

**Ответы на вопросы второго этапа Всероссийской олимпиады школьников  
"Высшая проба" по биологии, 9-10 класс, 2024 г.**

*Максимальное количество баллов — 100.*

**Задание №1 (максимум 12 баллов). Эксперимент.**

Некоторые растения синтезируют необычные вещества, оказывающие влияние на рост и развитие других растений. Их синтез может осуществляться разными частями растения: корнями, листьями, плодами. Такие вещества могут оказывать как тормозное, так и стимулирующее действие на другие растения. Это явление получило название аллелопатия, а уровень образования и накопления таких веществ в растениях — аллелопатическая активность. Многие инвазивные виды растений, а также сорняки, оказывают негативное аллелопатическое влияние на культурные растения.

Напишите пошаговый план эксперимента по выявлению аллелопатической активности одуванчика лекарственного по отношению к трем видам сельскохозяйственных растений в лабораторных условиях. Используйте для оценки только показатели прорастания семян и развития проростков в чашках Петри.

**Ответ и критерии оценивания**

Обратите внимание, что вопрос №1 традиционно связан с методами проведения экспериментов, поэтому мы обращаем особое внимание на технические детали и засчитываем ответ как правильный только в случае точных указаний на действия.

Пошаговый план эксперимента, по 1 б. за каждый верный этап.

1. Поместить одуванчик вместе с экспериментальными семенами (сделать водную вытяжку одуванчика или поместить его семена или части растения рядом с экспериментальными).
2. Поместить семена экспериментальных растений (три вида отдельно друг от друга) в чашки Петри.
3. Обеспечить семена достаточным количеством воды для прорастания (проследив, чтобы воздух поступал тоже).
4. Создать необходимые температурные условия для прорастания.
5. Через несколько дней количественно оценить прорастание (не отследить, не пронаблюдать, а именно посчитать, получив ЧИСЛА - долю проросших семян).
6. Измерить размеры проростков линейкой.
7. Обработать полученные количественные данные (которые представляют собой числа, а не фотографии или описания), представив их в виде графиков, таблиц и т.п.
8. Повести статистическую обработку данных.
9. Сделать выводы о наличии или отсутствии аллелопатической активности одуванчика лекарственного. Важно: мы не знаем заранее, какой будет результат эксперимента, поэтому предполагаем различные варианты развития событий, а не ожидаем вредное воздействие одуванчика.

Дополнительные критерии, улучшающие результаты эксперимента (+1 б. за каждый, всего не более 12 б. за ответ).

1. Контроль с чистой водой вместо добавления экстракта одуванчика. Этот шаг абсолютно необходим для того, чтобы можно было оценить результаты эксперимента.
2. Использование большого количества семян – хотя бы нескольких десятков.
3. Приобретение одной партии семян, чтобы в контрольной группе и экспериментальной они не оказались из разных пачек.
4. Использование разных частей одуванчика (корень, листья, цветы, семена) для экстракции.
5. Использование вытяжки почвы, где росли одуванчики.
6. Применение нескольких разных концентраций вытяжки одуванчика.
7. Повтор эксперимента для увеличения надежности полученных результатов.
8. Упоминание о том, что семян в чашках Петри не должно быть слишком много, чтобы они не мешали друг другу прорасти.
9. Расширение эксперимента (дополнительное изменение условий). Например, проверить, на какие стадии развития проростка одуванчик влияет особенно сильно.

**Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.**

Часто встречающиеся версии, которые НЕ засчитывали как правильный ответ.

1. «Оставить на время, потом записать свои наблюдения». Эксперимент – это количественные данные, а не просто наблюдения.
2. «Обеспечить условия для прорастания». Засчитывали только указание конкретных условий: влажность, температура и воздух. Свет для прорастания семян не нужен!
3. «Сравнить развитие проростков». В данном опыте результативно сравнивать можно только числа, визуальное сравнение не имеет смысла. Обратите внимание, что «всхожесть семян» - это параметр, который нужно посчитать.
4. «Обеспечение стерильности, покупка лабораторного халата, применение УФ ламп». В данном эксперименте стерильность не обязательна.

