

## БИОЛОГИЯ

### Эталон ответов 2 (очного) этапа

### Всероссийской олимпиады школьников «Будущее медицины» 2025 г. 10 класс

#### 1 задание (15 баллов) Задание 1. (12 баллов)

1) Составьте родословную по легенде. *Римские цифры обозначают поколения, а арабские — номер в родословной.*

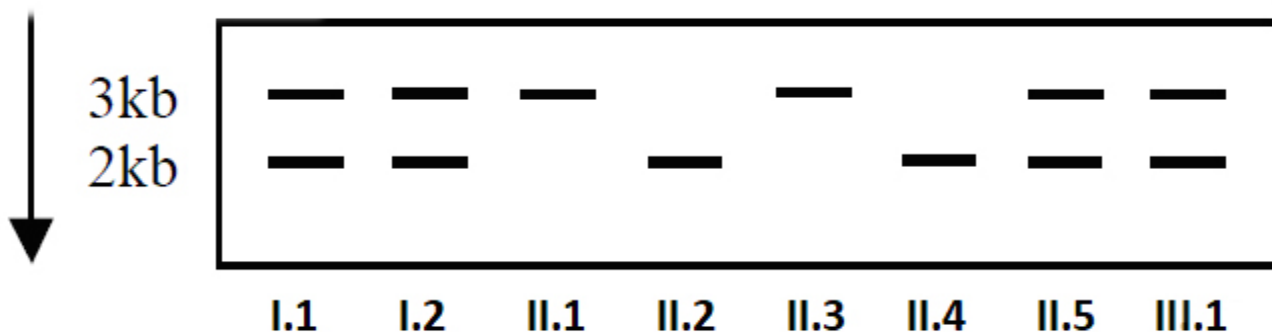
Пробанд (III.1) - здоровый мужчина. Отец (II.1) пробанда болен. Мать (II.2) пробанда здорова. Её два брата (II.4 и II.5) также здоровы, а сестра (II.3) страдает данным заболеванием. Бабушка (I.1) и дедушка (II.2) по материнской линии здоровы. Со стороны отца пробанда родственников, страдающих этим заболеванием не отмечено (можно не указывать).

Условные обозначения



2) Укажите тип наследования заболевания.

3) Определите генотипы членов родословной с использованием авторадиограммы электрофорезированной ДНК, представленной на рисунке, учитывая, что мутация приводит к исчезновению сайта рестрикции.



4) Определите вероятность (в %):

а) рождения в семье пробанда больной сестры?

б) рождения в семье пробанда здорового брата?

в) рождения здоровых детей при условии, что пробанд женится на здоровой женщине с таким же генотипом, как у его дяди II.4.

*Если существует две возможные вероятности, укажите оба варианта.*

Данное заболевание связано с заменой нуклеотида в гене, кодирующим фермент обеспечивающий метаболизм аминокислоты фенилаланина.

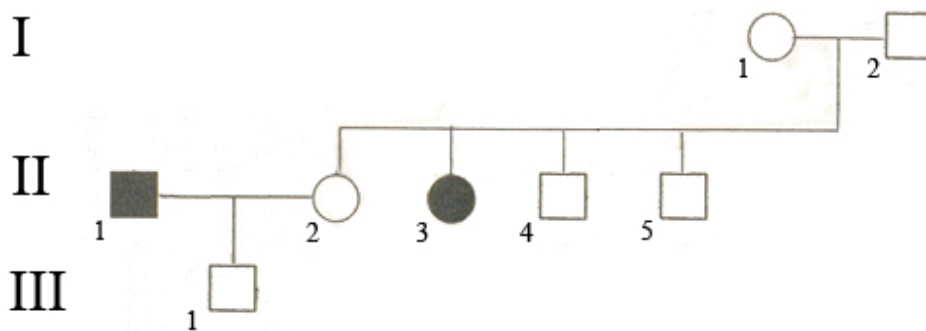
5) Назовите, к какому типу мутаций относят такие изменения.

