

Московская олимпиада школьников по генетике, 13.03.2022

Заключительный этап. Теоретический тур.

10 класс.

Критерии и ответы.

1. Ответ

1.1. Антиген Н оказывается в свободном виде на мембране эритроцитов, только в случае генотипа H_2 и первой группы по системе АВ0. Соответственно, у всех остальных людей на мембране эритроцитов не было бы антигена Н, поэтому были бы в плазме к нему антитела. В плазме от доноров со второй группой были бы антитела к Н и к В, поэтому такую плазму можно было бы переливать только пациентам со второй группой крови. **3 балла**

1.2. Так как на эритроцитах людей со второй группой крови есть антиген А, такие эритроциты можно переливать только в плазму, не содержащую антител к А. Это вторая и четвертая группы. **3 балла**

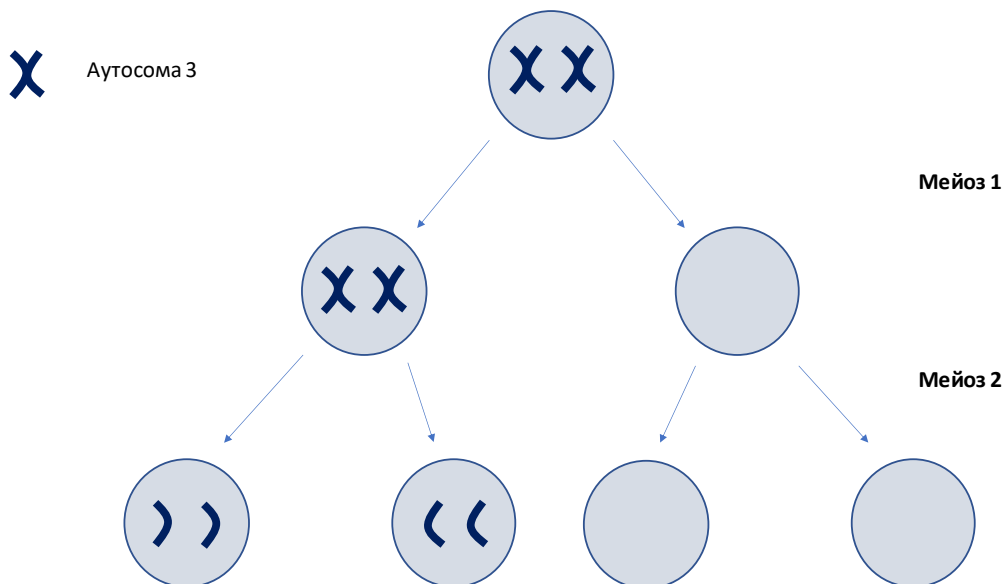
1.3. Половина потомства будет hh , у них не будет никаких антигенов этой системы на эритроцитах, поэтому в плазме будут антитела к А и к В. **(1 балл)** Среди оставшейся половины потомства будет 25% I^A_2 - вторая группа крови (или 12,5% $I^A I^A$ + 12,5% $I^A i$), 12,5% четвертая $I^A I^B$, 12,5% $I^B i$ третья. **(2 балла)**

У второй группы крови антитела к В, у четвертой никаких, у третьей к А. **(1 балл)**
(10 баллов)

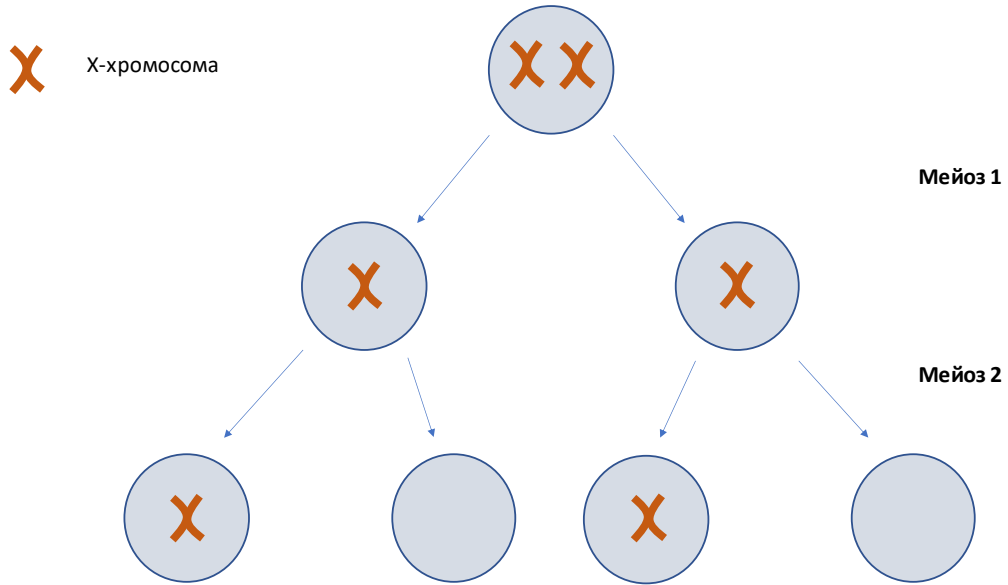
2. Ответ:

По **3 балла** за пункт. Баллы снижались за неверное отображение хромосом/хроматид, не все варианты.

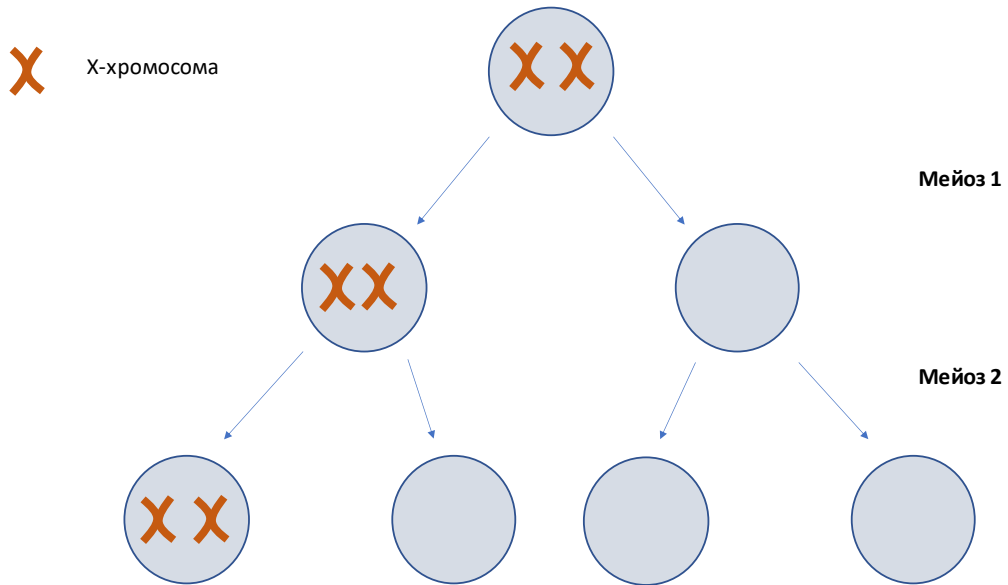
а)



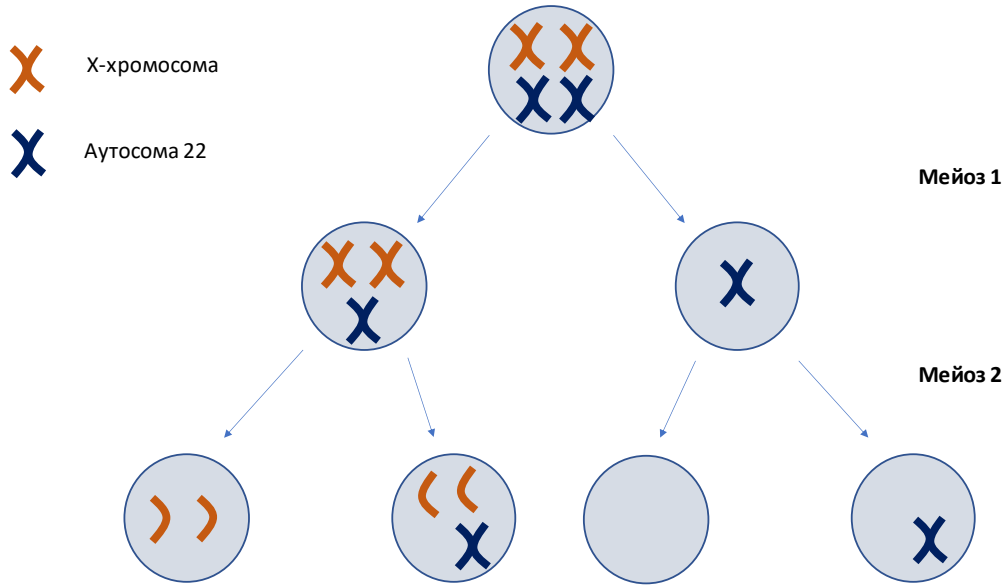
б)