### **Задание №2 (11 баллов). Расчетная задача.**

Витамин А или ретинол – один из жирорастворимых витаминов, предшественники которого человек получает с пищей. Гипервитаминоз, то есть состояние, вызванное избыточным употреблением витамина А, давно известно и описано, и включает ряд симптомов, таких как головная боль и тошнота, сухость кожи, повышенное давление и др. Первое описание гипервитаминоза витамина А встречается в дневниках голландского

путешественника Геррита де Веера, одного из моряков команды Виллема Баренца (в честь которого впоследствии было названо Баренцево море). В 1597 году Геррит де Веер писал, что члены команды, употребившие в пищу печень белого медведя, получили сильнейшее отравление и долго восстанавливались, чтобы продолжить экспедицию. Местные же жители никогда не употребляли эту часть туши белого медведя в пищу и даже бросали ее в море, чтобы ее не обнаружили и не съели их охотничьи собаки.

В будущем стало известно, что печень белого медведя чрезвычайно богата ретинолом – в среднем, в печени медведя содержится 45 граммов чистого ретинола! Чтобы отравиться, человеку достаточно употребить за сутки 250 000 МЕ ретинола. (Биологическая активность витаминов измеряется в международных единицах, МЕ. Например, 1 МЕ для ретинола – это эквивалент 0.3 мкг вещества). Сколько печени белого медведя достаточно употребить в пищу человеку, чтобы получить отравление? Считайте, что масса органа составляет 2% от массы тела белого медведя, а он весит в среднем 450 кг. Ответ дайте в граммах.

### Решение и критерии оценивания

1. Найдем дозу витамина А, достаточную для отравления. Для этого переведем суточную дозу, достаточную для отравления, в мкг (по условию 1МЕ=0,3 мкг)

$$250\ 000\ \text{МЕ} \times 0,3\ \text{мкг} = 75\ 000\ \text{мкг} \quad (2\ \text{б.})$$

2. Переведем суточную дозу из мкг в граммы (1 мкг = 0,000001 г):

$$75\ 000\ \text{мкг} = 0,075\ \text{г} \quad (3\ \text{б. за правильный перевод размерностей})$$

3. Рассчитаем массу печени медведя, найдя 2% от массы медведя (2%=0,02):

$$450\ \text{кг} \times 0,02 = 9\ \text{кг}$$

$$(\text{иначе: } 450:100 \times 2 = 0,02) \quad (2\ \text{б.})$$

Далее возможно 2 пути решения:

#### 1 способ:

4. Рассчитаем, сколько грамм печени содержит 1 г витамина А. Для этого разделим массу печени (9 кг или 9000 г) на массу витамина А в печени:

$$9000\ \text{г} : 45\ \text{г} = 200\ \text{г} - \text{т.е. в } 200\ \text{гр печени содержится } 1\ \text{гр витамина А} \quad (2\ \text{б.})$$

5. Рассчитаем массу печени, достаточную для отравления человека:

$$200\ \text{г} \times 0,075\ \text{г} = 15\ \text{г печени} \quad (2\ \text{б.})$$

#### 2 способ:

4. Рассчитаем, какую часть печени надо съесть, чтобы отравиться:

$$45\ \text{г} : 0,075\ \text{г} = 600\ \text{г, т.е. } 1/600\ \text{часть печени достаточно съесть, чтобы отравиться.} \quad (2\ \text{б.})$$

5. Рассчитаем массу печени, достаточную для отравления человека:

$$9000 \text{ г} : 600 \text{ г} = 15 \text{ г печени (2 б.)}$$

Возможны другие пути решения, не искажающие смысл задачи и дающие правильный ответ.

Если участником была допущена арифметическая ошибка на одном из этапов решения, то этот и дальнейшие этапы оценивались в 0 баллов. Ответы без решения, а также правильные ответы, полученные в ходе неверного решения, оценивали в 0 баллов.

### Задание № 3 (14 баллов). Расчетная задача.

Неизвестно, на какой именно планете впервые были обнаружены индикаторы. Эти существа легко меняют цвет в зависимости от того, какие эмоции испытывают. Учёные описали у индикаторов необычную реакцию на громкий и резкий звук: в течение примерно минуты их окраска бледнеет, и они становятся бесцветными. Вероятно, это своего рода маскировка.