6) Какую диету должен предложить врач, чтобы избежать накопления в организме больного человека фенилаланина?

7) Почему лечение можно обеспечить с помощью диеты?

**Ответ:**

1) Должна быть нарисована родословная (допускается зеркальный вариант):  
(2 балла)



2) аутосомно-рецессивное (не сцепленное) (1,5 балла)

3) Генотипы:

Пробанд (III.1) - Aa (0,3 балла)	Отец (II.1) пробанда - aa (0,3 балла)	Мать (II.2) пробанда AA (0,3 балла)
Сестра матери (II.3) – aa (0,3 балла)	Первый брат (II.4) – AA (0,3 балла)	Второй брат (II.5) – Aa. (0,3 балла)
Бабушка (I.1) – Aa (0,3 балла)	Дедушка (II.2) – Aa (0,3 балла)	Всего 2,4 баллов за все правильные генотипы

4) а) 0% (0,7 балла) (aa x AA, все Aa)

б) 50% (0,7 балла) (aa x AA, все Aa, половина братья, половина сестры)

в) 100% (0,7 балла) (Aa x AA, все A\*)

5) Генная (точечная) мутация (1 балл)

6) Безбелковая диета/ с минимальным содержанием белка *Ответ «с отсутствием фенилаланина» считать неправильным* (1 балл)

7) Фенилаланин - незаменимая аминокислота, поэтому она не может синтезироваться в организме. Если она не поступает с пищей, то симптомы не проявляются. (2 балла)

## 2 задание (13 баллов)

Известно, что у морских водорослей концентрация органических веществ в цитоплазме клеток существенно выше, чем у пресноводных водорослей. Также известно, что у прибрежных водорослей, обитающих в арктических морях, концентрация органических веществ в цитоплазме клеток существенно выше, чем у родственных им групп из экваториальных вод.

Обуславливаются ли данные биохимические отличия у водорослей сходными процессами? Поясните свой ответ.

Приведите не менее 10 примеров решения проблемы осмотичности у представителей разных доменов на клеточном и организменном уровнях организации живого. Поясните свой ответ.

### Ответ:

1) в основе биохимических отличий у водорослей лежат разные процессы. В первом примере различия определяются процессами осмотичности. (0,5 балл) Во втором примере – криопротекция (0,5 балл)

2) морские водоросли накапливают органические вещества, чтобы компенсировать осмотическое давление среды (предотвратить отток воды) (0,5 балл), потому что вода стремится выйти из клеток водорослей во внешнюю среду, где концентрация солей выше (осмотическое давление в морской воде выше и осмос направлен в сторону гипертонического раствора) (0,5 балл);

3) в арктических морях температура воды ниже, чем в экваториальных водах, поэтому органические вещества при отрицательных температурах окружающей среды поддерживают цитоплазму в жидком состоянии; (работают как антифриз, т.е. понижается температура замерзания воды в клетках и они не разрушаются кристаллами льда) (1 балл)

Решение проблемы осмотичности у представителей разных доменов (ключевые опции в ответе):

1) **жесткие клеточные стенки** ограничивают набухание в гипотонических средах (растения, грибы и бактерии) (1,2 балла)

2) **натрий-калиевый насос** необходим животным клеткам для поддержания осмотического баланса (осморегуляции) (1,2 балла)

3) **сократительные вакуоли** у пресноводных простейших, помогают удалять лишнюю воду (1 балл)

4) **аквапорины - мембранные белки** сохраняют электрохимический мембранный потенциал регулируя прохождение воды (1,2 балла)

5) **малопроницаемая для воды поверхность тела** (взрослые водные насекомые) (0,8 балла)



# БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

- 6) отделение и **активное накопление ионов (соли) из окружающей среды** (из пищи, или **через жабры** у костных рыб, **через кожу** у земноводных) **(0,8 балла)**
- 7) **удаление избытка воды** - **экскретируется нефридиями, почками** и т.п. **(0,8 балла)**
- 8) **удаление избытка солей кишечником или почками** у животных, а также **через соленые железы** на голове пресмыкающихся и птиц; **хлоридными клетками жабр** у морских рыб **(1,2 балла)**
- 9) сохранение воды в организме благодаря использованию **разных конечных продуктов азотистого обмена** (водонерастворимая **мочевая кислота** осмотически нейтральна и позволяет сохранять воду у животных, ткани которых содержат мало влаги (пресмыкающиеся); а у животных с высокой осмолярностью мочи (амфибии, млекопитающие) используется **мочевина**) **(1 балл)**
- 10) помимо почек **часть продуктов азотистого обмена** ( $\text{NH}_3$ ) **удаляется через жабры**, и морские рыбы **не теряют воду с мочой** **(1,2 балла)**
- 11) **накопление в крови мочевины** у хрящевых рыб приводит к сохранению характерного электролитного состава жидкостей внутренней среды, что приводит к их **гипертоничности, поэтому они не теряют воду** **(1 балл)**
- 12) в зависимости от необходимости может **изменяться объем выделяемой мочи** в результате процессов регуляции, особенностей строения органов выделения, условий обитания **(0,8 балл)**
- 13) слабое **развитие клубочкового аппарата почек** (меньше скорость клубочковой фильтрации, меньше капиллярных клубочков) способствует меньшему объему мочи, выделяемой через почки и наоборот **(1 балл)**
- 14) **моча может быть гипоосмотической или осмотически концентрированной** по отношению к жидкостям тела **(1 балл)**
- 15) почки сохраняют соли путем реабсорбции, поэтому регулируют содержание солей **усиливая или ослабляя интенсивность реабсорбции** **(1 балл)**
- 16) **удлинение петли Генле** увеличивает возможность реабсорбции **(1,2 балла)**
- 17) изменение концентрированности мочи в зависимости от количества воды и солей в организме избирательно **регулируется гормонами** (например, вазопрессином, альдостероном и пр.) **(1,2 балла)**

**Ключевые мысли выделены жирным шрифтом. Могут быть указаны любые 10 (менее/более) из перечисленных пунктов. Общий балл за вопрос не должен превышать в сумме 13.**

За дополнительные правильные ответы, не указанные в данных пунктах в совокупности добавляется 0,5 баллов, при условии, что общий балл за вопрос не превысит 13.

### 3 задание (12 баллов)

В каждом из перечисленных пунктов выберите и исправьте неправильные утверждения. Ответ поясните.

1) При довольно значительных различиях по длине (1,5–10 мкм) ширина митохондрий сравнительно постоянна (0,25–1 мкм). Увеличение ширины митохондрий привело бы к увеличению транспорта метаболитов и повышению интенсивности кислородного этапа клеточного дыхания.

2) В клетках человека есть две формы, различающиеся структурой фермента супероксиддисмутазы – митохондриальная и цитоплазматическая. Цитоплазматическая супероксиддисмутаза гомологична по структуре микробной супероксиддисмутазе.

3) Раствор аммиака активизирует способность лизосом переваривать попавшие в них частицы. Ферменты лизосом синтезируются в гранулярной ЭПС.

4) В клетках волосяного фолликула меньше рибосом, чем в клетках жировой ткани. Рибосомы из клеток жировой ткани и волосяного фолликула не отличаются по размерам.

5) Было обнаружено, что у людей, проживающих в жарких странах, венозная кровь гораздо темнее, чем у жителей северных регионов. В тропиках клеткам человека требуется меньше кислорода для поддержания процессов жизнедеятельности.

6) Антитела из материнского молока попадают в кровь младенцу в процессе транцитоза и обеспечивают формирование естественного пассивного иммунитета. Витамин С синтезируется в печени организма младенца, потому что он не может получить этот витамин из пищи.

#### Ответ:

Ответ 1 Исправить - Увеличение ширины митохондрий привело бы к уменьшению (0,2 балла) транспорта метаболитов и снижению (0,2 балла) интенсивности кислородного этапа клеточного дыхания.

