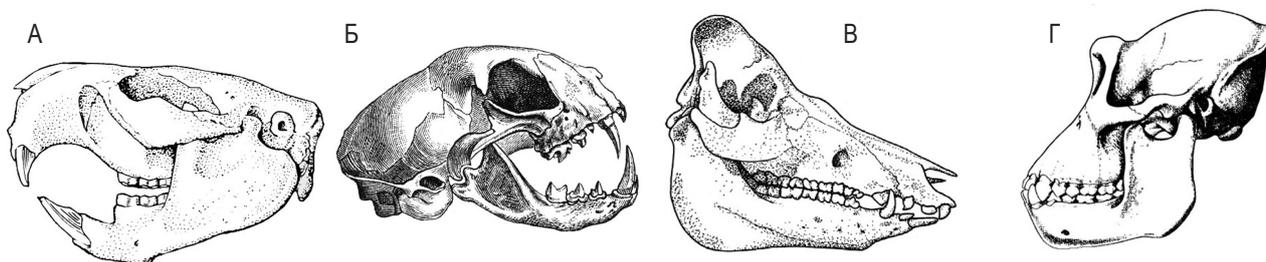


# Ответы на задание заключительного этапа Олимпиады «Ломоносов-2015» по биологии 10–11 классы

## Вариант 1

### Блок 1 [1]

**Задание 1 (8 баллов).** Сопоставьте к каким отрядам Млекопитающих относятся объекты, черепа которых изображены на рисунках▼. Обратите внимание, что разные объекты могут относиться к одному и тому же отряду. В ответе дайте цифру шифра, соответствующую букве рисунка. 1 – Непарнокопытные; 2 – Парнокопытные; 3 – Грызуны; 4 – Хищные; 5 – Рукокрылые; 6 – Приматы; 7 – Зайцеобразные; 8 – Насекомоядные; 9 – Ластоногие; 10 – Китообразные



**Ответ:**

**А** – 3 (Грызуны)

**В** – 2 (Парнокопытные)

**Б** – 4 (Хищные)

**Г** – 6 (Приматы)

**Задание 2 (8 баллов).** Для перечисленных растений шифром укажите тип завязи. 1 – завязь нижняя, околоцветник прикреплен на верхушке завязи. 2 – завязь верхняя, околоцветник прикреплен у основания завязи.

а) томат; б) огурец; в) баклажан; г) роза; д) киви; е) подсолнечник; ж) редис; з) абрикос.

**Ответ:**

а) – 2

в) – 2

д) – 2

ж) – 2

б) – 1

г) – 2

е) – 1

з) – 2

**Задание 3 (4 балла).** Укажите порядок протекания процессов при фотосинтезе:

а) поглощение света – образование  $O_2$  – фиксация  $CO_2$  – синтез АТФ и НАДФН – синтез сахаров;

б) поглощение света – синтез сахаров – синтез АТФ и НАДФН – фиксация  $CO_2$  – образование  $O_2$ ;

в) поглощение света – фиксация  $CO_2$  – образование  $O_2$  – синтез АТФ и НАДФН – синтез сахаров;

г) поглощение света – образование  $O_2$  – синтез АТФ и НАДФН – фиксация  $CO_2$  – синтез сахаров;

д) поглощение света – синтез АТФ и НАДФН – фиксация  $CO_2$  – образование  $O_2$  – синтез сахаров.

**Ответ:**

г)

**Задание 4 (8 баллов).** Для перечисленных растений условным шифром укажите пол цветков.

1 – цветки всегда обоеполые. 2 – есть мужские и женские цветки.

а) салат; б) томат; в) батат; г) огурец; д) мокрица; е) крапива; ж) осот; з) пырей.

**Ответ:**

а) – 1

в) – 1

д) – 1

ж) – 1

б) – 1

г) – 2

е) – 2

з) – 1



**Задание 5 (10 баллов).** С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рисунке.

**Семейство:** А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; В – Паслёновые; Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

**Цветок:** Ж – актиноморфный; З – зигоморфный; И – неправильный

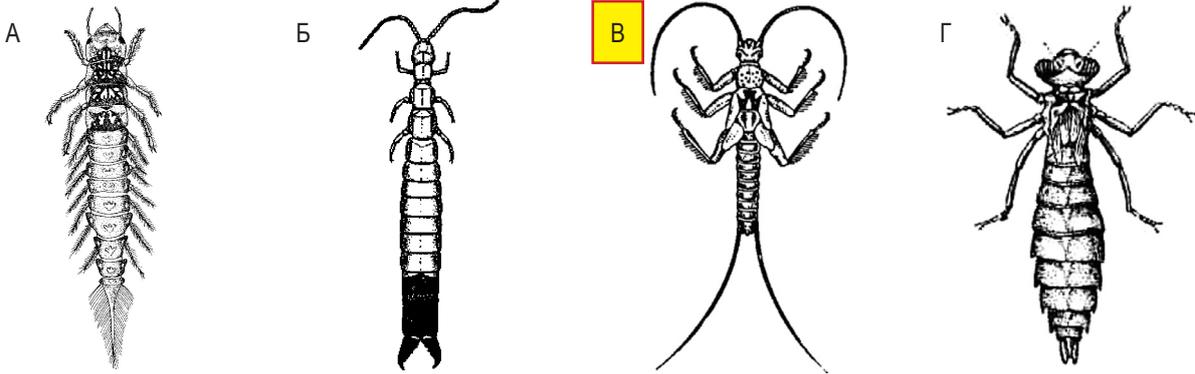
**Завязь:** К – верхняя; Л – нижняя

**Плод:** М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка; П – зерновка; Р – семянка; С – стручок или стручочек; Т – боб; У – коробочка

**Околоцветник:** Ф – двойной; Х – простой; Ц – редуцированный

**Ответ:** Г, З, К, Т, Ф.

**Задание 6 (4 балла).** Личинка веснянки изображена на рисунке:

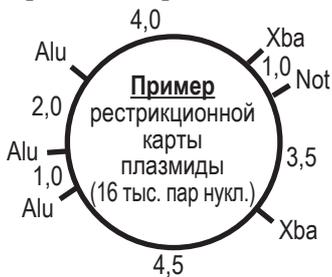


**Ответ:** В

## Блок 2 [10]

**Задача 1 (12 баллов).** У многих бактерий для защиты от вирусов есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы присоединением к основанию метильной группы. Эти ферменты называют по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, например, **Eco** – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. При действии такого фермента на очищенную ДНК разрывы происходят в строго определённых местах, и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление исследуемой ДНК различными

Рестриктазы	Длины фрагментов в тысячах пар нуклеотидов
Sal	Два по 5
Hind	6 и 4
Ava	5,5 и 4,5
Sal + Hind	4; 3; 2 и 1
Sal + Ava	3,5; 3; 2 и 1,5
Hind + Ava	4; 2,5; 2 и 1,5

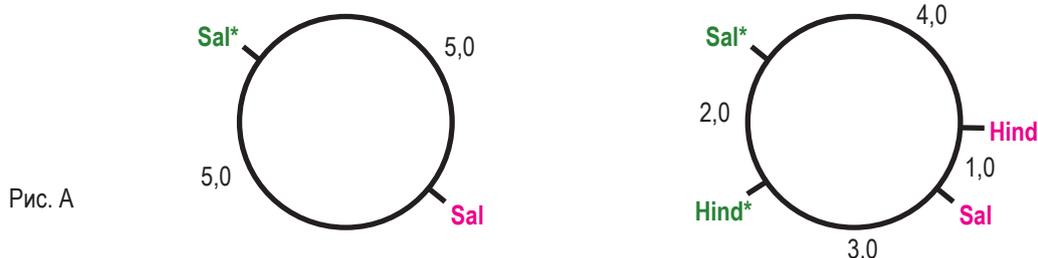


рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение точек расщепления и построить **рестрикционную карту** данной последовательности ДНК. Из клеток бактерий выделили небольшую кольцевую ДНК – плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. Расщепление этой плазмиды тремя рестриктазами дало следующие фрагменты (см. таблицу). По этим данным постройте рестрикционную карту плазмиды, расположив на ней все точки расщепления. Ответ обоснуйте и оформите по образцу (как на рис.).

