Aabb | <b>AaBb</b> | Aabb |
| ab | <b>AaBb</b> | Aabb | aaBb        | aabb |

Т.о., вероятность необходимого нам генотипа будет 3/8, умножаем эту цифру на значение пенетрантностей обоих признаков:  $3/8 \times 6/10 \times 3/10 = 54/800 = 27/400$ . Теперь эту цифру надо разделить пополам:  $27/400 : 2 = 27/800$  (т.к. необходимы девочки, а мальчики и девочки рождаются в отношении 1 : 1).

Ответ: вероятность рождения девочек, больных двумя болезнями, в этой семье равняется 27/800 ( $\approx 3,4\%$ ).

## **5.3. Взаимодействие неаллельных генов**

### **5.3.1. Эпистаз (подавление)**

#### **Разбор типовых задач**

### Задача 5.6

У тыквы окраска плодов определяется аутосомным геном, причем его доминантный аллель формирует желтый цвет, а рецессивный – зеленый. Однако окраска подавляется доминантным аллелем другого, не сцепленного с предыдущим, аутосомного

гена. Сколько в  $F_1$  при скрещивании дигетерозигот будет желтых особей, если всего получено 114 тыква?

### Решение

Обозначаем гены с учетом эпистаза. Генотипы родителей обозначены в условиях задачи, поэтому проводим скрещивание и находим нужный нам фенотип (отметив его жирным курсивом):

A – желтый      B – подавляет A и a  
a – зеленый     b – не подавляет A и a

P: ♀ AaBb × ♂ AaBb  
F<sub>1</sub>: 9A-B- : 3A-bb : 3aaB- : 1aabb  
         бел    жел.    бел.    зел.

Желтых особей будет 3/16, или в штуках – 3/16 × 114 ≈ 21 тыква.

Ответ: желтых особей в  $F_1$  будет примерно 21 тыква.

### Задача 5.7

При скрещивании кукурузы с белыми зернами в  $F_1$  все потомство было с белыми плодами. Когда гибриды  $F_1$  скрестили между собой, в  $F_2$  получили 158 растений с белыми зернами и 35 растений – с пурпурными. Как это можно объяснить? Какая доля растений с белыми плодами будет получаться при скрещивании гетерозиготной кукурузы с пурпурными зернами из  $F_2$  между собой?

### Решение

Находим соотношение признаков в  $F_2$  – 158 : 35 ≈ 13 : 3. По «таблице умножения» генетики делаем вывод, что в данном скрещивании наблюдается доминантный эпистаз и что скрещиваются дигетерозиготы. Т.е. данный признак определяется двумя несцепленными аутосомными генами, причем один из них подавляет проявление другого. Т.к. в  $F_1$  наблюдается единообразие потомства, можно сделать вывод, что родители этих гибридов были гомозиготами. Обозначим гены, проведем оба скрещивания, чтобы доказать, что наши рассуждения верны:

A – пурпурная окраска      B – подавляет A  
a – белая окраска            b – не подавляет A

P<sub>1</sub>: ♀ AABV × ♂ aabb  
F<sub>1</sub>: AaBb (все белые)  
P<sub>2</sub>: ♀ AaBb × ♂ AaBb  
F<sub>2</sub>: 9A-B- : 3A-bb : 3aaB- : 1aabb  
         бел.    пур.    бел.    бел.

Т.о. наши рассуждения оказались правильными, т.к. совпадают с условиями задачи. Теперь проводим еще одно указанное в задаче скрещивание (нужный генотип отмечаем полужирным шрифтом):

$P: \text{♀ } Aabb \times \text{♂ } Aabb$   
 $F_1: 1AAbb : 2Aabb : 1aabb$   
 пур. пур. бел.

**Ответ:** характер наследования окраски зерен у кукурузы определяется доминантным эпистазом; при скрещивании растений с пурпурными плодами из  $F_2$  между собой вероятность появления особей с белыми зернами равняется  $1/4$  (25%).

### Задача 5.8

У садового душистого горошка красные цветки доминируют над белыми и определяются аутосомным геном. Однако при скрещивании растений с красными цветками в потомстве было получено 93 горошка с белыми цветками и 115 – с красными. Как можно это объяснить? Какова вероятность появления мужских растений с белыми цветками, если скрещивались растения с красными цветками, один из родителей которых был двойной рецессивной гомозиготой, с растениями с белыми цветками, один из гомозиготных родителей которых имел красные цветки, а другой – только рецессивные аллели?

### Решение

Находим соотношение признаков –  $115 : 93 \approx 9 : 7$ . Исходя из «Таблицы умножения» генетики делаем вывод, что в данной задаче наблюдается случай рецессивного эпистаза. Поэтому для обозначения признака вводим два гена. Разбираемся со вторым вопросом. Растения с красными цветками будут дигетерозиготой, т.к. должны быть два доминантных аллеля (иначе не будет красного цвета), а один из родителей был рецессивной гомозиготой. Растения с белыми цветками будут нести доминантный аллель красного цвета, но в гетерозиготном состоянии (один из родителей был рецессивной гомозиготой); по второму гену они были рецессивными гомозиготами, т.к. имеют белые цветки. Обозначаем гены, записываем скрещивание и отмечаем нужный нам генотип жирным курсивом:

А – красный                      В – не подавляет А  
 а – белый                         в – подавляет А  
 $P: \text{♀ } AaBb \times \text{♂ } Aabb$   
 $F_1:$

|   |    |             |             |             |             |
|---|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ♀ | AB | Ab          | aB          | Ab          |             |
| ♂ | Ab | <b>AABb</b> | <b>Aabb</b> | AaBb        | <b>Aabb</b> |
|   | ab | AaBb        | <b>Aabb</b> | <b>aaBb</b> | <b>aabb</b> |

Нужный нам генотип имеет вероятность проявления  $5/8$ , а т.к. в вопро-

се обозначены мужские растения, необходимо эту цифру поделить пополам –  $5/8 : 2 = 5/16$ .

**Ответ:** вероятность появления мужских растений с белыми цветками равняется  $5/16$  (31,25%).

### 5.3.2. Комплементарность (дополнительность)

#### Разбор типичных задач

##### Задача 5.9

При скрещивании кур, имеющих ореховидный гребень, в  $F_1$  было получено 5 птиц с гороховидным гребнем, 19 – с ореховидным, 6 – с розовидным и 2 – с листовидным гребнем. Сколько гомозиготных и дигетерозиготных особей будет в  $F_1$  при скрещивании куриц с гороховидным и розовидным гребнем, если планируется получить примерно 120 птиц? Известно, что среди родителей скрещиваемых кур были птицы с листовидным гребнем.

##### Решение

Прежде всего определяем характер наследования данного признака: находим соотношение типов гребней –  $19 : 6 : 5 : 2 \approx 9 : 3 : 3 : 1$ , т.е. наблюдается типичное расщепление для скрещивания дигетерозигот в случае дигибридного скрещивания. Отсюда вывод: данный признак определяется двумя аутосомными несцепленными генами, взаимодействующими по принципу комплементарности. В соответствии с этим и обозначаем гены (см. ниже). Скрестить нам необходимо гетерозиготные особи, поскольку один из их родителей имели лишь рецессивные гены (т.к. у них листовидный гребень). Проводим скрещивание и отмечаем гомозиготных кур жирным курсивом, дигетерозиготных – курсивом с подчеркиванием.

$A-B-$  – ореховидный       $A-bb$  – гороховидный

$aaB-$  – розовидный       $aabb$  – листовидный

$P: \text{♀ } Aabb \times \text{♂ } aaBb$

$F_1: \mathbf{1AaBb}; 1Aabb; 1aaBb; \mathbf{1aabb}$

Т.о., необходимые нам генотипы имеют вероятность по  $1/4$ , а всего в потомстве планируется получить  $\approx 120$  птиц, поэтому нужных нам особей будет  $1/4 \times 120 \approx 30$  штук.

**Ответ:** гомозиготных и дигетерозиготных птиц в  $F_1$  будет  $\approx$  по 30 особей.

### Задача 5.10

Окраска лошадей определяется тремя комплементарными генами:

|        |                   |        |           |
|--------|-------------------|--------|-----------|
| A-B-C- | – саврасая        | aaB-C- | – гнедая  |
| A-B-cc | – мышастая        | aaB-cc | – бурая   |
| A-bbC- | – булано-саврасая | aaaaC- | – буланая |
| A-bbcc | – соловая         | aavvcc | – рыжая   |

Скрещивали гнедых лошадей с мышастыми конями. Можно ли ожидать в их потомстве саврасых, булано-мышастых и соловых потомков, если известно, что матери скрещиваемых лошадей и отцы скрещиваемых коней были рыжими?

### Решение

Гены обозначим так, как было указано выше. Гнедые и мышастые родители будут гетерозиготами, т.к. их родители были рецессивными гомозиготами (рыжими). Отсюда проводим скрещивание и находим нужные нам генотипы (отметив их жирным курсивом, курсивом с подчеркиванием и просто курсивом):

P: ♀ aaBbCc x ♂ AaBbcc

F<sub>1</sub>:

| ♀     | ABc           | Abc           | aBc    | abc    |
|-------|---------------|---------------|--------|--------|
| ♂ aBC | <b>AaBBcC</b> | <b>AaBbCc</b> | aaBBcC | aaBbCc |
| aBc   | AaBBcc        | AaBbcc        | aaBBcc | aaBbcc |
| abC   | <b>AaBbCc</b> | <u>AabbCc</u> | aaBbCc | aabbCc |
| abc   | AaBbcc        | <i>Aabbcc</i> | aaBbcc | Aabbcc |

Ответ: в потомстве можно ожидать рождения саврасых (вероятность – 3/16, или 18,75%), булано-саврасых (вероятность – 1/16, или 6,25%) и соловых (вероятность – 1/16, или 6,25%) лошадей.

### Задача 5.11

У льна голубая окраска определяется аутосомным геном (причем его доминантным аллелем), а розовая – рецессивным аллелем. Но проявление этого признака зависит от другого аутосомного гена, при этом доминантный аллель определяет окрашенный венчик, а рецессивный – неокрашенный. Сколько в F<sub>1</sub> при скрещивании двух дигетерозигот будет растений с розовым венчиком, если всего получено 7340 растений?



### Решение

Наследование данного признака осуществляется по типу комплементарности, в соответствии с этим и обозначим гены. Проводим скрещивание, расщепление в  $F_1$  напишем сразу, без построения решетки Пеннета (по «Таблице умножения» генетики), отметив необходимые нам генотипы жирным курсивом:

$A-B-$  – голубые     $aaB-$  – розовые     $A-bb$  или  $aabb$  – белые

$P: \text{♀ } AaBb \times \text{♂ } AaBb$

$F_1: 9A-B- : 3A-bb : 3aaB- : 1aabb$

гол.    бел.    роз.    бел.