Пояснение: Благодаря тому, что ширина митохондрий сравнительно невелика, процессы диффузии метаболитов из окружающей гиалоплазмы в матрикс (например  $O_2$ , АДФ и пр.) и в обратном направлении ( $CO_2$  и др.)

осуществляются очень быстро, что интенсифицирует осуществляемое здесь кислородное дыхание (1,6 балла)

Ответ 2. исправить - **Митохондриальная** (0,2 балла) супероксиддисмутазы гомологична по структуре микробной супероксиддисмутазе.

Пояснение: Митохондрия имеет симбиотическое происхождение из древней бактериальной клетки (аэробной серобактерии), поэтому митохондриальная и бактериальные ферменты СОД гомологичны по структуре. (1,8 балла)

Ответ 3. исправить - Раствор аммиака **тормозит** (0,2 балла) способность лизосом переваривать попавшие в них частицы.

Пояснение: Аммиак изменяет кислый рН в лизосомах, необходимый для активации ферментов и процесса гидролиза. (1,8 балла)

Ответ 4. исправить - В клетках волосяного фолликула **больше** (0,2 балла) рибосом, чем в клетках жировой ткани.

Пояснение: Рибосомы осуществляют синтез белка. В клетках волосяного фолликула синтезируются спец. белковые вещества – меланин, кератин. В клетках жировой ткани активного процесса биосинтеза не происходит, т.к. они в основном выполняют функцию запасания жира. (1,8 балла)

Ответ 5. исправить - Было обнаружено, что у людей, проживающих в жарких странах, венозная кровь гораздо **светлее** (0,2 балла), чем у жителей северных регионов.

Пояснение: Алый (более светлый) цвет венозной крови обусловлен тем, что в венах остается часть артериальной крови, т.к. не весь оксигемоглобин используется, потому, что требуется меньше энергии для поддержания нормальной температуры тела. (1,8 балла)

Ответ 6. исправить - Витамин С **не синтезируется** в организме (и в печени тоже) младенца. (0,2 балла). Он **может получить его только из пищи (молока)**. (0,2 балла)

Пояснение: В организме человека нет ни генетической, ни биохимической, ни физиологической возможности для синтеза витамина С. Пищей для младенца служит исключительно материнское молоко, оно содержит витамин С. (1,6 балла)

#### 4 задание (13 баллов)

Известно, что комплементарные цепи нуклеиновых кислот антипараллельны. Синтез начинается с 5'&ap; конца. Рибосома движется по иРНК в направлении от 5'&ap; к 3'&ap; концу. Ген имеет кодирующую и



некодирующую области. Кодирующая область гена называется открытой рамкой считывания. Синтез полипептидной цепи начинается с аминокислоты мет и заканчивается одним из трех стоп-кодонов. Фрагмент начала и конца гипотетического бактериального гена имеет следующую последовательность нуклеотидов (верхняя цепь матричная (транскрибируемая), нижняя - смысловая):

5'-ТАГЦТЦАААТАТТТАГГТАГЦГЦГЦЦАТАЦАТЦТТ-3'

3'-АТЦГАГТТТАТАААТЦЦ АТЦ ГЦГЦ ГГТАТГТАГАА-5'

а) Определите верную кодирующую область гена и найдите последовательность аминокислот во фрагменте полипептидной цепи. Объясните последовательность решения задачи. Для выполнения задания используйте таблицу генетического кода. При написании последовательностей нуклеиновых кислот указывайте направление цепи.

б) В результате замены одного нуклеотида в гене вторая аминокислота во фрагменте полипептида заменилась на аминокислоту Вал. Какие изменения произошли в ДНК, иРНК в результате замены одного нуклеотида? Ответ поясните.

в) Объясните произошедшее изменение в последовательности аминокислот с позиции свойств генетического кода.

г) Объясните с позиции свойств генетического кода, почему при замене третьего нуклеотида в этом же кодоне изменений аминокислотной последовательности в белке не происходит.