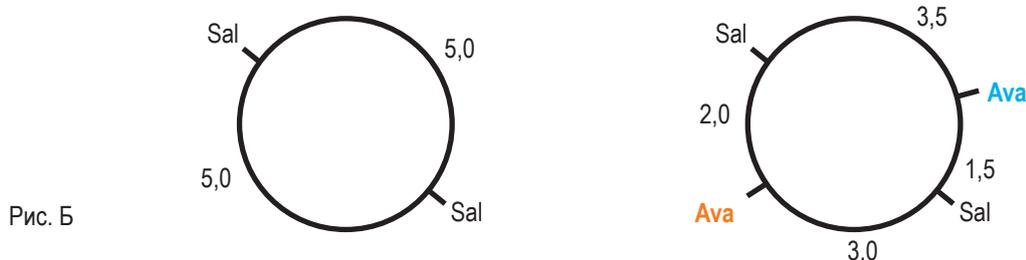
### Решение

Для начала можно определить, как на плазмиде располагаются сайты рестрикции Sal и Hind друг относительно друга. Поскольку Sal даёт два фрагмента одинаковой длины (5 тыс. п.н.), а после обработки Sal+Hind получаются фрагменты 4; 3; 2 и 1, то очевидно, что один из фрагментов Sal разрезается Hind на фрагменты 4 и 1 (4 + 1 = 5), а другой – на фрагменты 3 и 2 (3 + 2 = 5).

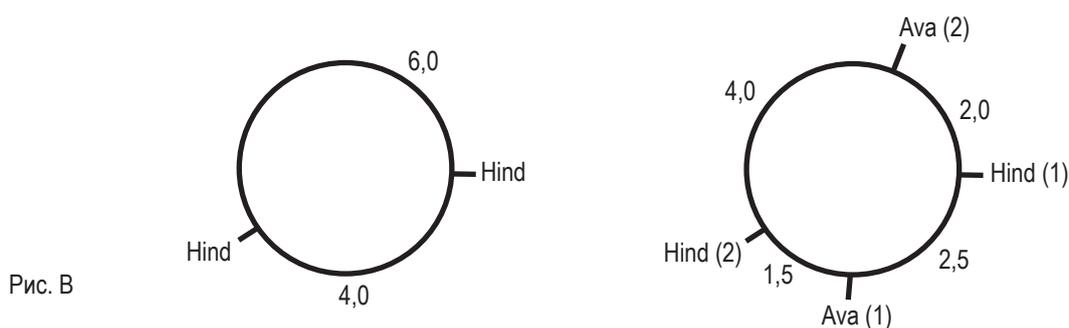
Рестриктаза *Hind* даёт фрагменты 6 и 4 тыс. п. н. После обработки *Sal*+*Hind* фрагмент 6 тыс. п.н. разрезается на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент 4 тыс. п.н. – на 3 и 1 соответственно. Исходя из этого можно начать строить рестрикционную карту плазмиды. Отметим, что сайты рестрикции *Sal* несимметричны (показано цветом). Ближайший сайт рестрикции *Hind* также обозначим соответствующим цветом.



Теперь нужно расставить сайты рестрикции *Ava*. При совместном действии *Sal*+*Ava* получается четыре фрагмента: 3,5 тыс. п. н.; 3 тыс. п. н., 2 тыс. п. н. и 1,5 тыс. п. н. Очевидно, что один из фрагментов *Sal* разрезается *Ava* на 3,5 и 1,5 тыс. п. н. ( $3,5 + 1,5 = 5$ ), а второй – на 3 и 2 тыс. п. н. ( $3 + 2 = 5$ ) соответственно. Аналогично можно построить карту для *Sal* и *Ava*.



Теперь построим еще одну вспомогательную карту для *Hind* и *Ava*. Очевидно, что фрагмент *Hind* длиной 6 тыс. п. н. разрезается *Ava* на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент *Hind* 4 тыс. п. н. разрезается *Ava* на фрагменты 2,5 и 1,5 тыс. п. н. При этом фрагменты 4 и 1,5 должны оказаться рядом (как и фрагменты 2 и 2,5). Это следует из данных по обработке плазмиды только *Ava*. Карта по *Hind* и *Ava* выглядит следующим образом.



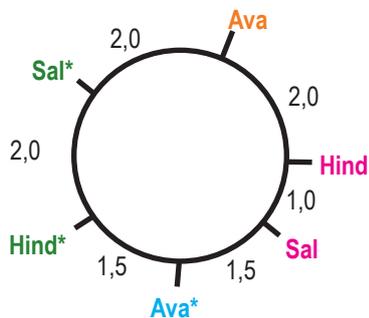
Для окончательного решения необходимо совместить все полученные рестрикционные карты. При этом мы можем столкнуться с ситуацией, когда одну из карт придётся либо симметрично отобразить, либо повернуть на некоторый угол. Есть две возможности такого совмещения.

- 1) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind\***, помеченному зелёным цветом на рис. А.
  - 2) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind**, помеченному розовым цветом на рис. А.
- Рассмотрим обе возможности.

1) В случае **Hind (1)=Hind\*** сайты рестрикции *Sal* должны находиться на расстоянии 2 (**Sal\***) и 3 тыс. п. н. (**Sal**). Тогда точка рестрикции *Sal* окажется на расстоянии 0,5 тыс. п. н. от **Ava (1)** (см. рис. В). При совместном действии на ДНК плазмиды *Sal*+*Ava* должен получиться фрагмент длиной 0,5 тыс. п. н. Однако это противоречит условию: самый маленький фрагмент – 1,5 тыс. п. н.

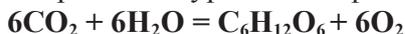
2) В случае **Hind (1)=Hind** сайты рестрикции Sal должны находиться на расстоянии 1 (**Sal**) и 4 тыс. п. н. (**Sal\***). В этом случае сайт **Sal** окажется на расстоянии 1,5 от сайта **Ava (1)**, а сайт **Sal\*** – на расстоянии 2,0 от сайта **Ava (2)**. Таким образом, сопоставляя рис. Б и рис. В, мы находим, что **Ava (1) = Ava\***, тогда как **Ava (2) = Ava**, и мы должны отобразить карту на рис. Б зеркально. Итоговая рестрикционная карта выглядит следующим образом.