Итого розовых особей будет  $3/16$ , а т.к. всего дано растений 7340, получаем ответ  $3/16 \times 7340 = 1376$  штук.

Ответ: будет получено примерно 1376 растений с розовыми цветками.

### 5.3.3. Полимерия

#### Разбор типичных задач

##### Задача 5.12

При скрещивании коричневых норок было получено 5 платиновых животных и 77 коричневых. Сколько среди них было гетерозиготных и гомозиготных особей? Какое расщепление можно ожидать от скрещивания платиновых и коричневых норок, если среди их родителей были платиновые самцы?

##### Решение

Приблизительное соотношение указанных фенотипов будет в указанном скрещивании  $77 : 5 \approx 15 : 1$ , отсюда можно предположить, что данный признак определяется двумя аутосомными генами (т.к. всего получилось 16 фенотипических классов). Соотношение  $15 : 1$  является типичным для полимерии, можно выдвинуть гипотезу, что доминантные аллели обоих генов вызывают коричневую окраску, а рецессивные – платиновую. Таким образом и обозначим гены. Соотношение  $15 : 1$  показывает, что скрещивались две дигетерозиготы. Проводим скрещивание, отмечая гетерозиготные особи жирным курсивом, а гомозиготные – курсивом с подчеркиванием.

$A-B-$  – коричневый     $aaB-$  – коричневый

$A-bb$  – коричневый     $aabb$  – платиновый

$P: \text{♀ } AaBb \times \text{♂ } AaBb$

$F_1:$

|   |   |                    |                    |      |                    |
|---|---|--------------------|--------------------|------|--------------------|
|   | ♀ | AB                 | Ab                 | aB   | ab                 |
| ♂ |   | AB                 | <b><u>AABb</u></b> | AaBb | AaBB               |
|   |   | <b><u>AaBB</u></b> | AABb               | AaBB | <b><u>AaBb</u></b> |

|    |             |             |             |             |
|----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| aB | AaBB        | <i>AaBb</i> | <i>aaBB</i> | aaBb        |
| ab | <i>AaBb</i> | Aabb        | aaBb        | <i>aabb</i> |

Таким образом, необходимые нам генотипы имеют вероятность появления в  $F_1$ :  $4/16 = 1/4$  (25%), всего животных получено 82 штуки, поэтому необходимых нам порок будет  $\approx 20$  штук ( $1/4 \times 82$ ).

Второе скрещивание в этой задаче необходимо провести между дигетерозиготой (коричневые норки, у которых есть платиновые отцы, т.е. рецессивные гомозиготы) и рецессивной гомозиготой (платиновые).

P: ♀ AaBb x ♂ aabb

F<sub>1</sub>: AaBb, Aabb, aaBb, aabb

к. к. к. п.

Ответ: в  $F_1$  гетерозиготных и гомозиготных особей будет примерно по 20 животных; во втором скрещивании  $3/4$  (75%) будет коричневых порок и  $1/4$  (25%) – платиновых.

### Задача 5.13

Цвет кожи у мулатов наследуется по типу кумулятивной полимерии, при этом за данный признак отвечают два аутосомных несплеженных гена. Потомок негра и белой женщины выбрал белую жену. Какие типы окраски кожи возможны в этой семье и в каком соотношении? Если бы указанный мулат женился бы на мулатке, имеющей одинаковый с ним генотип, какое бы расщепление наблюдалось бы в этом случае?

### Решение

Т.к. признак наследуется по типу кумулятивной полимерии, негры будут иметь все доминантные аллели, белые – все рецессивные, а мулаты – то или иное количество доминантных аллелей. В соответствии с этим и обозначим гены. Указанный в задаче мулат будет дигетерозиготой (т.к. его родители были доминантной и рецессивной гомозиготами), а его супруга будет рецессивной гомозиготой. Во втором случае необходимо скрестить две дигетерозиготы.

$A_1A_1A_2A_2$  – негры                       $a_1a_1a_2a_2$  – белые                      2 дом. аллеля – мулаты

3 дом. аллеля – темные мулаты                      1 дом. аллель – светлые мулаты

1) P: ♀  $a_1a_1a_2a_2$  x ♂  $A_1a_1A_2a_2$

F<sub>1</sub>:  $A_1a_1A_2a_2$ ;  $A_1a_1a_2a_2$ ;  $a_1a_1A_2a_2$ ;  $a_1a_1a_2a_2$   
мулаты    св. мул.    св. мул.    белые

2) P: ♀  $A_1a_1A_2a_2$  x ♂  $A_1a_1A_2a_2$

F<sub>1</sub>:

| ♂        | ♀              | $A_1A_2$       | $A_1a_2$       | $a_1A_2$       | $a_1a_2$       |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| $A_1A_2$ | $A_1A_1AA_2$   | $A_1A_1AA_2$   | $A_1A_1A_2a_2$ | $A_1a_1A_2A_2$ | $A_1a_1A_2a_2$ |
| $A_1a_2$ | $A_1A_1A_2a_2$ | $A_1A_1A_2a_2$ | $A_1A_1a_2a_2$ | $A_1a_1A_2a_2$ | $A_1a_1a_2a_2$ |
| $a_1A_2$ | $A_1a_1A_2A_2$ | $A_1a_1A_2A_2$ | $A_1a_1A_2a_2$ | $a_1a_1A_2A_2$ | $a_1a_1A_2a_2$ |
| $a_1a_2$ | $A_1a_1A_2a_2$ | $A_1a_1a_2a_2$ | $A_1a_1a_2a_2$ | $a_1a_1A_2a_2$ | $a_1a_1a_2a_2$ |

По числу доминантных аллелей легко установить окраску кожи у предполагаемого потомства.

**Ответ:** в данной семье по 25% будет мулатов и белых детей, а вероятность рождения светлых мулатов ожидается в 50%. При скрещивании дигетерозигот вероятность рождения негров и белых потомков будет по 1/16 (6,25%); мулатов – 6/16 (37,50%); светлых и темных мулатов – по 4/16 (25,00%).

### **ЗАДАЧИ НА ТЕМУ “ОТКЛОНЕНИЯ ОТ ЗАКОНОВ МЕНДЕЛЯ”**

#### Задача 5.14

Голштинская порода крупного рогатого скота определяется доминантным аутосомным геном, рецессивный аллель которого в гомозиготе вызывает гибель потомства. Какова вероятность рождения нежизнеспособных телят от скрещивания гетерозиготного быка со своими дочерьми, полученными от его скрещивания с гомозиготной коровой?

#### Задача 5.15

Платиновый цвет у лисиц определяется доминантным аутосомным плейотропным геном, рецессивный признак – серебристый цвет. Какие пары наиболее выгодно скрещивать, чтобы получить наибольшее количество платиновых лисиц (пока этот цвет является модным)?

#### Задача 5.16

Ангиоматоз наследуется как аутосомный доминантный признак с пенетрантностью 50%; ген ночной слепоты сцеплен с X-хромосомой и рецессивен, а гипертрихоз сцеплен с Y-хромосомой. У больных ангиоматозом родителей родился сын, больной обеими болезнями, сцепленными с полом. Какова вероятность рождения нормальных девочек и больных всеми тремя болезнями мальчиков в этой семье?

### Задача 5.17

У попугайчиков цвет оперения зависит от двух несцепленных аутосомных генов: сочетание доминантных аллелей определяет зеленый фенотип, рецессивных – белый; другие окраски – желтый и голубой. Какое соотношение будет наблюдаться при скрещивании зеленых попугайчиков между собой, если в  $F_1$  отмечены белые птицы? Каковы генотипы имеющихся желтых и голубых попугайчиков, если при их скрещивании не получается белое потомство? Каких по генотипу зеленых попугайчиков необходимо скрестить, чтобы получить белых птиц, и с какой вероятностью они будут появляться в потомстве при этом скрещивании?

### Задача 5.18

При скрещивании желтых мышей между собой в  $F_1$  получено 26 желтых и 14 серых потомков, а при скрещивании серых мышей между собой всегда получается серое потомство. Как это можно объяснить? Какое расщепление можно ожидать от скрещивания желтых и серых мышей из  $F_1$  между собой?

### Задача 5.19

Дизостоз наследуется как аутосомный доминантный признак с пенетрантностью 50%, дальтонизм – рецессивный, сцепленный с полом признак. Гипертрихоз сцеплен с Y-хромосомой. У жены от первого брака есть сын-дальтоник, а ее мать болела дизостозом. Отец мужа болен гипертрихозом. Какова вероятность рождения в этой семье нормальных мальчиков, девочек-дальтоников, страдающих дизостозом, а также мальчиков, больных всеми тремя болезнями?

### Задача 5.20

При скрещивании серых мышей между собой было получено потомство из 64 серых, 26 черных и 35 белых мышей. Сколько среди них дигетерозигот? Какова вероятность рождения при подобном скрещивании полностью гомозиготных серых, черных и белых особей?

### Задача 5.21

У кукурузы при скрещивании растений с белыми зернами получено расщепление в  $F_1$ : 93 особи с белыми и 20 – с пурпурными. Как это можно истолковать? Могут ли от скрещивания пурпурных растений между собой быть отмечены в  $F_1$  растения с белыми зернами?

### Задача 5.22

При скрещивании короткошерстных мексиканских догов часто наблюдается гибель потомства (примерно 25%), а в других случаях этого нет. Что можно сказать о типе наследования данного признака? Каковы будут генотипы родителей в обоих указанных выше случаях?

### Задача 5.23

Если скрестить белые тыквы между собой, то в потомстве обнаруживается расщепление  $\approx 12 : 3 : 1$  (соответственно белые, желтые и зеленые). Как наследуется данный признак? Сколько желтых особей мужского пола можно получить от скрещивания гетерозиготных белых растений между собой, если планируется вырастить около 2000 растений?

### Задача 5.24

Одна из форм глухоты определяется двумя генами, причем для нормального слуха необходимо иметь доминантные аллели обоих генов. Известно, что жена имеет нормальный слух, но ее мать была рецессивной гомозиготой. Ее муж имеет слабый слух, но в генотипе у него есть только один нормальный аллель. Какова вероятность рождения в этой семье глухих, нормальных детей и потомков со слабым слухом?

### Задача 5.25

В одной семье мать болеет аутосомными доминантными болезнями: ангиоматозом (пенетрантность – 50%), отосклерозом (пенетрантность – 30%) и ретинобластомой (пенетрантность – 60%). Ее муж болен отосклерозом и ретинобластомой. В семье родился нормальный ребенок. Какова вероятность рождения следующего ребенка, болеющего тремя болезнями одновременно?