в)



Г)



(12 баллов)

3. Ответ:

P:	Microcarpic	X	Rolled			
	333 00		33 000	Хромосомы можно обозначать как угодно, главное, чтобы правильный набор		
G:	330		300	По 0,5 балла за гамету		
	30		30			
	3330		3000			
	_0		-3			

F:						
Вероятности гамет		0,05	0,45	0,45	0,05	
		3330	330	30	_0	
	3000	3333 0000	333 0000	33 0000	30000	X - умер
0,05		X	X	SuperRolled	X/SuperRolled	Фенотипы через / - правильным считать любой вариант
	300	3333 000	333 000	33 000	3 000	За верно указанный фенотип - 0,1 балл
0,45		X	X	Rolled	X/Rolled	
	30	3333 00	333 00	33 00	3 00	За верную вероятность фенотипа - 0,2 балла
0,45		SuperMicrocarpic	Microcarpic	Normal	X/Normal	
	-3	3333 0	333 0	33 0	3 0	Если верно указаны все фенотипы с вероятностями, то 5 баллов за них суммарно
0,05		X/SuperMicrocarpic	X/Microcarpic	X/Normal	X/Normal	
		Вероятности генотипов	0,0025			
			0,0225			
			0,2025			

(9 баллов)

4. Ответ

1. а) Генов несколько, потому что при скрещивании потомков первого поколения между собой проявилось больше трёх фенотипов. **0,5 балла** б) Гены наследуются независимо, потому что если бы гены были сцеплены и был бы кроссинговер мы бы не смогли получить расщепление 1:1:1:1 при скрещивании гибридов первого поколения. **0,5 балла**

2. Минимальное число генов, которое объясняет такое наследование признака - 2. Обозначим их А и В. Так как в потомстве первого поколения единообразие, родители были гомозиготами, также жёлтый фенотип "рецессивный" относительно кирпично-красного **1 балл**. Тогда родители ААВВ (кирпично-красные), ааbb (жёлтые) **1 балл**. Первое поколение – АаВb **1 балл**. Возвратное скрещивание первого поколения с жёлтыми даёт АаВb (кирпично-красные), ааbb (жёлтые), Аabb (алые либо зелёные), ааВb (зелёные либо алые) в равном соотношении. **2 балла** за 4 фенотипа возвратного скрещивания: по **0,5 балла** за каждый.

3. При скрещивании АаВb между собой в потомстве должно быть расщепление 9А_В_ : 3А_bb : 3ааВ_ : 1аabb **1,5 балла**. То есть зелёных должно быть 3/16 **0,5 балла**. Тогда $3/16 * 12800 = 2400$. **(8 баллов)**

5. Ответ

1. Эндосперм триплоидный, поэтому градации окраски очень тёмная (AAA), тёмная (AAa), средняя (Aaa), светлая (aaa). **0,5 балла** за плоидность эндосперма, **0,5 балла** за верное указание четырёх градаций окраски. Если градации окраски как-то по-другому названы или для них не прописаны генотипы или наоборот фенотипы, но всё равно указано, что есть 4 градации окраски от тёмного к светлому, то ставить полный балл.

2а. После мейоза у женского растения в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток с генотипом а (**0,5 балла**), центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип будет aa (**0,5 балла**). Мужские гаметы будут с генотипом А (**0,5 балла**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом Aaa. Всего **1,5 балла**.

2б. После мейоза у женского растения в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток с генотипом А (**0,5 балла**), центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип будет AA (**0,5 балла**). Мужские гаметы будут с генотипом а (**0,5 балла**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом AAa. Всего **1,5 балла**.