**Ответ:**



Если карта зеркально симметрична приведённой в ответе, и/или повернута на некоторый угол, это не является ошибкой. Задачу также можно было начинать решать с построения начальной карты для любой другой рестриктазы.

**Задача 2 (10 баллов).** Чтобы определить скорость продукции и деструкции органического вещества в водоёмах экологи используют **метод светлых и тёмных склянок**. Три склянки равного объёма заполняют водой из водоёма. В пробу попадают различные планктонные организмы (фитопланктон, бактериопланктон и др.). В первой из светлых склянок (из прозрачного стекла) определяют начальную концентрацию  $O_2$ . Вторую светлую и тёмную (светонепроницаемую) склянку помещают в естественную среду на 24 часа, а затем в обеих склянках определяют концентрацию  $O_2$ . Далее производят пересчёт по уравнению фотосинтеза:



Найдем соотношение масс продуктов этой химической реакции.

Масса глюкозы  $C_6H_{12}O_6 = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 6 \times 16 = 180$  г. Масса  $6O_2 = 16 \times 2 \times 6 = 192$  г.

Таким образом, на один грамм выделившегося кислорода приходится 0,94 г образовавшегося органического вещества  $[C_{орг}] - 180 : 192 = 0,9375$ . Для дальнейшего пересчёта от кислорода к органическому веществу округлим этот коэффициент до **0,94**.

Пусть начальное содержание  $O_2 - 9,25$  мг/л;

в темной склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание  $O_2 - 8,65$  мг/л;

а в светлой склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание  $O_2 - 11,85$  мг/л.

Рассчитайте чистую и валовую продукцию в пробе по органическому веществу ( $C_{орг}$  мг/л).

**Решение**

Чистая продукция = валовая продукция – дыхание

Валовая продукция, оцененная по кислороду, равна

$$11,85(O_2 \text{ мг/л}) - 8,65(O_2 \text{ мг/л}) = 3,2(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$3,2 \times 0,94 = 3,01(C_{орг} \text{ мг/л})$$

$$\text{Дыхание (деструкция)} = 9,25(O_2 \text{ мг/л}) - 8,65(O_2 \text{ мг/л}) = 0,6(O_2 \text{ мг/л})$$

$$\text{Чистая продукция} = 3,2(O_2 \text{ мг/л}) - 0,6(O_2 \text{ мг/л}) = 2,6(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$2,6 \times 0,94 = 2,44(C_{орг} \text{ мг/л}).$$

**Ответ:**

**Чистая продукция = 2,44 ( $C_{орг}$  мг/л)**

**Валовая продукция = 3,01 ( $C_{орг}$  мг/л)**

**Задача 3 (10 баллов).** Какие изменения должны произойти в строении электрических органов у африканского электрического сома (*Malapterurus electricus*), если в молодом возрасте он давал разряд с напряжением 150 В и мощностью 30 Вт; повзрослев, он смог дать разряд с напряжением 350 В и мощностью 70 Вт? Рассчитайте, во сколько раз должно измениться общее число электроцитов (клеток, генерирующих электрический разряд), число электроцитов в отдельном столбике, и число столбиков, в которые они собраны, если считать, что свойства электроцитов с возрастом изменяются незначительно.

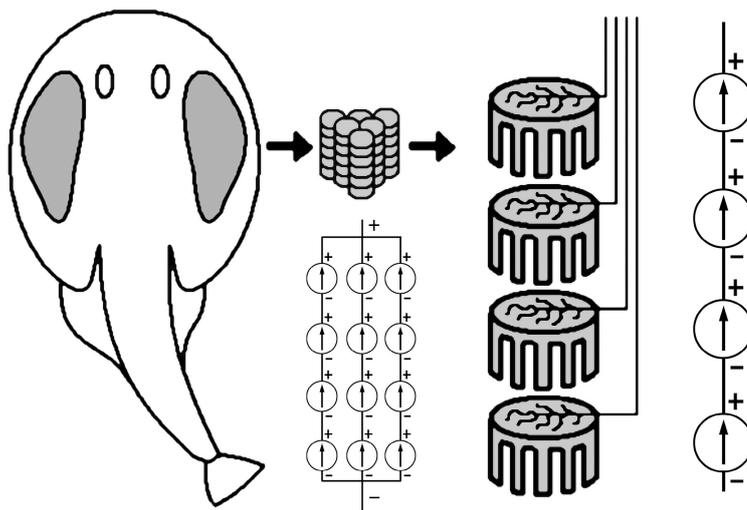


Схема расположения электроцитов у электрических рыб

**Решение**

Мощность электрического разряда выражается формулой:

$$W = U \times I,$$

где  $U$  – напряжение, а  $I$  – сила тока.

Рассчитаем силу тока, которая возникает при разряде у молодой и у взрослой рыбы.

**Молодой сом:**

$$30 \text{ Вт} : 150 \text{ В} = 0,2 \text{ А}$$

**Взрослый сом:**

$$70 \text{ Вт} : 350 \text{ В} = 0,2 \text{ А}$$

Таким образом, с возрастом сила тока, генерируемого рыбой, не изменилась, но при этом напряжение увеличилось в  $2\frac{1}{3}$  раза. Чтобы возросло напряжение при той же силе тока в цепь необходимо добавить новые электрогенные элементы, причём они должны соединяться последовательно. Если считать, что свойства электроцитов не изменились, то в каждом столбике число электроцитов должно увеличиться в  $2\frac{1}{3}$  раза, но число самих столбиков (соединённых параллельно!) должно остаться тем же самым. Общее число электроцитов возрастёт в  $2\frac{1}{3}$  раза.

**Ответ:**

Общее число электроцитов возросло в  $2\frac{1}{3}$  раза.

Число электроцитов в каждом столбике возросло в  $2\frac{1}{3}$  раза.

Число столбиков с возрастом не изменилось.

**Блок 3 [1]**

**Задача 4 (8 баллов).** Некоторые сорта бананов (*Musa*) – триплоидные (именно поэтому у них нет семян). Предположим, что за красную окраску отвечает ген  $A$ , аллель  $a$  не даёт окрашенного пигмента. Интенсивность окраски зависит от того, сколько аллелей  $A$  несет данный организм. Сколько градаций красной окраски плодов теоретически возможно у бананов? Своё мнение обоснуйте.