### Задача 5.26

Известен редкий эпистатический ген, подавляющий проявление доминантных аллелей множественного гена, определяющего наследование групп крови по системе АВО. Какие группы крови можно ожидать у потомков скрещивания лиц, имеющих IV группу крови и являющихся гетерозиготами по указанному эпистатическому гену?

### Задача 5.27

От скрещивания нескольких черных собак породы кокер-спаниель получено 2 желтых, 18 черных, 5 рыжих и 4 коричневых потомка. Сколько среди них гомозигот? Могут ли при скрещивании рыжих и коричневых собак появиться в  $F_1$  черные особи? А при скрещивании рыжих с желтыми?

### Задача 5.28

Нормальная шерсть у мышей доминирует над длинной (аутосомный признак). Желтый цвет шерсти кодируется доминантным плеiotропным геном. Указанные гены находятся в разных хромосомах. В  $F_1$  было получено 13 желтых мышей с длинной шерстью; 6 – серых с нормальной; 7 – серых с длинной и 11 – желтых с нормальной шерстью (причем 12 эмбрионов с желтой окраской оказались мертворожденными). Сколько в  $F_1$  дигетерозигот?

## Тема 6. СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ

### Разбор типичных задач

#### Задача 6.1

У человека гены резус-фактора (Rh) и эллиптоцитоза (касаются формы эритроцитов) определяются аутосомными доминантными генами, они сцеплены и находятся друг от друга на расстоянии 3 морганид. В одной семье отец был Rh<sup>+</sup> и страдал эллиптоцитозом; его жена была Rh<sup>-</sup>. В другой семье отец также болел эллиптоцитозом, но был Rh<sup>-</sup>, а его жена была Rh<sup>+</sup>. В обеих семьях родились сыновья Rh<sup>+</sup>, больные эллиптоцитозом. Какова вероятность рождения детей, имеющих одинаковый с отцами фенотип, если жены указанных сыновей будут иметь фенотип Rh<sup>-</sup> с нормальными эритроцитами?

#### Решение

Обозначим гены: A – Rh<sup>+</sup>; a – Rh<sup>-</sup>; B – эллиптоцитоз; b – норма. Т.к. в первой семье оба доминантных аллеля имел отец, а мать (по умолчанию!) была нормальной и Rh<sup>-</sup>, т.е. рецессивной гомозиготой. Отсюда генотип первого сына будет:

$$\begin{array}{c} \leftarrow AB \\ ab \end{array}$$

Во второй семье доминантные аллели имели и отец, и мать, поэтому их сын будет иметь эти аллели в разных хромосомах:

$$\begin{array}{c} \leftarrow Ab \\ aB \end{array}$$

По условиям задачи жены этих сыновей являются рецессивными гомозиготами, отсюда проведем два скрещивания, учитывая возможность кроссинговера между этими двумя генами, расстояние между которыми равняется 3 морганидам (нужный нам генотип отметим жирным курсивом):

$$\begin{array}{l}
 1) \quad P: \quad \text{♀} \begin{array}{c} \leftarrow ab \\ ab \end{array} \times \text{♂} \begin{array}{c} \leftarrow AB \\ ab \end{array} \\
 F_1: \quad \begin{array}{c} \leftarrow AB \\ ab \end{array} \quad \begin{array}{c} \leftarrow ab \\ ab \end{array} \quad \begin{array}{c} \leftarrow Ab \\ ab \end{array} \quad \begin{array}{c} \leftarrow aB \\ ab \end{array} \\
 \underbrace{\hspace{10em}}_{97\%} \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{3\% \text{ (кроссоверные)}}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 2) \quad P: \quad \text{♀} \begin{array}{c} \leftarrow ab \\ ab \end{array} \times \text{♂} \begin{array}{c} \leftarrow Ab \\ aB \end{array} \\
 F_1: \quad \begin{array}{c} \leftarrow Ab \\ ab \end{array} \quad \begin{array}{c} \leftarrow aB \\ ab \end{array} \quad \begin{array}{c} \leftarrow AB \\ ab \end{array} \quad \begin{array}{c} \leftarrow ab \\ ab \end{array} \\
 \underbrace{\hspace{10em}}_{97\%} \qquad \underbrace{\hspace{10em}}_{3\% \text{ (кроссоверные)}}
 \end{array}$$

**Ответ:** вероятность рождения детей Rh<sup>+</sup> и больных эллиптоцитозом у первого сына будет ≈ 48,5%, а у второго ≈ 1,5%.

### Задача 6.2

У кроликов пятнистая шерсть доминирует над сплошной, а нормальная шерсть – над ангорской; причем оба гена находятся в одной аутосоме. В  $F_1$  получено 134 пятнистых нормальных кролика, 21 – ангорский пятнистый, 23 – нормальных сплошных и 140 – ангорских сплошных. Каковы генотипы родителей этих животных и каково расстояние между указанными генами в данном опыте?

### Решение

Обозначим гены: А – пятнистые; а – сплошные; В – нормальные; b – ангорские. В подобного типа задачах сумма меньших цифр будет составлять количество кроссоверных особей (т.к. процент кроссинговера, как указывалось выше, всегда будет меньше 50%). В нашем случае общее число кроликов получается 318, а количество кроссоверных особей (ангорских пятнистых и нормальных сплошных) – 44. Поэтому их процент составляет  $\approx 13,8\%$  ( $44 : 318 \times 100\%$ ), т.е. расстояние между генами будем 13,8 морганиды. Генотипы родителей будут соответствовать тем генотипам  $F_1$ , которые представлены в наибольшем количестве, т.е. пятнистым нормальным и сплошным ангорским кроликам. Отсюда проведем указанное скрещивание, чтобы доказать нашу правоту:

$$\begin{array}{ccccccc} P : & \text{♀} & \begin{array}{l} \leftarrow \overline{AB} \\ \overline{ab} \end{array} & \times & \text{♂} & \begin{array}{l} \leftarrow \overline{ab} \\ \overline{ab} \end{array} & \\ F_1: & \begin{array}{l} \leftarrow \overline{AB} \\ \overline{ab} \end{array} & \begin{array}{l} \leftarrow \overline{ab} \\ \overline{ab} \end{array} & \begin{array}{l} \leftarrow \overline{Ab} \\ \overline{ab} \end{array} & \begin{array}{l} \leftarrow \overline{aB} \\ \overline{ab} \end{array} & & \\ & \text{пят. нор.} & \text{спл. анг.} & \text{пят. анг.} & \text{спл. норм.} & & \end{array}$$

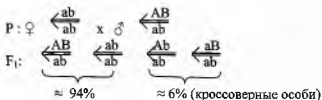
Ответ: генотипы родителей будут – дигетерозигота и рецессивная гомозигота; расстояние между генами будет  $\approx 13,8$  морганиды.

### Задача 6.3

Скрещивались гомозиготные самцы дрозофил, имеющие серое тело и красные глаза (доминантные признаки), с самками с черным телом и пурпурными глазами. Какое потомство следует ожидать от скрещивания гибридов первого поколения со своими матерями? Ген окраски находится в одной из аутосом дрозофилы в локусе 48,5 морганиды, а ген окраски глаз – в локусе 54,5 морганиды.

### Решение

Обозначим гены: А – серое тело; а – черное тело; В – красные глаза; b – пурпурные глаза. Расстояние между этими генами будет равно 6 морганидам (54,5 – 48,5). Гибриды  $F_1$  будут дигетерозиготами, причем оба доминантных аллеля будут находиться в одной гомологичной хромосоме; их матери будут рецессивными гомозиготами. Отсюда:



**Ответ:** в потомстве будет примерно по 47% особей с серым телом и красными глазами, а также с черным телом и пурпурными глазами; примерно по 6% особей с серым телом и пурпурными глазами, а также с черным телом и красными глазами.

## **ЗАДАЧИ НА СЦЕПЛЕННОЕ НАСЛЕДОВАНИЕ**

### Задача 6.4

Гены группы крови по системе АВО и дефекта ногтей и коленной чашечки (доминантные аутосомные признаки) находятся на расстоянии 10 морганид. Известно, что жена имела следующих гомозиготных родителей: отца со II группой крови и большого дефектом ногтей и коленной чашечки и мать с I группой крови. У мужа — I группа крови. Сколь вероятно рождение в этой семье детей, имеющих дефект ногтей и коленной чашечки с I, II, III и IV группами крови?

### Задача 6.5

У томатов доминируют аутосомные сцепленные признаки высокого роста и шаровидной формы плода. В  $F_1$  получено 88 растений с высоким стеблем и шаровидными плодами; 359 — с низким ростом и шаровидными плодами; 357 — с высоким стеблем и грушевидными плодами и 92 — с низким ростом и грушевидными плодами. Какое расстояние между указанными генами получается по результатам данного скрещивания?

### Задача 6.6

У кукурузы расстояние между генами формы семян и их окраски составляет 3,6 морганиды. Эти признаки аутосомные, причем доминирует гладкая форма семян над морщинистой, а окрашенные семена — над неокрашенными. Скрещивались гомозиготные растения: 1) с гладкими неокрашенными семенами; 2) с морщинистыми окрашенными семенами. Гибриды из этого  $F_1$  скрещивались с растениями, имеющими морщинистые неокрашенные семена. Сколько можно ожидать в этом скрещивании растений с гладкими окрашенными семенами, если планируется получить около 1000 растений?



### Задача 6.7

У мышей аутосомные доминантные признаки длинной и нормальной шерсти сцеплены. В  $F_1$  получено 49 животных с извилистой длинной шерстью, 13 – с прямой длинной шерстью, 48 – с прямой нормальной шерстью и 12 – с извилистой нормальной шерстью. Каково расстояние между данными генами?

## Тема 7. ПОПУЛЯЦИОННАЯ ГЕНЕТИКА

### Разбор типичных задач

#### Задача 7.1

Алькаптонурия наследуется как рецессивный аутосомный признак. В одном крупном городе было выявлено 99 больных этим заболеванием на 1 миллион жителей. Установите генетическую структуру данной популяции по указанному признаку.

#### Решение

Прежде всего обозначим гены: А – норма; а – алькаптонурия. Затем подсчитаем вероятность проявления данной болезни в этом городе:  $99 : 1\ 000\ 000 \approx 1/10\ 000 = 0,0001$ . Эта величина будет соответствовать частоте встречаемости в данной популяции рецессивной гомозиготы  $aa$  (т.е.  $q^2$ ), отсюда определяем частоту встречаемости рецессивного аллеля:  $q = \sqrt{1/10000} = 1/100 = 0,01$ . Отсюда можно вычислить частоту встречаемости доминантного аллеля:  $p = 1 - q = 1 - 1/100 = 99/100 = 0,99$ .