Молекулярный механизм этого процесса частично изучен. Все разнообразные пигменты индикаторов синтезируются из одного и того же неокрашенного исходного соединения. Первую стадию в биосинтезе пигментов катализирует фермент А, кодируемый одноименным геном А. Пигменты недолговечны и быстро разрушаются, поэтому их биосинтез происходит постоянно.

В ответ на резкий звук слуховые клетки синтезируют и секретируют небольшой сигнальный белок D (его кодирует ген D), который обладает сродством к трансмембранному рецептору E (его кодирует ген E) пигментных клеток. Цитоплазматический домен рецептора E обладает протеинкиназной активностью: если лиганд D соединяется с рецептором E, в пигментной клетке происходит фосфорилирование белка B (он синтезируется на матрице гена B), приводящее к активации этого белка. Белок B – ингибитор фермента А. Таким образом, при резком громком звуке фермент А инактивируется, новые пигменты не синтезируются, а уже имеющиеся понемногу разрушаются.

Гены А, В, D и E не сцеплены друг с другом. У них известны рецессивные нефункциональные аллели. Все генотипы имеют одинаковую жизнеспособность и плодовитость.

Два индикатора с генотипами AA Bb Dd Ee и aa Bb dd Ee были скрещены и произвели многочисленных потомков первого поколения, которых содержат в специальном вольере. Если над этим вольером воспроизвести звук сирены, какая часть молодых индикаторов обесцветится, а какая останется окрашенными? Ответ запишите в процентах с точностью до первого знака после запятой (например, вместо «13,09%» запишите «13,1%»).

### Решение

Составим схему генетической регуляции окраски у индикаторов. Так как гены и их продукты имеют одинаковые названия, в схеме отобразим именно гены.

$(D+E) \text{ –(активируют)–} \rightarrow B \text{ –(ингибирует)–} \rightarrow A \text{ –(активирует)–} \rightarrow \text{биосинтез пигмента}$

Получается, что для того, чтобы индикатор обесцветился, биосинтез пигмента должен быть прерван путем ингибирования гена А. Значит, полноценное обесцвечивание произойдет только у организмов с генотипом A\_ B\_ D\_ E\_ . Заметим, что у рецессивных

**Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2024 г., 2 этап**

гомозигот  $aa$  пигменты вообще не синтезируются, такие индикаторы всегда бесцветны, но среди потомков данного скрещивания такой генотип не появится.

Чтобы установить расщепление среди гибридов, можно составить решетку Пеннета, но она получится большой. Родитель с генотипом  $AA Bb Dd Ee$  образует восемь видов гамет, а родитель  $aa Bb dd Ee$  – четыре, поэтому размер решетки будет  $8 \times 4 = 32$  ячейки. Важно не запутаться.

Независимо от выбранного способа подсчета получим, что потомки с генотипом  $A\_ B\_ D\_ E\_$  образуются с частотой  $9/32$ , т.е. 28,1%. Остальные ( $23/32$ , т.е. 71,9%) при воздействии резкого громкого звука обесцвечиваться не будут.

### Критерии оценивания

Задачу можно решить с помощью решетки Пеннета.

1. Объяснение механизма обесцвечивания, т.е. необходимость иметь все доминантные аллели этих признаков: 2 б.
2. Правильно заполненная решетка Пеннета для родительских особей – 32 генотипа потомков: 6 б.
3. Правильный выбор генотипов, которые будут обесцвечены  $9/32$ : 4 б.
4. Итоговый правильный расчет процентов: 2 б.

Итого: 14 б.

Альтернативный способ – используя вероятности.

1. Объяснение механизма обесцвечивания, т.е. необходимость иметь все доминантные аллели этих признаков: 2 б.
2. Расчет правильных вероятностей для каждого гена: 2 б. за каждый из четырех.
3. Итоговый правильный расчет процентов: 4 б.

Итого: 14 б.

### Задание №4 (15 баллов). Анализ текста.

**Внимательно прочитайте текст, затем приступайте к выполнению заданий.**

Диабеты — это патологические состояния, характеризующиеся повышенным содержанием глюкозы в крови (гипергликемией), которая со временем может приводить к развитию болезней сердца и почек, повреждению нервов (диабетическая нейропатия) и даже слепоте (диабетическая ретинопатия). По оценкам 2021 года в мире проживают около 537 миллионов человек в возрасте от 20 до 79 лет, больных диабетом.