**Решение**

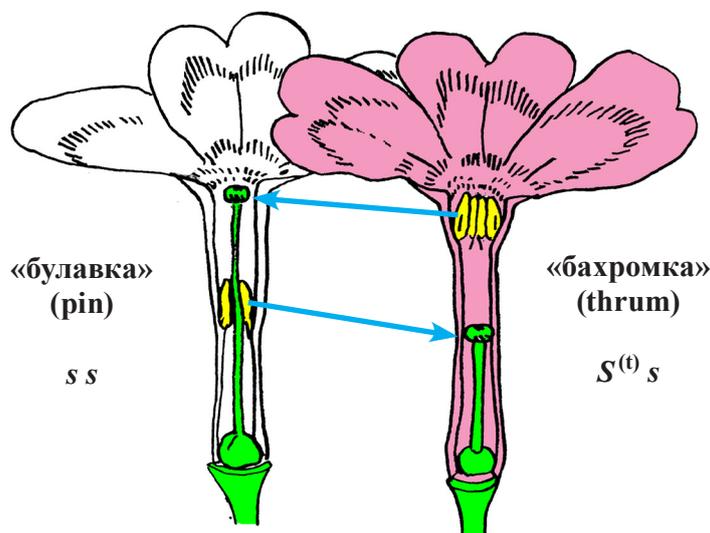
Поскольку бананы триплоидны, в каждой клетке находится по три гомологичных хромосомы, и, соответственно, по три аллеля каждого гена. Наиболее выраженная красная окраска (тёмно-красная) должна наблюдаться, если все три аллеля отвечают окрашенный пигмент – генотип  $AAA$ . Возможно, что в генотипе только два таких аллеля, а третий не даёт окраски –  $Aa$ . Тогда окраска будет более светлой, красной. В случае только одного функционального аллеля в геноме –  $Aaa$  – окраска будет розовой. Если все аллели представлены нефункциональным вариантом –  $aaa$  – окраска плодов будет белой. (Возможно наложение красной окраски на жёлтый фон.)

**Ответ:** У бананов теоретически возможно три градации красной окраски плодов, а также плоды без красного пигмента.

**Задача 5 (18 баллов).** У примул (*Primula*) есть две расы, отличающиеся строением цветка (см. рисунок):

- 1) «булавки» (pin), у которых длинный столбик, а тычинки короткие;
- 2) «бахромки» (thrum), у которых короткий столбик, а тычинки длинные.

Семена завязываются либо когда пыльца с коротких тычинок попадает на пестик с коротким столбиком, либо когда пыльца с длинных тычинок попадает на пестики с длинным столбиком (обозначено стрелками). Если перенести пыльцу с длинных тычинок на пестик с коротким столбиком, или с коротких тычинок на пестик с длинным столбиком, то семян не образуется.



Строение цветка контролирует генетический локус  $S$ . «Булавки» – гомозиготная раса с генотипом  $s s$ . У «бахромки» есть доминантный аллель  $S^{(t)}$ , который всегда встречается в гетерозиготе. Таким образом, генотип «бахромки» –  $S^{(t)} s$ .

Цвет лепестков у примул определяется геном красной окраски –  $A$ . Гомозиготы по рецессивному аллелю  $a$  – белые. Наблюдается кодоминирование.

После скрещивания розовой примулы-«бахромки» с белой примулой-«булавкой» в потомстве первого поколения получилось 697 белых примул-«бахромки» и 706 розовых примул-«булавок».

- А.** Выдвиньте гипотезу о наследовании гена окраски.
- Б.** Предложите генотипы родительской пары и всех потомков первого поколения.
- В.** Рассчитайте расщепление по генотипам и фенотипам во втором поколении, если дать гибридам первого поколения свободно опыляться между собой.
- Г.** В каком поколении можно ожидать появления красных примул-«бахромки»? Красных примул-«булавок»? Свое мнение обоснуйте.

### Решение

**А.** Поскольку среди потомков все примулы-«бахромки» оказались белыми, а все примулы-«булавки» розовыми, и при этом расщепление оказалось близким к  $1 : 1$ , можно предположить, что ген  $A$  наследуется сцепленно с локусом  $S$ .

**Б.** Начнём с генотипов потомков первого поколения.

Белые примулы-«бахромки» с генотипом  $aa$  по окраске получили одну из хромосом, содержащую аллель  $a$  и локус  $S^{(t)}$ , от родителя-«бахромки», а вторую хромосому с аллелем  $a$  и локусом  $s$  – от родителя-«булавки». Этот генотип можно обозначить  $S^{(t)a} s^a$ .

Розовые примулы-«булавки» обладают генотипом  $Aa$  и несут аллель  $A$ , сцепленный с локусом  $s$ , от розового родителя-«бахромки», а второй аллель  $a$  с локусом  $s$  – от белого родителя-«булавки». Этот генотип можно обозначить  $s^A s^a$ .

После этого легко предложить генотипы родителей.

**Белая примула-«булавка»:**  $s^a s^a$ .

**Розовая примула-«бахромка»:**  $S^{(t)a} s^A$ .

**В.** В случае гибридов первого поколения опыление возможно только между расами, опыление внутри рас не происходит.

Раса розовых примул-«булавок» ( $s^A s^a$ ) даст гаметы  $s^A$  и  $s^a$ .

Раса белых примул-«бахромки» ( $S^{(t)a} s^a$ ) даст гаметы  $S^{(t)a}$  и  $s^a$ .

гаметы	$S^{(t)a}$	$s^a$
$s^A$	$S^{(t)a} s^A$ розовые «бахромки»	$s^A s^a$ розовые «булавки»
$s^a$	$S^{(t)a} s^a$ белые «бахромки»	$s^a s^a$ белые «булавки»

Таким образом, во втором поколении ( $F_2$ ) будет следующее расщепление:

25%  $S^{(t)a} s^A$  розовые «бахромки»

25%  $s^A s^a$  розовые «булавки»

25%  $S^{(t)a} s^a$  белые «бахромки»

25%  $s^a s^a$  белые «булавки»

**Г.** Фенотип «бахромки» определяется локусом  $S^{(t)}$ , а он тесно сцеплен с аллелем  $a$ , дающим белую окраску. Таким образом, примулы-«бахромки» будут либо белыми ( $S^{(t)a} s^a$ ), либо розовыми ( $S^{(t)a} s^A$ ). Красная окраска не возникнет ни в одном из последующих поколений.

Во втором поколении получились как розовые «булавки», так и розовые «бахромки», причём в обоих случаях аллель  $A$  сцеплен с локусом  $s$ . При скрещивании этих потомков можно получить примулы-«булавки» с генотипом  $s^A s^A$ . При кодоминировании окраска будет красной. Итак, красные примулы-«булавки» получатся уже в третьем поколении ( $F_3$ ).

**Дополнение к решению.** Можно также высказать гипотезу, что, несмотря на сцепление, происходит кроссинговер между локусом  $S$  и геном  $A$ . Исходя из условия, расстояние между ними округлённо составит меньше 0,035 сантиморган ( $1 : 1403$  особи) : 2.

Если мы увеличим выборку, то уже во втором поколении есть вероятность обнаружить красную примулу-«бахромку». Гаметы  $S^{(t)A}$  образуются с вероятностью  $0,01 m/2$ , где  $m$  – расстояние между локусом  $S$  и геном  $A$  в сантиморганах. Соответственно, доля красных примул-«бахромки» среди потомков  $F_2$  составит  $(0,5 - 0,005m) \times 0,005m$ .

**Ответ:**

**А.** Ген окраски наследуется сцепленно с локусом  $S$ .

**Б.** Генотипы родителей (P):

Белая примула-«булавка»:  $s^a s^a$ .

Розовая примула-«бахромка»:  $S^{(t)a} s^A$ .

Генотипы потомков  $F_1$ :

Розовая примула-«булавка»:  $s^A s^a$ .

Белая примула-«бахромка»:  $S^{(t)a} s^a$ .