Теперь подсчитываем частоту встречаемости генотипов:  $AA$  ( $p^2$ ) =  $0,99^2 = 0,9801$ ;  $Aa$  ( $2pq$ ) =  $2 \times 0,01 \times 0,99 = 0,0198$ . Если сложить все эти значения частот, мы получим 1,0 – значит, задача решена правильно.

**Ответ:** в данной популяции доминантных гомозигот будет 98,01%, рецессивных – 0,01%, а гетерозигот – 1,98%.

#### Задача 7.2

В одной популяции человека на 52 000 новорожденных было зарегистрирован 21 больной тяжелой формой талассемии (доминантный аутосомный признак с неполным доминированием). Определите частоту встречаемости в этой популяции гена талассемии и предположите, сколько человек в этой популяции будет болеть легкой формой талассемии?

#### Решение

Обозначим гены:  $AA$  – тяжелая форма талассемии,  $Aa$  – легкая форма,  $aa$  – норма. Частоту встречаемости генотипа  $AA$  (т.е.  $p^2$ ) можно подсчитать из условий задачи:  $21 : 52\ 000 \approx 0,0004$ ; отсюда находим частоту встречае-

мости гена талассемии А:  $p = \sqrt{0,0004} = 0,02$ . Определяем частоту встречаемости рецессивного аллеля а:  $q = 1 - p = 1 - 0,02 = 0,98$ . Теперь можно подсчитать частоту встречаемости гетерозигот Аа:

$$2pq = 2 \times 0,02 \times 0,98 = 0,0392 = 3,92\%.$$

Всего жителей в популяции 52 000, т.е. число больных легкой формой талассемии будет:  $3,92\% \text{ от } 52\ 000 = 2038$  человек.

**Ответ:** частота встречаемости гена талассемии в этой популяции равняется 2%; примерно 2038 человек будут страдать легкой формой талассемии.

### Задача 7.3

Подagra определяется доминантным аутосомным геном, но у женщин его пенетрантность составляет 0%, а у мужчин – 20%. Определите генетическую структуру популяции, если среди 10 000 жителей подagra имеют 190 человек.

### Решение

Обозначим гены: А – подagra; а – норма. Подсчитаем процент проявления подagры в данной популяции:  $190 : 10\ 000 = 0,019$ , или 1,9%. Т.к. пенетрантность этого признака у мужчин составляет 20%, 1,9% необходимо умножить на 5 (т.к. отмеченные больные будут только мужчинами), получаем 9,5%. Т.к. мужской и женский пол наследуются по 50%, полученные 9,5% необходимо умножить на 2, тогда реальное процентное отношение людей, имеющих генотипы АА и Аа, будет 19%. Значит, население с генотипом аа будет  $100\% - 19\% = 81$ , или 0,81 (это соответствует величине  $q^2$ ). Отсюда находим  $q = \sqrt{0,81} = 0,9$ . Тогда величина  $p = 1 - q = 1 - 0,9 = 0,1$ . Отсюда доминантных гомозигот будет: АА ( $p^2$ ) =  $0,1^2 = 0,01 = 1\%$ . Теперь подсчитаем число гетерозигот: Аа ( $2pq$ ) =  $2 \times 0,1 \times 0,9 = 0,18 = 18\%$ .

**Ответ:** в данной популяции генотипы встречаются следующим образом: АА – 1%; Аа – 18%; аа – 81%.

### Задача 7.4

В некоторых научных статьях приводятся данные о распространении групп крови среди популяций человека. Например, среди пигмеев Африки эти частоты выглядят следующим образом: I группа – 30,2%; II группа – 30,3%; III группа – 29,1%; IV группа – 10,4%. Определите частоту встречаемости в популяции пигмеев аллелей гена группа крови по системе АВО.

### Решение

Напомним, что группы крови кодируются тремя аллелями одного гена (А, В, О), причем I группа определяется генотипом ОО, II группа – АА или АО, III группа – ВВ или ВО, IV группа – АВ. Обозначим аллели следующим образом: р – частота встречаемости аллеля А; q – аллеля В; r – аллеля О.

В данном случае формулы закона Харди-Вайнберга имеют следующий вид:

$$p + q + r = 1; \quad p^2 + q^2 + r^2 + 2pq + 2pr + 2qr = 1.$$

Из условий задачи можно определить, что  $r^2 = 30,2\% = 0,302$ , отсюда  $r = \sqrt{0,302} \approx 0,549 = 54,9\%$ . Генотипы II группы составляют величину:  $(p^2 + 2pr) = 30,3\% = 0,303$  (генотипы AA и AO); III группы:  $(q^2 + 2qr) = 29,1\% = 0,291$  (генотипы BB и BO); IV группы:  $2rq = 10,4\% = 0,104$  (генотип AB). Далее необходимо скомбинировать эти цифры в два варианта:

$$1) p^2 + 2pr + r^2 = (p + r)^2; \quad 2) q^2 + 2qr + r^2 = (q + r)^2.$$

По условиям задачи первая величина  $(p + r)$  равна  $30,3\% + 30,2\% = 60,5\% = 0,605$ . Отсюда  $(p + r) = \sqrt{0,605} \approx 0,778$ , тогда  $p = 0,778 - r = 0,778 - 0,549 = 0,229 = 22,9\%$ . Аналогично вторая величина  $(q + r)$  равна  $29,1\% + 30,2\% = 59,3\% = 0,593$ . Отсюда  $(q + r) = \sqrt{0,593} \approx 0,770$ , тогда  $q = 0,770 - r = 0,770 - 0,5493 = 0,221 = 22,1\%$ . В сумме получаем:  $54,9\% + 22,9\% + 22,1\% = 99,9\%$  (отклонение от 100% объясняется приближением в вычислениях).

**Ответ:** в популяциях пигмеев частоты встречаемости аллелей гена группы крови по системе ABO составляют: A – 22,9%; B – 22,1%; O – 54,9%.

## ЗАДАЧИ ПО ПОПУЛЯЦИОННОЙ ГЕНЕТИКЕ

### Задача 7.5

В одной популяции гороха среди 5000 растений обнаружено 4234 особи с желтыми горошинами (доминантный аутосомный признак), остальные – с зелеными. Какова генетическая структура данной популяции?

### Задача 7.6

Врожденный вывих бедра определяется аутосомным доминантным геном с пенетрантностью 25%. Всего в одном городе обнаружено 25 случаев этой болезни на 10 000 жителей. Сколько среди них гетерозигот?

### Задача 7.7

В одном городе обнаружено 9% населения, имеющих I группу крови. Каков процент встречаемости в этом городе IV группы крови, если предположить, что частоты доминантных аллелей данного гена встречаются здесь примерно поровну?

### Задача 7.8

Красная окраска крупного рогатого скота не полностью доминирует над белой (гетерозиготы имеют чалую окраску). В одном стаде насчитывается 5420 чалых, 876 белых и 234 красных животных. Определите частоту встречаемости в этой популяции доминантного и рецессивного аллелей данного гена.

### Задача 7.9

Фенилкетонурия определяется аутосомным рецессивным геном. Подсчитайте количество людей – носителей этого гена в одном городе, если количество болезней на 25 000 жителей составило 6 случаев.

## ЗАДАЧИ НА ВСЕ ПРЕДСТАВЛЕННЫЕ ВЫШЕ ТЕМЫ

### Задача 1

Женщина со II группой крови, мать которой болела ночной слепотой (рецессивный, сцепленный с полом признак), имеет от первого брака сына-дальтоника (рецессивный, сцепленный с полом признак) с I группой крови. Она вышла замуж за мужчину из семьи, все члены которой в течение нескольких поколений имели III группу крови. У них родилась дочь, больная фенилкетонурией (признак наследуется по аутосомному типу). Какова вероятность рождения: 1) здоровых сыновей с I группой крови; 2) здоровых дочерей с IV группой крови?

### Задача 2

Платиновость у лисиц доминирует над серебристостью и определяется плейотропным геном. Короткий хвост у этих животных – рецессивным аутосомным геном. Какое потомство можно ожидать от скрещивания платиновых лисиц с нормальным и коротким хвостом, если в потомстве отмечены щенки с коротким хвостом?

### Задача 3

Красная ягода земляники не полностью доминирует над белой. Сколько гетерозигот можно ожидать в  $F_2$  от скрещивания растений с красными и белыми ягодами между собой, если ожидается получить во втором поколении около 800 растений?

### Задача 4

Цистинурия – рецессивный аутосомный признак, но у гетерозигот наблюдается легкая форма болезни. Дисплазия – доминантный, сцепленный с полом признак. Мужчина с III группой крови, мать которого болела цистинурией, а отец имел I группу крови, женился на женщине с IV группой крови, отец которой страдал дисплазией, а в остальном был нормален. В семье родился сын-гемофилик (рецессивный, сцепленный с полом признак). Какова вероятность рождения: 1) детей, имеющих IV группу крови и любые две болезни одновременно; 2) сыновей с III группой крови, больных дисплазией? Могут ли дочери в этой семье быть кондукторами только гемофилии?

### Задача 5

Длина хвоста у мышей определяется геном, имеющим 4 аллеля: доминантный A и 3 рецессивных: a, a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>. Причем гомозиготы по любому ал-

лею погибают;  $Aa$  определяет укороченный хвост;  $Aa_1$  и  $Aa_2$  – бесхвостые;  $aa_1$ ,  $aa_2$  и  $a_1a_2$  – нормальные особи. Какое потомство будет от скрещивания мышей с укороченным хвостом и животных с нормальных хвостом ( $aa_2$ )?

### Задача 6

У собак черная и короткая шерсть – доминантные аутосомные несцепленные признаки. В F<sub>1</sub> было получено 17 щенков с черной короткой шерстью, 7 – с кофейной длинной, 6 – с черной длинной и 18 – с кофейной короткой шерстью. Сколько среди них было гомозиготных самцов?

### Задача 7

Кареглазый (доминантный аутосомный признак) мужчина с I группой крови женился на голубоглазой женщине с IV группой крови. У них родился сын-дальтоник (рецессивный, сцепленный с полом признак) с голубыми глазами. Какова вероятность рождения в этой семье следующего здорового кареглазого сына? Какие группы крови у него возможны и в каком соотношении?

### Задача 8

Известно, что кровь людей I группы можно переливать всем другим группам, кровь II группы – только II и IV группам, кровь III группы – только III и IV группам, а кровь IV группы переливается только лицам с этой же группой крови. Всегда ли можно (без предварительного исследования в лаборатории, а только по результатам генетического анализа) переливать кровь отца его детям или кровь сестры ее родному брату? Известно, что мужчина имеет II группу крови, а его жена – I группу. Можно ли переливать кровь между детьми этих родителей на условиях, описанных выше?