2в. После мейоза у женского растения (Aa) в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток, половина с генотипом а, половина с генотипом А (**1 балл за расщепление**). Центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип с вероятностью 3/14 будет aa, с вероятностью 3/14 - AA, с вероятностью 8/14 - Aa (**2,5 балла за расщепление**). Мужские гаметы будут с генотипом а (**0,5 балла**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом AAa с вероятностью 3/14, с генотипом Aaa с вероятностью 8/14, с генотипом aaa с вероятностью 3/14. Всего **4 балла**.

2г. После мейоза у женского растения в зародышевом мешке будет 8 гаплоидных клеток с генотипом А (**0,5 балла**), центральная клетка образуется путём слияния двух гаплоидных клеток, так что её генотип будет AA (**0,5 балла**). Мужские гаметы будут с генотипом а с вероятностью 1/2 и с генотипом А с вероятностью 1/2 (**1 балл за расщепление по мужским гаметам**). После оплодотворения спермием центральной клетки получатся клетки эндосперма с генотипом AAA с вероятностью 1/2 и с генотипом AAa с вероятностью 1/2. Всего **2 балла**.

Если в пунктах 2а-2г решение приведено не особо подробно, но есть логика прихождения к верному ответу, ставить полный балл. Если есть какие-то элементы решения, то ставить частичные баллы, как написано в решении.

6. Ответ:

1.

1) P:	A1A1	X	A2A2	2) P:	A3A3	X	A4A4
	axyridis		conspicua		spectabilis		succinea
F:	A1A2		1 балл	F:	A3A4		1 балл
	conspicua				spectabilis		

3) P:	A1A2	X	A3A4		2 балла		
	conspicua		spectabilis				
F:	1 A1A3	:	1 A2A3	:	1 A2A4	:	1 A1A4
	spectabilis		conspicua		conspicua		axyridis

2. Нельзя, так как фенотип *succinea* проявляется только в рецессивной гомозиготе A4A4 (**1 балл**)

3.

a) P:	A1A2	X	A1A2		
	conspicua		conspicua		
F:	1 A1A1	:	2 A1A2	:	1 A2A2
	axyridis		conspicua		conspicua
	3 conspicua	:	1 axyridis		1,5 балла

б) P:	A3A4	X	A3A4		
	spectabilis		spectabilis		
F:	1 A3A3	:	2 A3A4	:	1 A4A4
	spectabilis		spectabilis		succinea
	3 spectabilis	:	1 succinea		1,5 балла

в) P:	A1A4	X	A1A2				
	axyridis		conspicua				
F:	1 A1A1	:	1 A1A2	:	1 A1A4	:	1 A2A4
	axyridis		conspicua		axyridis		conspicua
	2 conspicua	:	2 axyridis		или 1:1		1,5 балла

г) P:	A1A4	X	A3A4				
	axyridis		spectabilis				
F:	1 A1A3	:	1 A1A4	:	1 A3A4	:	1 A4A4
	spectabilis		axyridis		spectabilis		succinea
	1 axyridis	:	2 spectabilis	:	1 succinea		1,5 балла

Если в подпункте пункта 3 верно прописано скрещивание и указано расщепление по генотипу, но сделана ошибка в расщепление по фенотипу, ставить 1 балл вместо 1,5.

(11 баллов)

7. Ответ:

Так как расщепление в анализирующем скрещивании не 1:1:1:1, то гены наследуются сцепленно. **1,5 балла**

Процент кроссоверных гамет = расстояние между генами = 36%. **1,5 балла**

Если дигетерозиготы получены от скрещивания чистых линий ААВВ и ааbb, то гены сцеплены в цис-положении (доминантный аллель с доминантным, рецессивный с рецессивным: А с В, а с b). **1,5 балла**

Потомство ААbb может получиться только при слиянии двух гамет Ab. **1,5 балла**

Гамета Ab для каждой дигетерозиготы кроссоверная, поэтому вероятность её образования 0,18. **1,5 балла**

Тогда доля особей ААbb = $0,18 \cdot 0,18 = 0,0324 = 3,24\%$. **1,5 балла**

Если какие-то из стадий решения пропущены, но при этом видно, что участник их подразумевал, то ставятся за них баллы тоже.