**В.** Расщепление во втором поколении ( $F_2$ ):

25%  $S^{(t)a} s^A$  розовые «бахромки»

25%  $s^A s^a$  розовые «булавки»

25%  $S^{(t)a} s^a$  белые «бахромки»

25%  $s^a s^a$  белые «булавки»

**Г.** Красные примулы-«булавки» получатся в третьем поколении ( $F_3$ ). Красные примулы-«бахромки» не должны возникнуть ни в одном из последующих поколений.

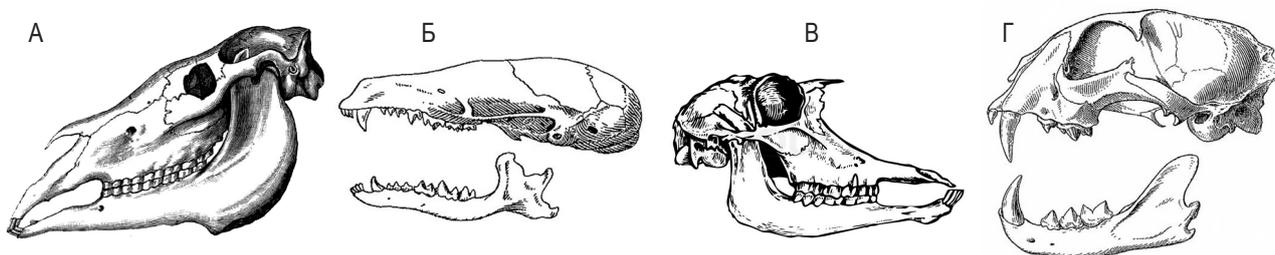
[Или уже во втором поколении, если между локусом  $S$  и геном  $A$  возможен кроссинговер – но тогда для обнаружения красных примул-«бахромки» нужно увеличить выборку растений во втором поколении.]

# Ответы на задание заключительного этапа Олимпиады «Ломоносов-2015» по биологии 10–11 классы

## Вариант 2

### Блок 1 [10]

**Задание 1 (8 баллов).** Сопоставьте к каким отрядам Млекопитающих относятся объекты, черепа которых изображены на рисунках▼. Обратите внимание, что разные объекты могут относиться к одному и тому же отряду. В ответе дайте цифру шифра, соответствующую букве рисунка. 1 – Непарнокопытные; 2 – Парнокопытные; 3 – Грызуны; 4 – Хищные; 5 – Рукокрылые; 6 – Приматы; 7 – Зайцеобразные; 8 – Насекомоядные; 9 – Ластоногие; 10 – Китообразные



**Ответ:**

**A** – 1 (Непарнокопытные)

**B** – 2 (Парнокопытные)

**B** – 8 (Насекомоядные)

**Г** – 4 (Хищные)

**Задание 2 (8 баллов).** Для перечисленных растений шифром укажите тип завязи. 1 – завязь нижняя, околоцветник прикреплен на верхушке завязи. 2 – завязь верхняя, околоцветник прикреплен у основания завязи.

а) пшеница; б) миндаль; в) вишня; г) лилия; д) огурец; е) дыня; ж) тыква; з) арбуз.

**Ответ:**

а) – 2

в) – 2

д) – 1

ж) – 1

б) – 2

г) – 2

е) – 1

з) – 1

**Задание 3 (4 балла).** Укажите порядок расположения тканей листа С-3 растений (сверху вниз):

а) эпидерма – губчатый мезофилл – столбчатый мезофилл – ксилема – флоэма;

б) эпидерма – столбчатый мезофилл – ксилема – флоэма – губчатый мезофилл;

в) эпидерма – столбчатый мезофилл – флоэма – ксилема – губчатый мезофилл;

г) столбчатый мезофилл – ксилема – эпидерма – флоэма – губчатый мезофилл;

д) эпидерма – столбчатый мезофилл – флоэма – губчатый мезофилл – ксилема.

**Ответ:**

б)

**Задание 4.** Для перечисленных растений условным шифром укажите пол цветков.

1 – цветки всегда обоеполые. 2 – есть мужские и женские цветки.

а) одуванчик; б) табак; в) крапива; г) дыня; д) тополь; е) кукуруза; ж) овёс; з) ячмень.

**Ответ:**

а) – 1

в) – 2

д) – 2

ж) – 1

б) – 1

г) – 2

е) – 2

з) – 1



**Задание 5 (10 баллов).** С помощью буквенного шифра дайте описание растения, представленного на рисунке.

**Семейство:** А – Розоцветные; Б – Крестоцветные; **В – Паслёновые;**

Г – Бобовые; Д – Лилейные; Е – Злаковые.

**Цветок:** **Ж – актиноморфный;** З – зигоморфный; И – неправильный

**Завязь:** **К – верхняя;** Л – нижняя

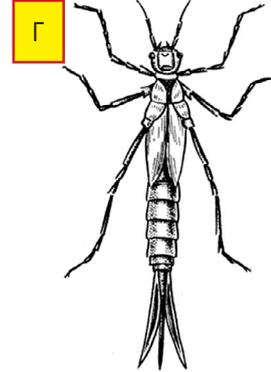
**Плод:** М – ягода; Н – орешек или многоорешек; О – костянка; П – зерновка;

Р – семянка; С – стручок или стручочек; Т – боб; **У – коробочка**

**Околоцветник:** **Ф – двойной;** Х – простой; Ц – редуцированный

**Ответ:** В, Ж, К, У, Ф.

**Задание 6 (4 балла).** Личинка стрекозы изображена на рисунке:

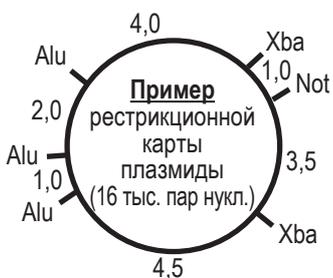


**Ответ:** Г

## Блок 2 [9]

**Задача 1 (12 баллов).** У многих бактерий для защиты от вирусов есть специальные ферменты – рестриктазы. Они расщепляют ДНК по определённым последовательностям, которые в ДНК бактерий данного вида отсутствуют или модифицированы присоединением к основанию метильной группы. Эти ферменты называют по первым буквам латинского названия рода и вида бактерии, например, **Eco** – *Escherichia coli* – рестриктаза из кишечной палочки. При действии такого фермента на очищенную ДНК разрывы происходят в строго определённых местах, и образуются фрагменты ДНК определённой длины. Сравнивая расщепление исследуемой ДНК различными

Рестриктазы	Длины фрагментов в тысячах пар нуклеотидов
Sal	Два по 5
Hind	6 и 4
Ava	6 и 4
Sal + Hind	4; 3; 2 и 1
Sal + Ava	4; 3; 2 и 1
Hind + Ava	4 и три по 2

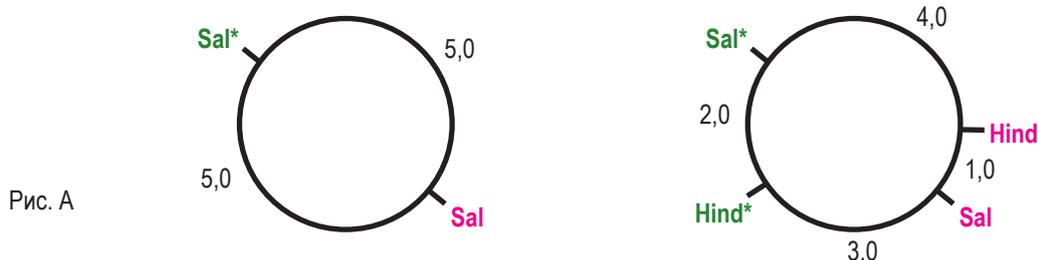


рестриктазами и их комбинациями, можно определить относительное расположение точек расщепления и построить **рестрикционную карту** данной последовательности ДНК. Из клеток бактерий выдели небольшую кольцевую ДНК – плазмиду, несущую ген устойчивости к пенициллину. Расщепление этой плазмиды тремя рестриктазами дало следующие фрагменты (см. таблицу). По этим данным постройте рестрикционную карту плазмиды, расположив на ней все точки расщепления. Ответ обоснуйте и оформите по образцу (как на рис.).