### Задача 9

Одна из наследственных форм глухоноты наследуется как аутосомно-рецессивный признак. Анализ уровня заболеваемости данной болезнью в одном крупном городе показал, что на каждый миллион его жителей приходится примерно 16 случаев болезни. Сколько в этом городе носителей рецессивного аллеля данного гена, если в городе около 3 миллионов жителей?

### Задача 10

Талассемия – аутосомный признак с неполным доминированием (у гетерозигот отмечается легкая форма болезни). Какова вероятность рождения здоровых девочек у женщины, мать которой больна дальтонизмом (рецессивный, сцепленный с полом признак), а отец имел тяжелую форму талассемии, если ее муж нормален?

### Задача 11

Акаталазия – рецессивный аутосомный признак, но у гетерозигот лишь снижена активность каталазы. Дальтонизм – рецессивный, сцепленный с полом признак. В одной семье родилось 2 детей: мальчик с I группой крови, имеющий пониженную активность каталазы, и девочка с IV группой крови, больная дальтонизмом. Известно, что у всех предков их отца и у всех предков его жены по материнской линии никогда не отмечалась акаталазия ни в какой форме. Какова вероятность рождения в этой семье фенотипически здоровых детей, имеющих группы крови своих родителей?

### Задача 12

В  $F_1$  получено 16 короткошерстных мексиканских догов и 8 нормальных собак. Как это можно объяснить? Какое потомство можно ожидать от скрещивания короткошерстных догов между собой?

### Задача 13

У овса доминантный аутосомный ген черного цвета зерен подавляет другой аутосомный доминантный ген серого цвета, причем эти гены не сцеплены. Рecessивные аллели по двум генам одновременно обуславливают белую окраску. В  $F_1$  было получено 43 растения с черными зернами, 6 – с серыми и 7 – с белыми. Сколько среди них дигетерозигот и дигомозигот? Какие они будут по фенотипу? Известно, что у матерей этого  $F_1$  один из генов был в гомозиготном состоянии.

### Задача 14

При скрещивании черной короткошерстной собаки (аутосомные доминантные несцепленные признаки) с черной длинношерстной в потомстве среди прочих оказались щенки с кофейной и длинной шерстью. Определите вероятность рождения при таком скрещивании кофейных самок с короткой шерстью.

### Задача 15

Ночная слепота наследуется как рецессивный признак, сцепленный с полом. Отец жены имел эту болезнь, у ее мужа от первого брака есть дочь, больная ночной слепотой. Определите вероятность рождения в этой семье нормальных дочерей и нормальных сыновей.

### Задача 16

Темная окраска тела и длинная шерсть у морских свинок – аутосомные доминантные признаки, не сцепленные между собой. Однако при скрещивании темных в светлых животных получаются полутемные, а длинношерстных с короткошерстными – длинношерстные. Скрещивали полутемных длинношерстных самок с длинношерстными самцами, родители которых

были гомозиготами с темной и светлой шерстью. Известно, что «бабушки» и «дедушки» по материнской линии этих самцов и самок были короткошерстными. Сколь вероятно в этом скрещивании рождение самцов, фенотипически похожих на своих родителей? А генотипически?

#### Задача 17

Леворукость у человека является рецессивным аутосомным признаком. В семье родителей-правшей родились две девочки-левши. Какова вероятность рождения следующего ребенка-левши?

#### Задача 18

Гены окраски эндосперма и формы алейрона у кукурузы сцеплены, находятся в аутосоме на расстоянии друг от друга в 3,6 морганиды, причем оба эти признака доминируют (рецессивные признаки – неокрашенный эндосперм и морщинистый алейрон). Каких по генотипу родителей надо скрестить, чтобы в потомстве получить примерно 1,8% растений с двумя доминантными признаками?

#### Задача 19

По признаку окраски колосковой чешуи у овса было получено следующее потомство: 12 – темно-серых, 3 – черных, 19 – серых, 11 – светло-серых и 3 – белых. Каков тип наследования данного типа? Сколько в этом  $F_1$  было гомозигот?

#### Задача 20

Цистинурия – аутосомный рецессивный признак, но у гетерозигот только повышено содержание цистина в моче, а у гомозигот образуются цистиновые камни в почках. Мужчина с I группой крови, мать которого имела цистиновые камни в почках, женился на женщине с IV группой крови и повышенным содержанием цистина в моче. В семье родился сын-гемофилик (рецессивный, сцепленный с полом признак). Определите вероятность рождения в этой семье нормальной девочки со II группой крови.

#### Задача 21

Возможно ли рождение в одной семье детей, имеющих группы крови своих родителей, если в этой семье уже родились дочь с I группой крови и сын с IV группой крови?

#### Задача 22

У крупного рогатого скота комолость – доминантный аутосомный признак. В  $F_1$  получено (подсчитано 3/4 телят) 136 комолых чалых телят, 66 – комолых красных и 70 – комолых белых. У оставшихся рогатых телят соотношение окраски тела было примерно таким же. Какова вероятность

рождения рогатых белых бычков от скрещивания комолых гетерозиготных чалых и белых телят из  $F_1$  между собой?

### Задача 23

Отосклероз наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 30%. От первого брака у больной жены есть здоровый сын, ее муж также болен отосклерозом, причем его бабушка и дедушка по материнской линии были нормальными. Какова вероятность рождения в этой семье больных отосклерозом детей?

### Задача 24

В  $F_1$  получены следующие попугайчики: 94 – зеленых, 6 – белых, 17 – голубых, 18 – желтых. По какому типу наследуется данный признак? Какое потомство можно ожидать от скрещивания желтых и голубых попугайчиков, если известно, что их матери были белыми?

### Задача 25

Серповидноклеточная анемия – доминантный аутосомный признак с неполным доминированием (гетерозиготы не болеют малярией). Какова вероятность рождения полностью больных анемией сыновей в семье, в которой родители не болеют малярией? Какие группы крови возможны у здоровых дочерей, если жена имеет IV, а муж I группу крови?

### Задача 26

Акаталазия определяется аутосомным рецессивным геном, но у гетерозигот отмечается легкая форма болезни. Какова вероятность рождения здоровых детей в семье, в которой жена болен легкой формой акаталазии, а бабушка и дедушка мужа по материнской линии имели тяжелую форму этой болезни?

### Задача 27

Арахнодактилия наследуется как аутосомный доминантный признак с пенетрантностью 30%. Исследование населения одного города (число жителей – 1 500 000 человек) показало, что это заболевание встречается в количестве 15 на 10 000 исследуемых. Какова частота встречаемости аллелей гена арахнодактилии в данной популяции? Сколько в указанном городе гетерозиготных носителей данной болезни?

### Задача 28

Пигментный ретинит может наследоваться тремя путями: как аутосомный доминантный, как аутосомный рецессивный и как рецессивный, сцепленный с полом признаки. Муж гетерозиготен по аутосомным генам и гемизиготен. Жена здорова, но ее мать страдала данной болезнью, при-



чем по обеим ее рецессивным формам. Определите вероятность рождения в этой семье нормальных по пигментному ретиниту сыновей, а также нормальных дочерей.

### Задача 29

При скрещивании серебристых лисиц в потомстве отмечаются только серебристые щенки. При скрещивании платиновых лисиц между собой в  $F_1$  на каждую серебристую лисицу получается по 2 платиновые. Какое потомство можно ожидать при скрещивании платиновых лисиц с серебристыми? Можно ли получить однородное потомство, имеющее платиновую окраску шерсти?

### Задача 30

Жена, мать которой болела альбинизмом (рецессивный, сцепленный с полом признак), а отец был глухим (рецессивный аутосомный признак), имеет I группу крови. У ее мужа – III группа крови, его мать глухая с I группой крови. Определите вероятность рождения сыновей с III группой крови и имеющих обе аномалии.

### Задача 31

При скрещивании нормальных дрозофил в  $F_1$  отмечено 38 мух с редуцированными и 110 – с нормальными крыльями. Сколько гетерозигот можно ожидать от скрещивания дрозофил с нормальными и уменьшенными крыльями, если отцы нормальных мух имели уменьшенные крылья? Ожидаемый приплод – примерно 200 дрозофил.

### Задача 32

Жена больна катарактой (доминантный аутосомный признак) и имеет II группу крови. Муж – III группу крови. В семье родился сын-гемофилик (рецессивный, сцепленный с полом признак) с I группой крови. Какова вероятность рождения сыновей с IV группой крови и больных двумя болезнями?

### Задача 33

Талассемия – доминантный аутосомный признак, но у гетерозигот болезнь протекает в легкой форме. Карий цвет глаз является доминантным аутосомным признаком, не сцепленным с предыдущим. Кареглазая женщина со II группой крови из семьи, все члены которой болеют тяжелой формой талассемии в течение нескольких поколений, вышла замуж за кареглазого мужчину с IV группой крови, мать которого также страдала тяжелой формой талассемии. В семье родился голубоглазый ребенок. Какова вероятность рождения голубоглазых, больных легкой формой талассемии детей с III и I группами крови? Мать жены имела I группу крови.

#### Задача 34

При скрещивании пшеницы было получено 182 растения с окрашенными зернами и 12 растений с белыми. Сколько среди них дигетерозигот? Какой тип наследования данного признака?

#### Задача 35

У дрозофилы уменьшенные глаза и загнутые крылья – рецессивные аутосомные несцепленные признаки. Какова вероятность рождения самцов этих мух с нормальными крыльями и уменьшенными глазами от скрещивания дигетерозиготных по указанным аутосомным генам особей?

#### Задача 36

Фенилкетонурия определяется рецессивным аутосомным геном. Какова генетическая структура одной популяции людей, если данная болезнь встречается в ней в числе 16 на 10 000 жителей?

#### Задача 37

У дрозофил загнутые крылья и белые глаза – рецессивные признаки, но последний сцеплен с полом. В  $F_1$  получено 366 самок и 184 самца с нормальными крыльями и красными глазами, 162 самца с нормальными крыльями и белыми глазами, 128 самок с загнутыми крыльями и красными глазами, 58 самцов с загнутыми крыльями и белыми глазами, 51 самец с загнутыми крыльями и красными глазами. Сколько полностью гомозиготных мух в этом поколении? Какая часть среди самцов  $F_1$  является гемизиготами с загнутыми крыльями?

#### Задача 38

Гипоплазия – доминантный признак, сцепленный с X-хромосомой. Отец одной женщины страдал этим заболеванием. Какова вероятность рождения у нее больных дочерей и больных сыновей, если ее муж будет тоже болеть гипоплазией? А если нет?