(9 баллов)

8. Ответ

8.1. Нонасахарид D имеет два разветвления: у второго и третьего остатков исходного олигосахарида. Это возможно только в том случае, если у обнаруженной расы фитофторы есть как фермент **B**, так и фермент **F**. В её генотипе должны присутствовать хотя бы один аллель **B** и хотя бы один аллель **F**. Таким образом, возможно 4 варианта генотипов (**1 балл**)

(1) **BB FF**; (2) **Bb FF**; (3) **BB Ff**; (4) **Bb Ff**.

8.2. «Карман» рецептора **R^B** помещает цепочку исходного олигосахарида с боковым ответвлением у второго остатка, а «карман» рецептора **R^F** – цепочку исходного олигосахарида с боковым ответвлением у третьего остатка. У **нонасахарида D** есть две близко расположенных боковых цепочки: у второго и третьего остатка. Ни один из рецепторов не сможет поместить в «кармане» сразу две боковые цепочки. Поэтому рецептору **R^B** будет мешать красная боковая цепочка **нонасахарида D**, а рецептору **R^F** – синяя боковая цепочка **нонасахарида D**.

Таким образом, ни один из рецепторов не сможет взаимодействовать с **нонасахаридом D**. (**1 балл**)

8.3. Логично предположить, что у одной из родительских рас фитофторы есть фермент **B** (он приведёт к образованию гептасахарида **B**), но нет фермента **F**, а у другой – есть фермент **F**, который синтезирует гептасахарид **F**, но нет фермента **B**. Поскольку известно, что обе расы гомозиготны, можно предложить следующие генотипы родительских рас:

BB ff – для расы с гептасахаридом **B** (**0,5 балла**),

bb FF – для расы с гептасахаридом **F** (**0,5 балла**).

Потомки (споры) первого поколения будут дигетерозиготами: **Bb Ff** (**0,5 балла**).

8.4. Дигетерозиготы **Bb Ff** имеют как фермент **B**, так и фермент **F**. Это означает, что у них будет синтезироваться **нонасахарид D**, но, кроме того, все промежуточные продукты биосинтеза (см. пункт 8.1 задачи), а именно: **гептасахарид B**, **гептасахарид F** и **пентасахарид A**. Таким образом, гибридные споры первого поколения будут синтезировать все возможные олигосахариды, которые будут восприниматься либо

рецептором В, либо рецептором F. Это означает, что в любом случае будет развиваться. (2 балла)

Единственный возможный вариант, когда гибридные споры смогут успешно инфицировать растение – это генотип *rr* (без рецепторов), но он не рассматривается в этой части задачи.

8.5. В условии сказано, что гены **B** и **F** расположены на разных хромосомах. Это означает, что они наследуются независимо, и втором поколении должно наблюдаться расщепление, типичное для менделевского дигибридного скрещивания. В решётке Пеннета сиреневым цветом отмечены генотипы, у которых имеются все возможные олигосахариды (**F, B, D** и **F**); красным – с олигосахаридами **A** и **B**, синим – с олигосахаридами **A** и **F**, и зелёным – только с исходным олигосахаридом **A**.

	BF	Bf	bF	bf
BF	BB FF Олигосахариды: A, B, F, D	BB Ff Олигосахариды: A, B, F, D	Bb FF Олигосахариды: A, B, F, D	Bb Ff Олигосахариды: A, B, F, D
Bf	BB Ff Олигосахариды: A, B, F, D	BB ff Олигосахариды: A, B	Bb Ff Олигосахариды: A, B, F, D	Bb ff Олигосахариды: A, B
bF	Bb FF Олигосахариды: A, B, F, D	Bb Ff Олигосахариды: A, B, F, D	bb FF Олигосахариды: A, F	bb Ff Олигосахариды: A, F
bf	Bb Ff Олигосахариды: A, B, F, D	Bb ff Олигосахариды: A, B	bb Ff Олигосахариды: A, F	bb ff Олигосахарид А

3 балл (2 балла за решетку, 1 балл за правильные олигосахариды)

8.6. Растения с генотипом **R^BR^B** смогут успешно инфицировать только те споры, у которых нет гептасахарида **B**. Они сосредоточены в нижнем правом углу решётки Пеннета с генотипами **bb FF**, **bb Ff** и **bb ff** (синий и зелёный цвет) (1 балл). Это ¼ (или 25%) от всех спор. Они синтезируют либо только исходный пентасахарид **A**, либо гептасахарид **F** в дополнение к **A** (0,5 балла).