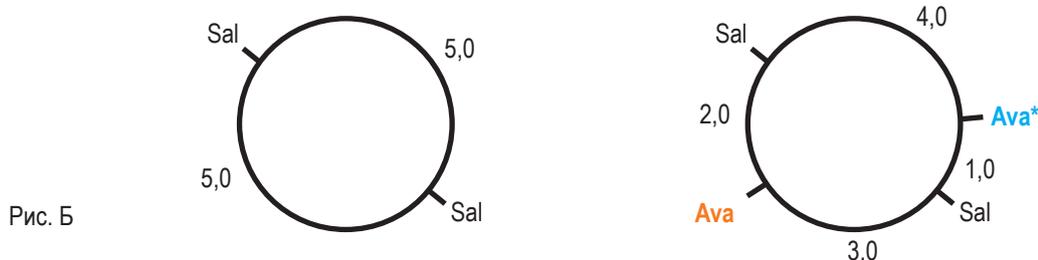
### Решение

Для начала можно определить, как на плазмиде располагаются сайты рестрикции Sal и Hind друг относительно друга. Поскольку Sal даёт два фрагмента одинаковой длины (5 тыс. п.н.), а после обработки Sal+Hind получаются фрагменты 4; 3; 2 и 1, то очевидно, что один из фрагментов Sal разрезается Hind на фрагменты 4 и 1 (4 + 1 = 5), а другой – на фрагменты 3 и 2 (3 + 2 = 5).

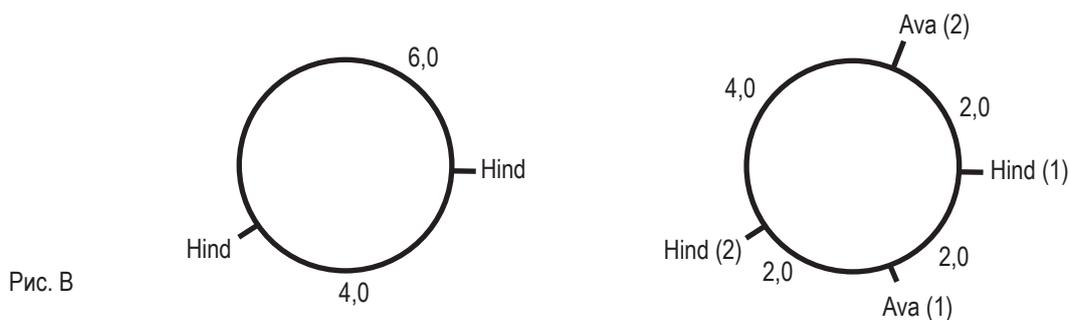
Рестриктаза *Hind* даёт фрагменты 6 и 4 тыс. п. н. После обработки *Sal*+*Hind* фрагмент 6 тыс. п.н. разрезается на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент 4 тыс. п.н. – на 3 и 1 соответственно. Исходя из этого можно начать строить рестрикционную карту плазмиды. Отметим, что сайты рестрикции *Sal* несимметричны (показано цветом). Ближайший сайт рестрикции *Hind* также обозначим соответствующим цветом.



Теперь нужно расставить сайты рестрикции *Ava*. При совместном действии *Sal*+*Ava* получается четыре фрагмента: 4 тыс. п. н.; 3 тыс. п. н., 2 тыс. п. н. и 1 тыс. п. н. Очевидно, что один из фрагментов *Sal* разрезается *Ava* на 4 и 1 тыс. п. н. ( $4 + 1 = 5$ ), а второй – на 3 и 2 тыс. п. н. ( $3 + 2 = 5$ ) соответственно. Аналогично можно построить карту для *Sal* и *Ava*.



Теперь построим еще одну вспомогательную карту для *Hid* и *Ava*. Очевидно, что фрагмент *Hind* длиной 6 тыс. п. н. разрезается *Ava* на фрагменты 4 и 2 тыс. п. н., а фрагмент *Hind* 4 тыс. п. н. разрезается *Ava* на два фрагмента по 2 тыс. п. н. каждый.



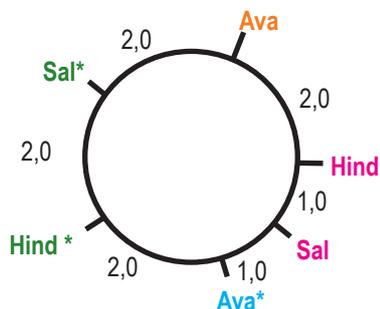
Для окончательного решения необходимо совместить все полученные рестрикционные карты. При этом мы можем столкнуться с ситуацией, когда одну из карт придётся либо симметрично отобразить, либо повернуть на некоторый угол. Есть две возможности такого совмещения.

- 1) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind\***, помеченному зелёным цветом на рис. А.
  - 2) Сайт **Hind (1)** на рис. В соответствует сайту **Hind**, помеченному розовым цветом на рис. А.
- Рассмотрим обе возможности.

1) В случае **Hind (1)=Hind\*** сайты рестрикции *Sal* должны находиться на расстоянии 2 (**Sal\***) и 3 тыс. п. н. (**Sal**). Тогда точка рестрикции *Sal* совпадёт (окажется на очень близком расстоянии) с точкой рестрикции **Ava (1)** (см. рис. В). При совместном действии на ДНК плазмиды *Sal*+*Ava* должно получиться только три фрагмента (четвёртый – слишком маленький, чтобы его учитывать). Однако это противоречит условию: образуется четыре фрагмента заметной длины: один – 4 тыс. п. н., а три другие – по 2 тыс. п. н.

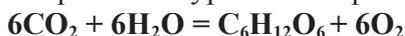
2) В случае **Hind (1)=Hind** сайты рестрикции Sal должны находиться на расстоянии 1 (**Sal**) и 4 тыс. п. н. (**Sal\***). В этом случае сайт **Sal** окажется на расстоянии 1,0 от сайта **Ava (1)**, а сайт **Sal\*** – на расстоянии 2,0 от сайта **Ava (2)**. Таким образом, сопоставляя рис. Б и рис. В, мы находим, что **Ava (1) = Ava\***, тогда как **Ava (2) = Ava**, и мы должны отобразить карту на рис. Б зеркально. Итоговая рестрикционная карта выглядит следующим образом.

