

10 класс

1. Цветки (21 балл). [Ответ в задании для 7-8 класса.](#)
(но баллов в 9-10 классах за эту задачу ставилось меньше)
2. Определитель Стрекающих (32 балла). [Ответ в задании для 7-8 класса.](#)
3. Перестановка органов (21 балл). [Ответ в задании для 9 класса](#)
4. Группы крови (34 балла)

Уже на заре развития генетики человека было открыто, что группу крови АВ0 определяет ген **I**. Этот ген кодирует фермент гликозилтрансферазу, «пришивающую» различные (в зависимости от аллеля) углеводы к одному из гликолипидов клеточных мембран. В результате получаются варианты одного гликолипида, которые иммунная система распознает как антиген А или антиген В.

Существует много аллелей этого гена, основные из которых – **I^A**, **I^B** и **i⁰**. Нуль-аллель **i⁰** не кодирует активного фермента. Поэтому в этом случае исходный гликолипид остается неизменным и не опознается иммунной системой (это обозначают как антиген 0).

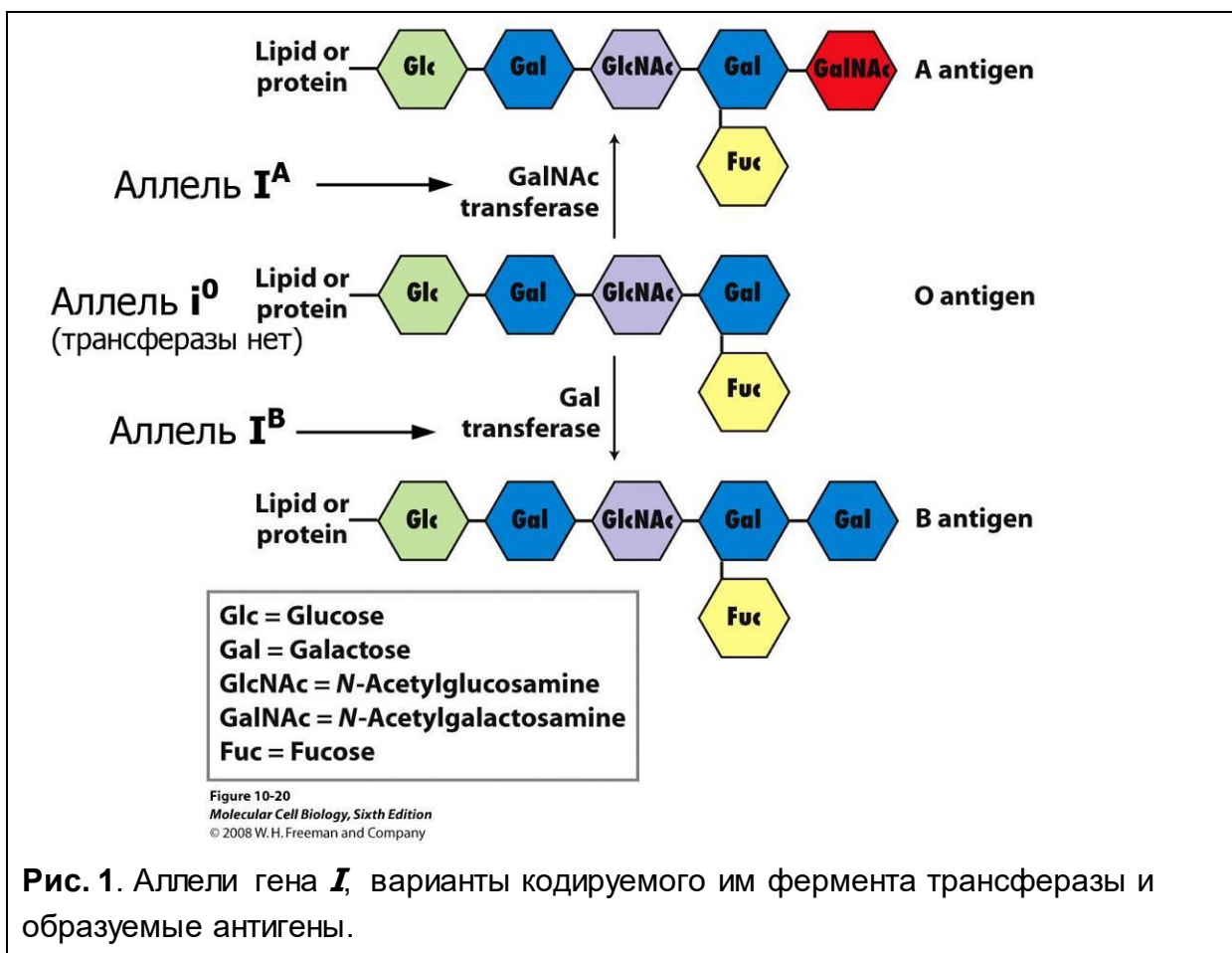


Рис. 1. Аллели гена **I**, варианты кодируемого им фермента трансферазы и образуемые антигены.