Растения с генотипом **R^FR^F** смогут успешно инфицировать только те споры, у которых нет гептасахарида **F**. Это красные и зелёные ячейки решётки Пеннета с генотипами **BB ff**, **Bb ff** и **bb ff** (1 балл). Это также ¼ (или 25%) от всех спор. Они синтезируют либо только исходный пентасахарид **A**, либо, помимо того, ещё и гептасахарид **B** (0,5 балла).

Растения с генотипом **R^BR^F** смогут успешно инфицировать споры, у которых нет как гептасахарида **B**, так и гептасахарида **F**. Это двойные рецессивные гомозиготы **bb ff** (1 балл), отмеченные зелёным. Их доля составляет 1/16 (или 6,25%) от всех спор. Синтезируют только исходные пентасахарид **A** (0,5 балла).

8.7. При массовом инфицировании спорами разных генотипов в месте поранения синтезируются все возможные олигосахариды: **A, B, D** и **F**. Клетки растения с генотипом **R^BR^F** в силу наличия двух рецепторов будут взаимодействовать с олигосахаридами **B** и **F**, развивая реакцию сверхчувствительности. Инфекция при этом не возникнет. (2 балла)

(15 баллов)

9. Ответ:

Триплет	Вероятность появления в эксперименте 3	Вероятность появления в эксперименте 4	Кодируемая аминокислота	
UUU	1/8	125/216	Фенилаланин	не оценивается
UUC	1/8	25/216	Фенилаланин	0,6 балл
UCU	1/8	25/216	Лейцин/Серин*	0,5 балл
UCC	1/8	5/216	Лейцин/Серин*	0,5 балл
CUU	1/8	25/216	Серин/Лейцин*	0,5 балл
CUC	1/8	5/216	Серин/Лейцин*	0,5 балл
CCU	1/8	5/216	Пролин	0,6 балл
CCC	1/8	1/216	Пролин	не оценивается
	по 0,2 за ячейку этого столбца	по 0,4 за ячейку этого столбца		

*Если указано, что UCU лейцин, то UCC тоже должен быть лейцином, либо оба должны быть серином, такая же логика применяется к кодомам CUU и CUC

(8 баллов)

10. Ответ:

№ локуса	Частота аллеля					Гетерозиготность		П	СП
	1	2	3	4	5	Н _{набл}	Н _{ожид}		
1	0,972	0,028				0,058		-	
2	0,121	0,022	0,857			0,224	0,25	+	
3	0,130	0,370	0,430	0,070		0,724	0,656	+	+
4	0,134	0,843	0,023			0,282	0,271	+	+
5	0,008	0,014	0,953	0,025		0,040		-	
6	0,342	0,074	0,267	0,207	0,110	0,795	0,751	+	+
7	0,012	0,974	0,014			0,049		-	
8	0,023	0,623	0,354			0,497	0,486	+	+
9	0,398	0,602				0,478	0,479	+	
10	0,270	0,730				0,416	0,394	+	+
11	0,478	0,522				0,500	0,499	+	+
12	0,023	0,007	0,006	0,003	0,961	0,078		-	
13	0,756	0,134	0,110			0,391	0,398	+	
14	0,167	0,833				0,281	0,278	+	+

10.1. Если критерий полиморфности равен 0,95, то полиморфными являются 10 локусов (отмечены + в колонке П). Полиморфизм равен $P=10/20=0,5$. (2 балла)

10.2. $N_{набл.ср.} = \sum N_{набл} / 20 = 0,24062$ (1 балл). $N_{набл.ср.п.} = \sum N_{набл.п.} / 10 = 0,45878$ (1 балл)

10.3. Подсчитанная ожидаемая гетерозиготность по полиморфным локусам в таблице в колонке Н_{ожид} (2 балла). При сравнении ожидаемой и наблюдаемой гетерозиготности находим локусы с отбором в пользу гетерозигот (+ в колонке СП) (2 балла).

(8 баллов)