**Ответ:**



Если карта зеркально симметрична приведенной в ответе, и/или повернута на некоторый угол, это не является ошибкой. Задачу также можно было начинать решать с построения начальной карты для любой другой рестриктазы.

**Задача 2 (10 баллов).** Чтобы определить скорость продукции и деструкции органического вещества в водоёмах экологи используют **метод светлых и тёмных склянок**. Три склянки равного объёма заполняют водой из водоёма. В пробу попадают различные планктонные организмы (фитопланктон, бактериопланктон и др.). В первой из светлых склянок (из прозрачного стекла) определяют начальную концентрацию  $O_2$ . Вторую светлую и тёмную (светонепроницаемую) склянку помещают в естественную среду на 24 часа, а затем в обеих склянках определяют концентрацию  $O_2$ . Далее производят пересчёт по уравнению фотосинтеза:



Найдем соотношение масс продуктов этой химической реакции.

Масса глюкозы  $C_6H_{12}O_6 = 12 \times 6 + 1 \times 12 + 6 \times 16 = 180$  г. Масса  $6O_2 = 16 \times 2 \times 6 = 192$  г.

Таким образом, на один грамм выделившегося кислорода приходится 0,94 г образовавшегося органического вещества  $[C_{орг}] - 180 : 192 = 0,9375$ . Для дальнейшего пересчёта от кислорода к органическому веществу округлим этот коэффициент до **0,94**.

Пусть начальное содержание  $O_2 - 9,64$  мг/л;

в темной склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание  $O_2 - 8,84$  мг/л;

а в светлой склянке после экспозиции в течение 24 часов содержание  $O_2 - 12,32$  мг/л.

Рассчитайте чистую и валовую продукцию в пробе по органическому веществу ( $C_{орг}$  мг/л).

**Решение**

Чистая продукция = валовая продукция – дыхание

Валовая продукция, оцененная по кислороду, равна

$$12,32(O_2 \text{ мг/л}) - 8,84(O_2 \text{ мг/л}) = 3,48(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$3,48 \times 0,94 = 3,27(C_{орг} \text{ мг/л})$$

$$\text{Дыхание (деструкция)} = 9,64(O_2 \text{ мг/л}) - 8,84(O_2 \text{ мг/л}) = 0,8(O_2 \text{ мг/л})$$

$$\text{Чистая продукция} = 3,48(O_2 \text{ мг/л}) - 0,8(O_2 \text{ мг/л}) = 2,68(O_2 \text{ мг/л})$$

Для перехода к органическому углероду необходимо умножить полученное значение на 0,94:

$$2,68 \times 0,94 = 2,52(C_{орг} \text{ мг/л}).$$

**Ответ:**

**Чистая продукция = 2,52 ( $C_{орг}$  мг/л)**

**Валовая продукция = 3,27( $C_{орг}$  мг/л)**

**Задача 3 (8 баллов).** Африканский электрический сом (*Malapterurus electricus*) при охоте на мелких рыб выдал разряд с напряжением 350 В. Мощность разряда составила 140 Вт. Рассчитайте возникшую силу тока и суммарное сопротивление в возникшей электрической цепи.

**Решение**

Мощность электрического разряда выражается формулой:

$$W = U \times I,$$

где  $U$  – напряжение, а  $I$  – сила тока.

Рассчитаем силу тока, которая возникает при разряде у африканского электрического сома.

$$140 \text{ Вт} : 350 \text{ В} = 0,4 \text{ А}$$

Сила тока прямо пропорциональна напряжению, и обратно пропорциональна сопротивлению, что отражается формулой:

$$I = \frac{U}{R}$$

$$\text{Отсюда } R = U : I = 350 \text{ В} : 0,4 \text{ А} = 875 \text{ Ом}$$

**Ответ:**

875 Ом.

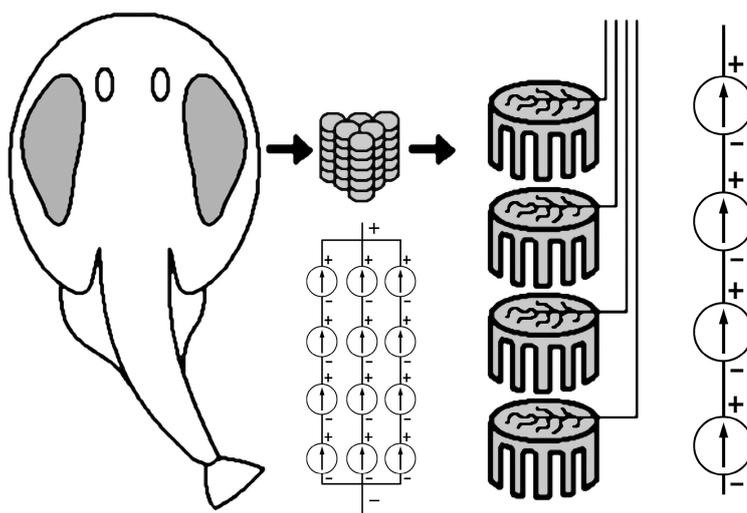


Схема расположения электроцитов у электрических рыб

**Блок 3 [6]**



Лилейник рыжий (*Hemerocallis fulva* 'Kwanso')

**Задача 4 (8 баллов).** Лилейник рыжий (*Hemerocallis fulva*) – триплоид культурного происхождения. Предположим, что за оранжевую окраску отвечает ген  $A$ , аллель  $a$  не даёт окрашенного пигмента. Интенсивность окраски зависит от того, сколько аллелей  $A$  несет данный организм. Сколько градаций оранжевой окраски цветков теоретически возможно у лилейника рыжего? Своё мнение обоснуйте.

**Решение**

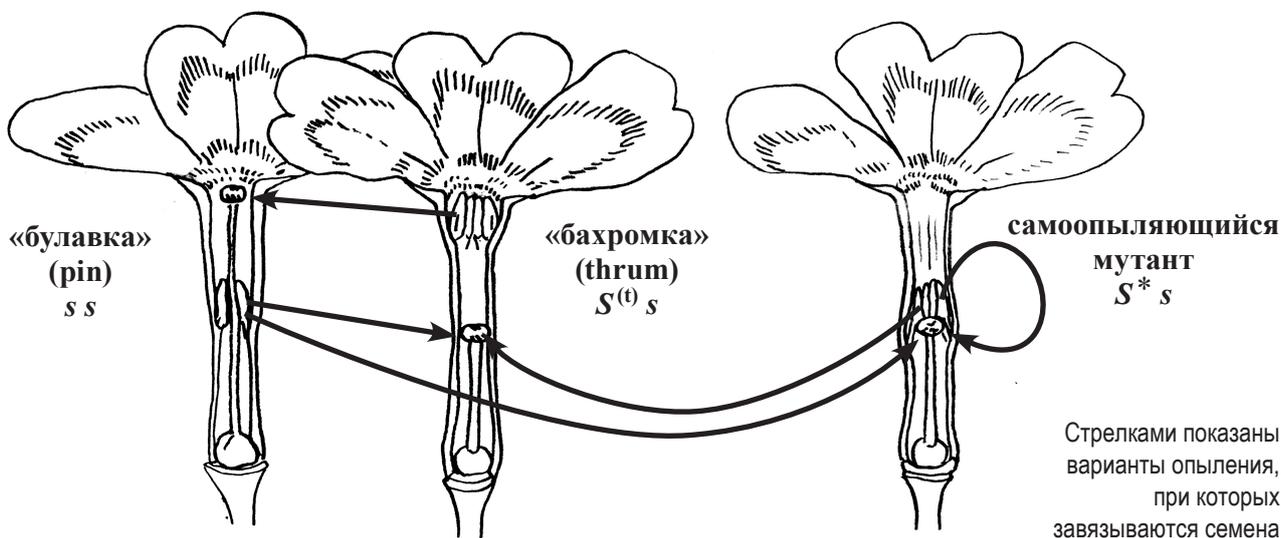
Поскольку лилейник рыжий – триплоид, в каждой клетке находится по три гомологичных хромосомы, и, соответственно, по три аллеля каждого гена. Наиболее выраженная оранжевая окраска (кирпично-оранжевая) должна наблюдаться, если все три аллеля отвечают окрашенный пигмент – генотип  $AAA$ . Возможно, что в генотипе только два таких аллеля, а третий не даёт окраски –  $AaA$ . Тогда окраска будет более светлой, оранжевой. В случае только одного функционального аллеля в геноме –  $Aaa$  – окраска будет светло-абрикосовой (=персиковой; =кремовой). Если все три аллеля представлены нефункциональным вариантом –  $aaa$  – окраска цветков будет белой.