Развитие молекулярной генетики показало, что на самом деле мутантных вариантов (аллелей) гена **I** намного больше. Так, среди аллелей группы А, кодирующих фермент, создающий антиген А, оказались «сильные» и «слабые». У «слабых»

аллелей мутации затрагивают каталитический центр, что приводит к очень слабой активности фермента.

Наиболее часто среди слабых аллелей встречается аллель I^{A2} .

Если выраженность реакции агглютинации эритроцитов для антигена **A1** «сильного» аллеля I^{A1} принять за 100%, то для антигена **A2** аллеля I^{A2} она менее 40%.

Чтобы распознать антиген **A2**, необходимо применять специальные чувствительные сыворотки. В случае же применения стандартной сыворотки для группы крови А реакция агглютинации выражена очень слабо, что может приводить к ошибочному определению группы крови.

Задание.

Пусть в популяции есть аллели I^{A1} , I^{A2} , I^B и I^0 .

Частоты аллелей:

$I^{A1} - 0,30$	$I^B - 0,25$
$I^{A2} - 0,05$	$I^0 - 0,40$

1. Запишите все возможные генотипы и соответствующие им группы крови, заполнив таблицу в бланке ответов.
2. В третьем столбце таблицы отметьте те генотипы, у которых при определении группы крови может произойти ошибка из-за слабой агглютинации. Укажите, какую группу крови запишут в результате неправильного определения.
3. Подсчитайте частоту встречаемости людей, у которых может произойти такое ошибочное определение (ход расчетов приведите в соответствующей ячейке таблицы).
4. Оцените, может ли у кого-либо развиться реакция агглютинации эритроцитов при переливании крови, если принять, что человеку всегда переливают кровь той же группы, которую изначально определили.

ОТВЕТ на задание «Группы крови»

Вопрос 1		Вопрос 2		Вопрос 3	Вопрос 4
Генотип	Группа крови (0, А, В или АВ)	Может ли произойти ошибка	Какая группа определ. ошибочно	Частота встречаемости такого генотипа	Что будет, если пациенту перельют кровь той группы, которая определена по ошибке
$I^{A2} i^0$	А	да	0	$2 \cdot 0,05 \cdot 0,4 = 0,04$ или 4%	группе А перельют группу 0 → ничего
$I^{A2} I^{A2}$	А	да	0	$0,05^2 = 0,0025$ или 0.25%	группе А перельют группу 0 → ничего
$I^{A2} i^B$	АВ	да	В	$2 \cdot 0,05 \cdot 0,25 = 0,025$ или 2,5%	группе АВ перельют группу В → ничего
$I^{A1} I^{A2}$	А	нет			
$I^{A1} i^0$	А	нет			
$I^{A1} I^{A1}$	А	нет			
$I^{A1} i^B$	АВ	нет			
$I^B I^B$	В	нет			
$I^B i^0$	В	нет			
$i^0 i^0$	0	нет			

Пояснения к вопросу 3. Расчет частоты генотипов проводится на основе соотношения Харди-Вайнберга: частота гомозигот равна частоте аллеля в квадрате, а частота гетерозигот – $2pq$, где p и q – частоты соответствующих аллелей.

Пояснения к вопросу 4. В случаях, когда настоящая группа А, а переливаемая – ошибочно определенная 0, эритроциты донора не содержат антигенов. Поэтому, хотя в крови реципиента есть антитела анти-В, агглютинации не будет.

Некоторые справедливо отмечали, что реакция зависит от количества переливаемой крови: плазма донора с группой 0 содержит оба типа антител (анти-А и анти-В), и если такой плазмы попадет к реципиенту много, она может вызвать склеивание его собственных эритроцитов с антигенами А.

Аналогичные рассуждения для случая, когда группе АВ, ошибочно определенной как В, переливают группу В.

Распространенные ошибки, выявленные при проверке.

Вопрос 1.

Записаны не все генотипы (их 10). Часто встречалось неверное обозначение аллелей, например $A1 B$ – это противоречит правилам генетической символики. Некоторые не обратили внимание, что суть задачи – в двух разных аллелях I^A и написали просто обычные группы крови.

Вопрос 2.

Здесь ошибки вытекали из первого вопроса: если были не записаны все генотипы, то были определены и не все ошибочные. Ошибочными будут все генотипы, содержащие аллель I^{A^2} (в том числе гомозиготы), за исключением генотипа $I^{A^1} I^{A^2}$.

Вопрос 3.

Самая частая ошибка – отсутствие коэффициента 2 в формуле для числа гетерозигот. Вторая – отсутствие обоснования вычислений.

Вопрос 4.

Здесь приветствовалось объяснение причин агглютинации через анализ того, какие антигены и антитела содержатся в данных группах крови (а не просто указания типа «группа 0 – универсальный донор» без объяснения причин).