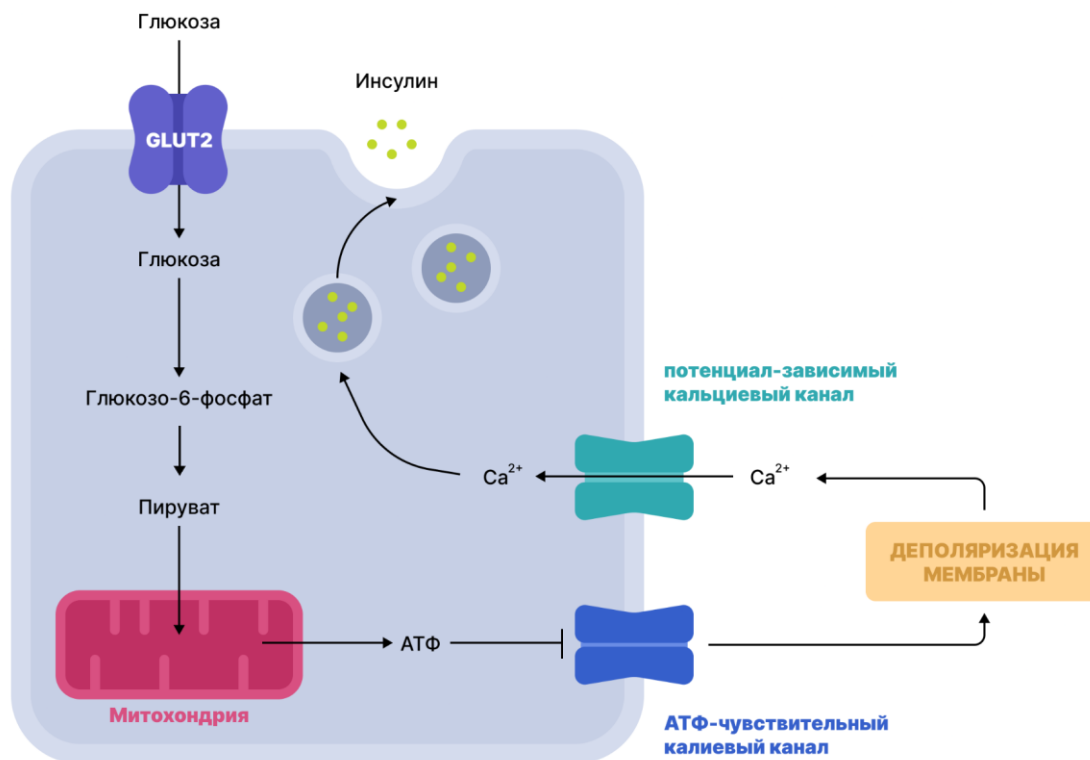
При сахарном диабете 1 типа (СД1) иммунная система организма атакует  $\beta$ -клетки поджелудочной железы, продуцирующие гормон инсулин. Иными словами, СД1 — это аутоиммунное заболевание, при котором организм синтезирует малые количества инсулина или не синтезирует его вовсе. По этой причине пациентам с СД1 требуются ежедневные инъекции инсулина, чтобы поддерживать уровень сахара в крови в допустимых пределах.

Напротив, при сахарном диабете 2 типа (СД2) поджелудочная железа вырабатывает инсулин, однако клетки организма недостаточно чувствительны к нему. Неспособность тканей эффективно отвечать на инсулин (инсулинорезистентность) становится причиной гипергликемии, которая лишь стимулирует секрецию этого гормона. К несчастью для некоторых пациентов с СД2, неадекватная продукция инсулина со временем может привести к дисфункции поджелудочной железы.

Существуют и другие разновидности диабета, например, моногенные формы, называемые также диабетом зрелого типа у молодых (англ. Maturity Onset Diabetes of the Young, MODY). Они представляют собой группу заболеваний, обусловленных нарушением нормального функционирования  $\beta$ -клеток поджелудочной железы вследствие генетических дефектов. В отличие от сахарных диабетов 1 и 2 типа, при MODY не наблюдаются аутоиммунная деструкция  $\beta$ -клеток и инсулинорезистентность.