**таблица генетического кода (иРНК)**

Первое основание	Второе основание				Третье основание
	У	Ц	А	Г	
У	Фен	Сер	Тир	Цис	У
	Фен	Сер	Тир	Цис	Ц
	Лей	Сер	—	—	А
	Лей	Сер	—	Три	Г
Ц	Лей	Про	Гис	Арг	У
	Лей	Про	Гис	Арг	Ц
	Лей	Про	Глн	Арг	А
	Лей	Про	Глн	Арг	Г
А	Иле	Тре	Асн	Сер	У
	Иле	Тре	Асн	Сер	Ц
	Иле	Тре	Лиз	Арг	А
	Мет	Тре	Лиз	Арг	Г
Г	Вал	Ала	Асп	Гли	У
	Вал	Ала	Асп	Гли	Ц
	Вал	Ала	Глу	Гли	А
	Вал	Ала	Глу	Гли	Г

**РЕШЕНИЕ:**

а) 1) По матричной ДНК строим иРНК

5'-ААГАУГУАУГГЦГЦГЦУАЦУАААУАУУУГАГЦУА-3' (1 балл)



# БУДУЩЕЕ МЕДИЦИНЫ

олимпиада школьников

- 2) Находим стартовый кодон 5АУГ3 и определяем начало транслируемой части гена. Находим два варианта. (1 балл)  
5'-ААГ АУГ УАУ ГГЦ ГЦГ ЦУА ЦЦУ ААА УАУ УУГ АГЦ УА-3'  
5'-ААГАУГУ АУГ ГЦГ ЦГЦ УАЦ ЦУА ААУ АУУ УГА ГЦУ А-3'
- 3) Ищем в иРНК возможные стоп-кодоны УАА, УАГ, УГА. Находим два варианта (УАА и УГА) (1 балл)  
5'-АА ГАУ ГУА УГГ ЦГЦ ГЦУ АЦЦ УАА АУ АУУ АГА ГЦУ А-3'  
5'-ААГАУГУ АУГ ГЦГ ЦГЦ УАЦ ЦУА ААУ АУУ УГА ГЦУ А-3'
- 4) Подойдет только вариант, где начало гена с 8 нуклеотида (1 балл) и стоп кодон УГА.  
5'-ААГАУГУ АУГ ГЦГ ЦГЦ УАЦ ЦУА ААУ АУУ УГА ГЦУ А-3' (1 балл)
- 5) Выделяем на иРНК транслируемую область от АУГ до стоп кодона УГА  
5'-АУГ ГЦГ ЦГЦ УАЦ ЦУА ААУ АУУ УГА-3' (1 балл)
- 6) Определяем последовательность аминокислот:  
мет - ала – арг – тир – лей – асп - иле (1,5 балла)
- б) 1) Вторая аминокислота ала кодируется в иРНК 5ГЦГ3.  
Вал кодируют 4 кодона 5ГУУ3, 5ГУА3, 5ГУГ3, 5ГУЦ3;  
Сравниваем с 5ГЦГ3, т.к. замена всего одна берем кодон 5ГУГ3 (1 балл)
- 2) Значит в иРНК нуклеотид Ц заменился на У (0,5 балла)
- 3) В матричной цепи ДНК нуклеотид Г на А (0,5 балла). Кодон 3ЦГЦ5 на 3ЦАЦ5 (0,5 балла)
- 4) В смысловой цепи ДНК нуклеотид Ц на Т (0,5 балла). Кодон 5ГЦГ3 на 5ГТГ3 (0,5 балла)
- в) Свойство ген. кода - специфичность (однозначность) (1 балл)
- г) Если измениться третий нуклеотид в 5ГЦГ3 на любой из возможных нуклеотидов аминокислота не изменится из-за вырожденности (избыточности) генетического кода (мутация происходит только на уровне генетического материала, аминокислота в белке не меняется) (1 балл)

Если неправильно построена иРНК (в том числе 1 нуклеотид), то задание оценивается в 0 баллов.