#### Задача 39

Кареглазый (доминантный аутосомный признак) мужчина, мать которого была голубоглазой, женился на кареглазой женщине. У них родилась голубоглазая дочь, больная афибриногенемией (аутосомный признак). Какова вероятность того, что следующий ребенок у них будет голубоглазым здоровым сыном?

#### Задача 40

У томатов доминантными признаками являются высокий рост и шаровидная форма плода, а рецессивными – карликовость и грушевидная форма. Причем эти гены находятся в одной хромосоме. От скрещивания растений с высоким ростом и шаровидным плодом с растениями с рецес-

сивными признаками получено 46 особей с высоким ростом и грушевидными плодами, 178 – с высоким ростом и шаровидными плодами, 184 – с карликовым ростом и грушевидными плодами и 45 – с карликовым ростом и шаровидными плодами. Каково расстояние между этими генами? Каковы генотипы родительских форм?

#### Задача 41

Талассемия – доминантный, а цистинурия – рецессивный признаки, но оба эти аутосомных гена имеют неполное доминирование. В семье у мужа и жены – IV группа крови. Матери и жены, и мужа болели цистинурией (в тяжелой форме), а отец мужа – талассемией (также в тяжелой форме). Какова вероятность рождения в этой семье детей, имеющих обе эти болезни в легкой форме с I, II, III и IV группами крови?

#### Задача 42

Дизостоз наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 50%. Гемофилия – рецессивный, сцепленный с полом признак. Отец и муж одной женщины больны гемофилией, а ее мать страдала дизостозом, причем своей дочери она эту болезнь передала. Какова вероятность рождения в этой семье больных двумя болезнями детей (сыновей и дочерей подсчитайте по отдельности)?

#### Задача 43

Какова вероятность рождения кареглазых близоруких (доминантные аутосомные несцепленные признаки) дочерей в семье, в которой жена имеет карие глаза, ее отец голубоглазый, а ее голубоглазый муж близорук, но его мать имела нормальное зрение?

#### Задача 44

У кроликов ген окраски шерсти имеет 4 аллеля: аллель дикой окраски  $C$  доминирует над всеми; аллели гималайской  $c^h$  и шиншилловой  $c^{sh}$  окраски доминируют над аллелем альбинизма  $c$ ; гетерозиготы  $c^h c^{sh}$  имеют светло-серую окраску. Какое потомство следует ожидать от скрещивания гималайских и шиншилловых кроликов, а также диких с гималайскими, если известно, что в обоих случаях в потомстве были кролики-альбиносы?

#### Задача 45

Голубоглазый правша (доминантный аутосомный признак), мать которого была левшой, женился на кареглазой (доминантный аутосомный признак) левше. В семье родился ребенок, похожий на отца. Какова вероятность рождения в этой семье голубоглазых девочек-левшей?

### Задача 46

Глухой (рецессивный аутосомный признак) мужчина со II группой крови из семьи, все члены которой в течение нескольких поколений имели эту группу крови, женился на шестипалой (доминантный аутосомный признак) женщине с IV группой крови. Отец жены имел нормальную кисть, глухих предков у них никогда не было. Какова вероятность рождения детей с обеими аномалиями? Сколь вероятно рождение нормальных детей с IV группой крови?

### Задача 47

Кареглазая правша (доминантные аутосомные несцепленные признаки), имеющая от первого брака голубоглазую дочь-левишу, вышла замуж за кареглазого левшу, отец которого был голубоглазым. Сколь вероятно рождение в этой семье голубоглазых сыновей-правшей?

### Задача 48

У собак черная и короткая шерсть – доминантные аутосомные несцепленные признаки. В  $F_1$  получено 15 короткошерстных (черные и кофейные) и 16 длинношерстных (также черные и кофейные). Известно, что их родители-самцы были гомозиготами. Какова доля полностью гомозиготных щенков мужского пола в потомстве, если скрещиваемых вначале самок скрестить с самцами, имеющими одинаковый с ними генотип?

### Задача 49

У лука красная окраска луковицы зависит от доминантного гена (рецессивный аллель которого определяет желтый цвет), причем проявление окраски зависит от наличия доминантного аллеля другого гена, не сцепленного с предыдущим геном окраски, а его рецессивный аллель подавляет окраску луковицы. Скрещивали гомозиготные растения с доминантными и рецессивными аллелями. Какое  $F_2$  можно ожидать при этом скрещивании?

### Задача 50

У дрозофил серое тело, нормальные глаза и красный цвет глаз – доминантные признаки, не сцепленные друг с другом, но последний из них сцеплен с полом. Скрещивались самки, имеющие серое тело, с самцами, гомозиготными по рецессивным аллелям. В  $F_1$  среди прочих отмечены мухи: с серым телом и белыми глазами, с нормальными красными глазами, с темным телом и нормальными белыми глазами (самки), с серым телом и красными уменьшенными глазами. Какая часть среди  $F_1$  будет похожа на своих родителей фенотипически?

### Задача 51

Гемофилия и дальтонизм – рецессивные, сцепленные с полом признаки. Талассемия (доминантный) и цистинурия (рецессивный) – аутосомные

несцепленные признаки, но у гетерозигот отмечается легкая форма этих болезней. Мать жены болела цистинурией, а отец – талассемией. Ее муж имел легкую форму талассемии, больных цистинурией в его родне никогда не было. У них родился сын-гемофилик, а также дочь-дальтоник. Какова вероятность рождения: 1) полностью здоровых детей (девочек и мальчиков по отдельности); 2) дочерей с легкой формой цистинурии и кондукторов только гемофилии?

#### Задача 52

У кукурузы при скрещивании двух пород растений получено 19 растений с узкими листьями и устойчивостью к ржавчине, 58 растений с узкими листьями и неустойчивыми к ржавчине, 18 растений с нормальными листьями и неустойчивыми к ржавчине и 59 растений с нормальными листьями и устойчивыми к ржавчине. Каковы генотипы родительских форм, если известно, что одна из родительских форм являлась рецессивной гомозиготой? Какое расстояние между этими генами, если известно, что доминируют признаки узких листьев и устойчивости к ржавчине?

#### Задача 53

Ихтиоз и альбинизм – рецессивные, сцепленные с X-хромосомой признаки. Гипертрихоз сцеплен с Y-хромосомой. Близорукость – доминантный аутосомный признак. Жена близорука, но ее отец имел нормальное зрение. Отец мужа болел гипертрихозом. В этой семье двое детей: девочка с I группой крови, больная ихтиозом, и мальчик-альбинос с IV группой крови. Подсчитайте вероятность рождения в этой семье нормальных детей, имеющих группы крови своих родителей. Могут ли теоретически сыновья этих родителей болеть одновременно ихтиозом, альбинизмом и гипертрихозом? А при каких-либо аномалиях?

#### Задача 54

Подагра определяется аутосомным доминантным геном, пенетрантность которого у мужчин составляет 20%, а у женщин – 0%. Ретинобластома наследуется по такому же типу другим геном, не сцепленным с предыдущим, но пенетрантность этот признак имеет 60%. Известно, что отцы и жены, и мужа болели подагрой, а матери – ретинобластомой, причем обе эти болезни передались потомкам. В изучаемой семье родился нормальный сын. Какова вероятность рождения в этой семье девочек и мальчиков (подсчитайте по отдельности) с двумя болезнями, только с подагрой и только с ретинобластомой?

#### Задача 55

Талассемия (доминантный), цистинурия (рецессивный) и акаталазия (рецессивный) – аутосомные несцепленные признаки, но гетерозиготы их

имеют легкие формы этих болезней. Мать жены болела талассемией, отец – цистинурией; у ее мужа от первого брака был ребенок с цистинурией и акаталазией. В семье родился ребенок с легкими формами талассемии и цистинурии, но больной акаталазией в тяжелой форме. Какова вероятность рождения в этой семье: 1) нормальных детей; 2) детей, имеющих все три заболевания в легкой форме; 3) детей с тремя болезнями одновременно?

#### Задача 56

Известно, что в одной из аутосом кукурузы располагаются рецессивные аллели генов скрученных листьев (в локусе 0 морганид) и карликового роста (локус – 18 морганид). Скрещивали нормальные по этим признакам растения (но одни из их родителей имели рецессивные признаки) с растениями, имеющими скрученные листья и карликовый рост. Какова вероятность появления в  $F_1$  особей со скрученными листьями и особей с карликовым ростом?

#### Задача 57

Акаталазия – рецессивный признак с неполным доминированием, не сцепленный с полом. Женщина с легкой формой акаталазии и со II группой крови вышла замуж за мужчину, родители которого были гомозиготами с III и II группами крови. В семье родился сын-дальтоник (рецессивный, сцепленный с полом признак). Какова вероятность рождения в этой семье нормальной дочери с III группой крови (и кондуктора дальтонизма к тому же) и сына со II группой крови, имеющего легкую форму акаталазии и гетерозиготного по дальтонизму, если бабушка и дедушка жены по отцовской линии имели I группу крови?

#### Задача 58

Отосклероз наследуется как доминантный аутосомный признак с пенетрантностью 30%. В одном городе на 1000 жителей приходится 2 случая этой болезни. Каково процентное соотношение гетерозигот в этой популяции?

#### Задача 59

У кур серая окраска доминирует над белой, а полосатая – над неполосатой, но сцеплена с полом. В  $F_1$  получено 37 самок и 77 самцов полосатых серых; 12 самок неполосатых серых; 25 самцов и 13 самок полосатых белых и 38 самок неполосатых серых. Какая часть среди них является: 1) полными гомозиготами; 2) дигетерозиготами; 3) гетерозиготами?

#### Задача 60

Талассемия и цистинурия – аутосомные признаки с неполным доминированием, но первый определяется доминантным, а второй – рецессивными несцепленными генами; дальтонизм – рецессивный, сцепленный с полом признак. У жены была мать, больная цистинурией, а отец – талассемией. Кроме того, ее бабушка по отцу болела дальтонизмом. Муж имеет

от первого брака дочь-дальтоника. В семье родился ребенок с цистинурией. Определите вероятность рождения нормальных детей и детей, больных одновременно этими тремя болезнями (в тяжелой форме).

### Задача 61

В  $F_1$  получено 28 кур с гороховидным гребнем, 8 – с гороховидным, 3 – с листовидным и 9 – с розовидным. Сколько среди них дигетерозигот? Какое расщепление можно ожидать от скрещивания кур с гороховидным и розовидным гребнем, если их матеря имели листовидный гребень?