MODY являются редкими заболеваниями и составляют лишь около 1.5 – 2% всех случаев диабета. К настоящему моменту известно 14 генов, ассоциированных с диабетом зрелого типа у молодых, и, соответственно, 14 подтипов MODY (MODY1-14). К наиболее распространенным причинам MODY относятся мутации в генах ядерного фактора гепатоцитов 4 $\alpha$  (*HNF4 $\alpha$* ) и глюкокиназы (*GCK*) — одного из ключевых ферментов гликолиза.

Чтобы понять этиологию GCK-MODY (MODY2), необходимо вспомнить механизм секреции инсулина  $\beta$ -клетками поджелудочной железы (Рис. 1). На мембране  $\beta$ -клеток расположено большое количество транспортеров GLUT2, которые обеспечивают эффективное поступление глюкозы внутрь клеток при увеличении ее концентрации в крови. В ходе гликолиза глюкоза метаболизируется в пируват, который затем транспортируется в митохондрии, где происходит цикл Кребса и синтез АТФ путем окислительного фосфорилирования. Увеличение концентрации АТФ в цитоплазме приводит к ингибированию АТФ-чувствительных калиевых каналов и, как следствие, деполяризации  $\beta$ -клеток. В ответ на деполяризацию открываются потенциал-зависимые кальциевые каналы. Вход в клетку ионов кальция вызывает слияние секреторных везикул, содержащих инсулин, с клеточной мембраной и его высвобождение посредством экзоцитоза.



**Рисунок 1.** Механизм секреции инсулина  $\beta$ -клетками поджелудочной железы

Глюкокиназа катализирует первую реакцию гликолиза — превращение глюкозы в глюкозо-6-фосфат. Регуляция, осуществляемая на данной стадии, определяет скорость метаболизма глюкозы в  $\beta$ -клетках и обеспечивает количественное соответствие между продукцией инсулина и уровнем глюкозы в крови. По этой причине мутации в гене *GCK* могут привести к повышению порогового значения концентрации глюкозы, при котором происходит секреция инсулина.

### Задания

Для ответа на задания используйте материал прочитанного текста. В каждом задании содержится не менее одного верного утверждения. Вам нужно выбрать все верные утверждения. Запишите соответствующие им буквы (A-D) в таблицу к вопросу №4 в бланке ответов.

1. Выберите вариант, в котором указана верная последовательность событий, приводящих к секреции инсулина  $\beta$ -клетками поджелудочной железы

- A. (1) вход ионов кальция в  $\beta$ -клетку  
 (2) транспорт пирувата в митохондрию  
 (3) гликолиз  
 (4) цикл Кребса и синтез АТФ  
 (5) закрытие потенциал-зависимых  $\text{Ca}^{2+}$  каналов  
 (6) секреция инсулина

- В. (1) транспорт глюкозы в  $\beta$ -клетку  
(2) гликолиз  
(3) транспорт глюкозо-6-фосфата в митохондрию  
(4) цикл Кребса и синтез АТФ  
(5) закрытие потенциал-зависимых  $\text{Ca}^{2+}$  каналов  
(6) секреция инсулина
- С. (1) транспорт глюкозы в  $\beta$ -клетку  
(2) гликолиз  
(3) цикл Кребса и синтез АТФ  
(4) ингибирование АТФ-чувствительных  $\text{K}^+$  каналов  
(5) открытие потенциал-зависимых  $\text{Ca}^{2+}$  каналов  
(6) секреция инсулина
- Д. (1) транспорт глюкозы в митохондрию  
(2) гликолиз  
(3) цикл Кребса и синтез АТФ  
(4) ингибирование АТФ-чувствительных  $\text{K}^+$  каналов  
(5) открытие потенциал-зависимых  $\text{Ca}^{2+}$  каналов  
(6) секреция инсулина
2. Среди перечисленных ниже генов выберите те, мутации в которых могут быть причиной MODY
- А. *KCNJ11*, кодирующий субъединицу АТФ-чувствительного  $\text{K}^+$  канала  
В. *INS*, кодирующий инсулин  
С. *HBB*, кодирующий  $\beta$ -субъединицу гемоглобина  
D. *AMY1A*, кодирующий амилазу
3. К возможным осложнениям диабета относятся:
- А. ретинопатия  
В. гипергликемия  
С. нефропатия  
D. нейропатия
4. Аутоиммунные антитела к  $\beta$ -клеткам поджелудочной железы обнаруживают у пациентов с:
- А. сахарным диабетом 1 типа  
В. сахарным диабетом 2 типа  
С. MODY2  
D. Все ответы неверные
5. Выберите верное (-ые) утверждение (-я) о MODY2:
- А. MODY2 ассоциирован с мутациями в гене *HNF4a*  
В. MODY2, как правило, является наследственным заболеванием  
С. MODY2 ассоциирован с мутациями в гене глюкокиназы  
D. для клеток пациентов с MODY2 характерна инсулинорезистентность