**Ответ:** У лилейника рыжего возможно три градации оранжевой окраски цветков, а также белые цветки.

**Задача 5 (20 баллов).** У примул (*Primula*) есть две расы, отличающиеся строением цветка (см. рисунок):

- 1) «булавки» (pin), у которых длинный столбик, а тычинки короткие;
- 2) «бахромки» (thrum), у которых короткий столбик, а тычинки длинные.

Семена завязываются либо когда пыльца с коротких тычинок попадает на пестик с коротким столбиком, либо когда пыльца с длинных тычинок попадает на пестики с длинным столбиком (обозначено стрелками). Если перенести пыльцу с длинных тычинок на пестик с коротким столбиком, или с коротких тычинок на пестик с длинным столбиком, то семян не образуется.



Строение цветка контролирует генетический локус  $S$ . «Булавки» – гомозиготная раса с генотипом  $s s$ . У «бахромки» есть доминантный аллель  $S^{(t)}$ , который всегда встречается в гетерозиготе. Таким образом, генотип «бахромка» –  $S^{(t)} s$ .

Получен мутант примулы, способный к самоопылению (и тычинки, и столбик пестика короткие). Такой фенотип определяется аллелем  $S^*$ , который доминирует над  $s$ , но рецессивен по отношению к  $S^{(t)}$  ( $S^{(t)} > S^* > s$ ).

Пыльцу растения с генотипом  $S^* s$  нанесли на рыльце нормальной примулы-«бахромки» и собрали семена.

**А.** Предложите генотипы всех потомков первого поколения.

**Б.** Рассчитайте соотношение по генотипам и фенотипам в первом поколении.

**В.** Рассчитайте расщепление по генотипам и фенотипам во втором поколении, если дать гибридам первого поколения свободно опыляться между собой (считайте опыление пыльцой различных генотипов равновероятным).

**Г.** Как изменится расщепление в первом поколении, если посадить рядом примулу-«бахромку» и мутант, а затем после свободного опыления собрать семена с обоих растений? (Считайте при этом семенную продуктивность растений одинаковой.)

### Решение

**А.** Растение-мутант с генотипом ( $S^* s$ ) даст гаметы  $S^*$  и  $s$ .

Примула-«бахромка» ( $S^{(t)} s$ ) даст гаметы  $S^{(t)}$  и  $s$ .

гаметы	$S^{(t)}$	$s$
$S^*$	$S^{(t)} S^*$	$S^* s$
$s$	$S^{(t)} s$	$s s$

**Б.** Выпишем из решётки Пеннета генотипы и, исходя из условия, предложим фенотипы для потомков первого поколения.

$S^{(t)} S^*$  и  $S^{(t)} s$  «бахромки» (50%)

$S^* s$  мутантный фенотип (25%)

$s s$  «булавки» (25%)

**В.** Оценим, какие из растений второго поколения смогут скрещиваться друг с другом.

Мужской родитель ► ▼ Женский родитель	$S^{(t)} S^*$ «бахромка»	$S^{(t)} s$ «бахромка»	$S^* s$ мутант	$s s$ «булавка»
$S^{(t)} S^*$ «бахромка»	Нет	Нет	Скрещ. 2	Скрещ. 3
$S^{(t)} s$ «бахромка»	Нет	Нет	Скрещ. 4	Norma
$S^* s$ мутант	Нет	Нет	Скрещ. 5	Скрещ. 6
$s s$ «булавка»	Скрещ. 1	Norma	Нет	Нет

«Нет» стоит в тех ячейках таблицы, где потомство не будет получено,

Словом «Norma» обозначено скрещивание между обычными «булавками» и «бахромками». Оно даёт расщепление 1:1 и по генотипу, и по фенотипу (встречается в таблице дважды).

Обратим внимание, что **Скрещивание №1** и **Скрещивание №3** дадут одинаковый результат. При этом получится половина «бахромок» и половина особей с мутантным фенотипом.

**Скрещивание №6** даст половину «булавок» и половину мутантных особей

**Скрещивание №4** аналогично скрещиванию исходной родительской пары: половина «бахромок», четверть мутантов и четверть «булавок».

**Скрещивание №2** даст половину «бахромок» и половину мутантов, но при этом каждый фенотип будет представлен двумя генотипами.

Скрещивание №5 мутантных особей на самих себя даст классическое менделевское расщепление 3 (мутанты) : 1 («булавки»).

Для подведения итогов необходимо аккуратно просуммировать результаты всех этих скрещиваний.

Скрещивание ► ▼ Генотип		№1	№2	№3	№4	№5	№6	Norma	Norma	Итого	
$S^{(t)} S^*$	«бахромка»		0,25		0,25					0,5	1
$S^{(t)} s$		0,5	0,25	0,5	0,25			0,5	0,5	2,5	5
$S^* S^*$	мутанты		0,25			0,25				0,5	1
$S^* s$		0,5	0,25	0,5	0,25	0,5	0,5			2,5	5
$s s$	«булавки»				0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	2	4

Теперь просуммируем расщепление по фенотипам.

«Бахромки» – 6

Мутантный фенотип – 6

«Булавки» – 4

Можно сократить, и тогда получится расщепление:

**3 «Бахромки» : 3 мутантный фенотип : 2 «Булавки»**

**Г.** Если мы считаем, что опыляться будут только «бахромки» и мутанты, то семена на «бахромках» завяжутся только от опыления пылью мутантов, а у мутантов будет самоопыление (пыльца с «бахромок» не сможет опылить мутантов). Таким образом, нам нужно будет учесть потомство от «бахромок» (0,5 «бахромок»; 0,25 «булавок» и 0,25 мутантов) и потомство от самоопыления мутантов (0,75 мутантов и 0,25 «булавок»). В итоге получится 0,5 «бахромок»; 0,5 «булавок» и 1 мутантов, или 1 : 1 : 2. Доля мутантов повысится, а доля «бахромок» снизится.