### Задача 62

Гипоплазия – доминантный признак, сцепленный с полом; кареглазость – доминантный аутосомный признак. В семье кареглазая женщина имеет II группу крови, ее отец болел гипоплазией, а мать имела I группу крови. Муж тоже имеет карие глаза и болен гипоплазией. Он происходит из семьи, все члены которой в течение нескольких поколений имели III группу крови. В семье два ребенка: голубоглазый мальчик с IV группой крови и кареглазая девочка с III группой крови. Какой из этих детей внебрачный? Какова вероятность рождения в этой семье кареглазых больных детей, имеющих группы крови своих родителей?

### Задача 63

*(Напоследок рискнем предложить хотя бы одну задачу на тетрагибридное скрещивание; конечно, рисовать решетку Пеннета в этом случае – занятие довольно нудное, поэтому советуем решить эту задачу методом подсчета вероятностей по каждому признаку с последующим их перемножением).*

Кареглазость и праворукость – доминантные аутосомные несцепленные признаки. Цистинурия – рецессивный аутосомный признак с неполным доминированием. Кареглазая правша со II группой крови, имеющая от первого брака сына, больного цистинурией в тяжелой форме, вышла замуж за голубоглазого правшу с III группой крови, имеющего от первого брака дочь с цистинурией (тоже в тяжелой форме). В семье родился ребенок-левша с I группой крови. Какова вероятность рождения кареглазых правшей с IV группой крови и больных цистинурией в тяжелой форме, если известно, что бабушка и дедушка супруги по материнской линии были голубоглазыми?

## СПИСОК НАСЛЕДСТВЕННЫХ БОЛЕЗНЕЙ ЧЕЛОВЕКА, УПОМЯНУТЫХ В ДАННОМ СБОРНИКЕ ЗАДАЧ

Предварительно следует отметить, что на данный момент известно более 9000 болезней человека, имеющих ту или иную наследственную составляющую (либо прямая генетическая зависимость, либо по наследству передается предрасположенность к заболеванию). Причем каждый год описывается несколько новых наследственных болезней (что, конечно, напрямую связано с увеличением числа мутагенов в окружающей нас среде). Поэтому мы кратко опишем в алфавитном порядке только те аномалии, которые встречались в выше приведенном тексте нашего задачника.

**Агаммаглобулинемия** – характеризуется отсутствием или полным отсутствием иммуноглобулинов ( $\gamma$ -глобулинов) или антител; конечно, резко снижается иммунитет ко многим болезням бактериального характера. Наследуется данный признак по рецессивному типу, причем одни формы этой болезни связаны с аутосомами, другие – с X-хромосомой.

**Акаталазия (акаталаземия)** – выражается фенотипически отсутствием каталазы (фермента, участвующего в метаболизме перекиси водорода): у многих носителей данной болезни развиваются язвы на деснах. Наследуется как рецессивный аутосомный признак с неполным доминированием: у гетерозигот лишь снижена активность каталазы.

**Альбинизм общий** – имеет причиной отсутствие тиронидазы, фермента, необходимого для производства меланина (пигмента бурого цвета), поэтому волосы, кожа, радужная оболочка глаза практически не окрашены (не путать с блондинками!), высока чувствительность к свету. Наследуется по рецессивно-аутосомному типу.

**Альбинизм глазной (альбинизм глазного дна)** – пигментация кожи, волос и даже радужки не изменена, т.к. нарушается пигментация одного слоя сетчатки глаза, это вызывает нарушение цветового зрения, снижение остроты восприятия предметов и т.д. Наследуется как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Алькаптонурия** – при этом заболевании в моче повышается содержание гомогенизитиновой кислоты, изменяется окраска хрящей, в пожилом возрасте часты артриты. Наследуется по рецессивно-аутосомному типу.

**Ангиоматоз сетчатой оболочки** – фенотипически наблюдаются резкое расширение сосудов сетчатки и дегенерация нервных элементов. Наследование – по доминантно-аутосомному типу с пенетрантностью 50%.

**Аниридия** – у больных не обнаруживается радужка глаза, кроме того, мутнеют роговица и хрусталик, может быть катаракта; в итоге существенно снижается зрение, вплоть до его полной потери. Наследуется доминантно, причем ген находится в одной из аутосом.



**Арахнодактилия (синдром Марфана)** – конечности длинные и тонкие, такие же пальцы (напоминающие артроподии пауков, отсюда и название болезни), вывих хрусталика, аневризм аорты, астеническая конституция и пр. Наследуется как аутосомно-доминантный признак с пенетрантностью 30%.

**Афибриногенемия** – в плазме крови отсутствует фибриноген (необходимый, как хорошо известно, для образования тромба). Характерна при этом заболевании повышенная кровоточивость желудочно-кишечного тракта, мочеполовых путей, травм, операционных швов и т.д. Наследуется как аутосомно-доминантный признак с пенетрантностью 30%.

**Близорукость** – имеет много форм (т.к. могут быть изменены любые компоненты оптической системы глаза – роговица, хрусталик, глазное яблоко, глазное дно). Близорукость – одна из самых распространенных болезней человечества, но в большинстве случаев она приобретается в юношеском возрасте (в силу игнорирования элементарных гигиенических норм и требований), такая близорукость не прогрессирует с возрастом. Генетически же обусловленные формы близорукости могут давать и умеренную, и тяжелую форму болезни. Наследуется по аутосомно-доминантному типу.

**Врожденный вывих бедра** – фенотип описан в названии болезни, но, что интересно, у девочек это заболевание описывается в 6 раз чаще, чем у мальчиков. Наследуется как аутосомно-доминантный признак с пенетрантностью 25%.

**Галактоземия** – утрачивается способность использовать галактозу (входящую в состав лактозы – молочного сахара), т.к. у больного резко снижается активность соответствующего фермента (галактоза-1-фосфатуридилтрансферазы); при этом наблюдается симптоматика желтухи, похудания, цирроза печени, катаракты, слабоумия и пр. Наследуется как аутосомно-рецессивное заболевание.

**Гемофилия** – несвертываемость крови вследствие отсутствия каких-либо факторов свертываемости. Есть несколько видов гемофилии, которые наследуются разными путями; в данном задачнике мы встречались лишь с классической формой гемофилии. Наследуется как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Гипертрихоз** – рост волос по краю ушной раковины. Наследуется как признак, сцепленный с Y-хромосомой.

**Гипоплазия** – у больных весьма сильно истончается эмаль зубов, причем зубы имеют более темный цвет. Наследуется как доминантный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Глаукома** – нарушается отток внутриглазной жидкости через угол передней камеры, это приводит в конечном итоге к потере зрения. Существует много форм этой болезни. Наследуется как по рецессивно-аутосомному, так и по доминантно-аутосомному типу.

**Глухонемота** – наблюдается при врожденной глухоте. Наследуется и по рецессивному, и по доминантному типу; связана и с аутосомами, и с половыми хромосомами (в частности, с X-хромосомой).

**Глухота** – связана с нарушением любого составляющего элемента слухового анализатора. Существует много форм глухоты. Наследуется по рецессивно-аутосомному типу (причем есть по крайней мере два таких сцепленных гена); есть случаи, когда глухота зависит от взаимодействия доминантных аллелей разных генов.

**Дальтонизм (ахроматопия)** – нарушение цветового восприятия. Различают три вида: протанопию (слепота по красному цвету), дейтеранопию (по зеленому цвету) и тританопию (по синему цвету). Определяется рецессивными генами и в аутосомах, и в половых хромосомах. В нашем задании мы упоминали классическую форму дальтонизма. Наследуется как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Дефект ногтей и коленной чашечки** – пороки этой болезни выражены в названии. Наследуется по доминантно-аутосомному типу.

**Дизостоз** – наблюдается поражение лицевых костей черепа. Наследуется по аутосомно-доминантному типу с пенетрантностью 50%.

**Дисплазия** – отсутствует потоотделение, поэтому резко нарушается терморегуляция. Наследуется как доминантный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Ихтиоз** – наблюдаются резкие изменения кожи (она отходит чешуйками, напоминающими рыбью чешую). Есть много форм этой болезни, мы имели в виду только классическую, которая наследуется как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Катаракта** – выражается помутнением хрусталика, прогрессирующим снижением и даже потерей зрения. Имеется много форм данного заболевания. Наследуется как аутосомный признак, зависящий и от рецессивного, и от доминантного несцепленных генов.

**Леворукость** – преимущественное владение левой рукой (левши). Строго говоря, это и не болезнь, но в нашем обществе левши встречаются с гораздо большими трудностями, чем правши. Наследуется как рецессивно-аутосомный признак.

**Ночная слепота (гемералопия, куриная слепота)** – больной не видит при сумеречном свете (нарушается один из видов фоторецепторов – палочки). Есть много форм, мы в задачах имели в виду классический ее вид. Наследуется как рецессивный признак, сцепленный с X-хромосомой.

**Отсутствие малых коренных зубов** – нарушения отражены в названии болезни. Наследуется как аутосомный доминантный признак.

**Отосклероз** – наблюдается та или иная степень потери слуха, т.к. поражаются слуховые косточки. Наследуется как доминантный аутосомный ген с пенетрантностью 30%.

**Пигментный ретинит** – характеризуется прогрессирующим сужени-

ем поля зрения, это ведет к ночной слепоте, а затем и к полной потере зрения. Наследуется тремя путями: как аутосомно-доминантный, аутосомно-рецессивный и рецессивный, сцепленный с X-хромосомой признаки.

**Подagra** – нарушается метаболизм мочевой кислоты, поэтому она откладывается в виде уратов в различных тканях, характеризуется развитием артритов, образованием почечных камней. Наследуется как аутосомно-доминантный признак с пенетрантностью у мужчин 20%, у женщин – 0%.

**Полидактилия** – шестипалость, причем это может проявиться на обеих руках, или только на ногах, или только на одной конечности. Наследуется как доминантный аутосомный признак.

**Резус-фактор (Rh-фактор)** – один из множества антигенов плазмы крови: либо есть определенный белок ( $Rh^+$ ), либо его нет ( $Rh^-$ ). Наследуется по доминантно-аутосомному типу.

**Ретинобластома** – злокачественная опухоль нервных элементов сетчатки глаза, может привести к смерти. Наследуется как доминантно-аутосомный признак с пенетрантностью 60%.

**Синдактилия** – сращенные пальцы. Наследуется по аутосомно-доминантному типу.

**Серповидноклеточная анемия** – определяется мутацией гена гемоглобина с образованием S-гемоглобина, вследствие чего эритроциты принимают форму полумесяца. Нарушается доставка кислорода к тканям, отмечаются гипоксия и нарушение метаболизма тканей. Наследуется как аутосомно-доминантный признак с неполным доминированием.

**Талассемия (анемия Кули)** – нарушается синтез гемоглобина, эритроциты принимают мишеневидную форму, наблюдаются желтуха, изменения скелета. Наследуется как аутосомно-доминантный признак с неполным доминированием.

**Фенилкетонурия** – отсутствует фермент, превращающий фенилаланин в тирозин. Развивается слабоумие, т.к. поражается ЦНС. Наследуется по аутосомно-рецессивному типу.

**Цистинурия** – повышается содержание цистина в моче, откладываются цистиновые камни в почках. Наследуется как рецессивный аутосомный признак с неполным доминированием.

**Шизофрения** – очень широкая группа заболеваний психического характера. Наследование может осуществляться разными путями. Мы взяли в одну из задач определенную форму шизофрении. Наследуется по аутосомно-доминантному типу, причем пенетрантность данного признака у гомозигот составляет 100%, у гетерозигот – 20%.

**Эллиптоцитоз** – эритроциты приобретают овальную форму, могут быть нарушения потребления кислорода тканями. Наследуется как доминантный аутосомный признак.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абрамова, З.В. Задачи по генетике для программированного обучения и контроля с использованием машин УКМ-5. Ч.1. Генетический анализ наследования признаков при моно- и полигибридном скрещивании / З.В. Абрамова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – 52 с.
2. Абрамова, З.В. Генетика. Программированное обучение / З.В. Абрамова. – М.: Агропромиздат, 1985. – 287 с.
3. Абрамова, З.В. Руководство к практическим занятиям по генетике / З.В. Абрамова, О.А. Карлинский. – Л.: Колос, 1968. – 191 с.
4. Абрамова, З.В. Практикум по генетике / З.В. Абрамова, О.А. Карлинский. – Л.: Колос, 1974. – 124 с.
5. Абрамова, З.В. Практикум по генетике: учеб. пособие / З.В. Абрамова, О.А. Карлинский. – Л.: Колос, 1979. – 192 с.
6. Базилинская, Н.В. Задачи по генетике / Н.В. Базилинская. – Владимир, 1973. – 44 с.
7. Барабанщиков, Б.В. Сборник задач по генетике: уч.-мет. пособие / Б.В. Барабанщиков, Е.А. Санаев. – Казань: Изд-во КГУ, 1988. – 191 с.
8. Биология. Для поступающих в вузы (способы решения задач по генетике) / Сост. Н.М. Киреева. – Волгоград: Учитель, 2004. – 51 с.
9. Бумагина, С.И. Генетика в школьном курсе биологии: Метод. реком. к решению задач / Дагест. ин-т усовер. учителей / С.И. Бумагина. – Махачкала, 1977. – 48 с.
10. Ватти, К.В. Сборник задач по генетическому анализу / К.В. Ватти, М.М. Тихомирова. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1973. – 50 с.
11. Ватти, К.В. Руководство к практическим занятиям по генетике / К.В. Ватти, М.М. Тихомирова. – М.: Просвещение, 1979. – 189 с.
12. Вейр, А. Анализ генетических данных / А. Вейр, К. Брюс. – М.: Мир, 1995. – 400 с.
13. Глазер, В.М. Задачи по современной генетике: учеб. пособие / В.М. Глазер, А.И. Ким, Н.Н. Орлова [и др.]; под ред. М.М. Асланяна. – М.: КДУ, 2005. – 224 с.
14. Гончаров, О.В. Генетика. Задачи / О.В. Гончаров. – Саратов: Лицей, 2005. – 352 с.
15. Гофман-Кадошников, П.Б. Задачник по общей и медицинской генетике / П.Б. Гофман-Кадошников. – М.: Изд-во 1-го Моск. мед. ин-та им. И.М. Сеченова, 1969. – 155 с.
16. Гофман-Кадошников, П.Б. Руководство к практическим занятиям по генетике / П.Б. Гофман-Кадошников, С.Х. Ларцева. – М.: Колос, 1975. – 274 с.
17. Гуляев, Г.В. Задачник по генетике / Г.В. Гуляев. – М.: Колос, 1973. – 78 с.
18. Гуляев, Г.В. Задачник по генетике / Г.В. Гуляев. – М.: Колос, 1980. – 74 с.
19. Каминская, Э.А. Сборник задач по генетике / Э.А. Каминская. – Минск: Вышэйшая школа, 1977. – 127 с.
20. Каминская, Э.А. Сборник задач по генетике / Э.А. Каминская. – Минск: Вышэйшая школа, 1982. – 104 с.
21. Кочергин, Б.Н. Задачи по молекулярной биологии и генетике / Б.Н. Кочергин, Н.А. Кочергина. – Минск: Народная асвета, 1982. – 80 с.
22. Кривенцов, Ю.М. Сборник задач по генетике / Ю.М. Кривенцов, Л.Н. Чешина. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1975. – 49 с.

23. Медведев, Н.Н. Практическая генетика / Н.Н. Медведев. – М.: Наука, 1966. – 238 с.
24. Морозов, Е.И. Генетика в вопросах и ответах / Е.И. Морозов, Е.И. Тарасевич, В.С. Анохина. – Минск: Университетское, 1989. – 288 с.
25. Муртазин, Г.М. Задачи и упражнения по общей биологии / Г.М. Муртазин. – М.: Просвещение, 1972. – 215 с.
26. Орлова, Н.Н. Малый практикум по генетике / Н.Н. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1975. – 120 с.
27. Орлова, Н.Н. Сборник задач по общей генетике / Н.Н. Орлова. – М.: Изд-во МГУ, 1982. – 128 с.
28. Орлова, Н.Н. Сборник задач по общей генетике: учеб. пособие / Н.Н. Орлова, В.М. Глазер, А.И. Ким [и др.]; под ред. М.М. Асланяна. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 236 с.
29. Пеганова, М.И. Задачи по генетике / М.И. Пеганова. – Курган, 1970. – 24 с.
30. Петросова, Р.А. Основы генетики / Р.А. Петросова. – М.: Дрофа, 2004. – 96 с.
31. Плохинский, Н.А. Математические методы в биологии / Н.А. Плохинский. – М.: Изд-во МГУ, 1978. – 262 с.
32. Почти 200 задач по генетике. – М.: Мирос, 1992. – 120 с.
33. Приходченко, Н.Н. Основы генетики человека / Н.Н. Приходченко, Т.П. Шкурят. – Ростов-на-Д.: «Феникс», 1997. – 368 с.
34. Рокицкий, П.Ф. Введение в статистическую генетику / П.Ф. Рокицкий. – Минск: Вышэйшая школа, 1978. – 448 с.
35. Рытов, Г.Л. Задачник по генетике для абитуриентов и школьников / Г.Л. Рытов. – Самара, 1998. – 132 с.
36. Селезнева, Е.С. Генетика с основами селекции / Е.С. Селезнева. – Куйбышев: Изд-во КуГУ, 1981. – 28 с.
37. Селезнева, Е.С. Практикум по генетике / Е.С. Селезнева. – Куйбышев: Изд-во КуГУ, 1989. – 47 с.
38. Селезнева, Е.С. Сборник задач по эволюционной и популяционной генетике / Е.С. Селезнева. – Самара, 1991. – 40 с.
39. Серебровский, А.С. Генетический анализ / А.С. Серебровский. – М.: Наука, 1970. – 342 с.
40. Соболев, А.Н. Сборник задач по генетике для школьников, абитуриентов и студентов / А.Н. Соболев. – Орел, 2000. – 72 с.
41. Соколовская, Б.Х. Задачник по генетике / Б.Х. Соколовская. – Новосибирск: Наука, 1968. – 20 с.
42. Соколовская, Б.Х. Молекулярная биология и генетика в 10 классе / Б.Х. Соколовская. – М.: Просвещение, 1970. – 86 с.
43. Соколовская, Б.Х. 100 задач по генетике и молекулярной биологии / Б.Х. Соколовская. – Новосибирск: Наука, 1971. – 64 с.
44. Травкин, М.П. Генетика в опытах и задачах / М.П. Травкин. – Белгород, 1970. – 90 с.
45. Хелевич, Н.В. Сборник задач по общей и медицинской генетике / Н.В. Хелевич, А.М. Лобанов, О.Ф. Колесова. – М.: Высшая школа, 1976. – 159 с.
46. Черных, И.С. Методика решения задач по генетике и селекции / И.С. Черных. – Тула, 1980. – 76 с.
47. Чернышова, Д.Е. Задачи по генетике / Д.Е. Чернышова. – Псков: Изд-во ПОИУУ, 1995. – 43 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

|  |    |
|--|----|
| <b>Введение</b>  | 3  |
| <b>Раздел 1. Необходимые предварительные сведения</b>                              | 5  |
| <b>Раздел 2. Типичные задачи по психогенетике</b>                                  | 8  |
| <b>Тема 1. Моногибридное скрещивание</b>   | 8  |
| 1.1. Полное доминирование  | 8  |
| 1.2. Неполное доминирование  | 10 |
| <i>Задачи на моногибридное скрещивание</i>   | 11 |
| <b>Тема 2. Полигибридное скрещивание</b>   | 13 |
| 2.1. Дигибридное скрещивание   | 13 |
| 2.2. Тригибридное скрещивание  | 15 |
| <i>Задачи на полигибридное скрещивание</i>   | 18 |
| <b>Тема 3. Наследование признаков, сцепленных с полом</b>                          | 20 |
| <i>Задачи на сцепленное с полом наследование</i>                                   | 25 |
| <b>Тема 4. Явление множественного аллелизма</b>                                    | 27 |
| 4.1. Наследование групп крови по системе ABO                                       | 28 |
| <i>Задачи на множественный аллелизм и наследование групп крови по системе ABO</i>  | 31 |
| <b>Тема 5. Отклонения от законов Менделя</b>                                       | 33 |
| 5.1. Множественное действие генов (плейотропия)                                    | 33 |
| 5.2. Пенетрантность  | 35 |
| 5.3. Взаимодействие неаллельных генов  | 36 |
| 5.3.1. Эпистаз (подавление)  | 36 |
| 5.3.2. Комплементарность (дополнительность)  | 39 |
| 5.3.3. Полимерия   | 41 |
| <i>Задачи на тему «Отклонения от законов Менделя»</i>                              | 43 |
| <b>Тема 6. Сцепленное наследование</b>   | 46 |
| <i>Задачи на сцепленное наследование</i>   | 48 |
| <b>Тема 7. Популяционная генетика</b>  | 49 |
| <i>Задачи по популяционной генетике</i>  | 51 |
| <i>Задачи на все представленные выше темы</i>                                      | 52 |
| <b>Список наследственных болезней человека, упомянутых в данном сборнике задач</b> | 64 |
| <b>Библиографический список</b>  | 68 |