**Ответ и критерии оценивания**

Номер	Правильный ответ	Балл
1	<b>С</b>	3
2	<b>А, В</b>	3
3	<b>А, С, D</b>	3
4	<b>А</b>	3
5	<b>В, С</b>	3

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания.

**Особенность заданий № 5-№7 - наличие большого числа решений. Помните, что чем больше разумных вариантов ответа Вы приведете, тем более высокой будет оценка. ВАЖНО: учитываются только верные ответы; за неверные гипотезы оценка не снижается!**

**Задание №5 (максимум 16 баллов).**

Огромные грифы, обитающие в Аризоне - калифорнийские кондоры - достигают почти трех метров в размахе крыльев. Эти крупные птицы оказались на грани вымирания, и одна из основных причин - отравление свинцом. Дело в том, что кондоры часто съедают трупы убитых охотниками животных, а для охоты используются свинцовые пули или дробь. Ситуация доходит до того, что егери отлавливают птиц и производят очистку их крови от свинца, а также подкармливают неотравленными тушами. Интересно, что популяция койотов в той же местности не испытывает подобных проблем со свинцом. Почему?

**Ответ и критерии оценивания**

За любую из перечисленных ниже версий ставили 3 б. (не более 16 б. за ответ), но только в случае полного, подробного и понятного изложения.

1. У койотов меньше чувствительность к свинцу, чем у кондоров.
2. Основная животная пища койотов - грызуны, которые не интересуют охотников. При большом количестве грызунов койоты только ими и питаются. Близкий вариант, который тоже засчитывали: койоты всеядны, кроме поедания падали могут питаться другой, в том числе растительной пищей.
3. Койоты не заглатывают большие куски целиком. Они разгрызают их и могут почувствовать зубами или языком пули, картечь и дробь и выплюнуть их.
4. Обоняние койотов позволяет почувствовать свинец в куске мяса, и койот может не съесть его.
5. Койоты поедают добычу всей стаей. Кондоры поедают добычу в одиночку или парой, отгоняя других, пока не съедят все. Поэтому количество свинца на одну особь у койотов меньше.

6. Охотники в горах не всегда могут добраться до подстреленной добычи. Раненый зверь может уйти высоко в горы и там погибнуть от ран. Койоты не обнаруживают такую падаль или не могут до нее добраться, а кондоры легко могут туда долететь.
7. Размножение койотов эффективнее, чем у кондоров. Смена поколений происходит быстрее. Относительное число здоровых особей в популяции больше.
8. Кондоры способны раньше койотов обнаружить падаль и присвоить ее.
9. Койоты приходят на водопой и обильно пьют. Происходит активное выведение токсинов с мочой. У птиц для облегчения полета обмен жидкостей медленнее, даже нет мочевого пузыря. Происходит очень эффективная реабсорбция воды и выведение мочевой кислоты в очень концентрированном виде в очень малых объемах. Поэтому соли свинца накапливаются в организме.
10. У кондоров, как и у всех грифов-падальщиков, очень концентрированный желудочный сок. Можно предположить, что у них в желудке образуется больше токсичного хлорида свинца.
11. Кондор может за один раз заглотить большое количество пищи и переваривать ее несколько дней, находясь неподалеку от туши и прогоняя от нее других падальщиков. У койотов метаболизм быстрее, поэтому пули выводятся быстрее, так что у солей свинца меньше времени для всасывания в кровь.
12. Кондоры живут дольше койотов (до 60 лет, койоты до 20). У кондоров свинец накапливается дольше, успевая достигнуть токсических концентраций.
13. Койоты в основном охотятся по ночам. Большая часть убитых охотниками в этот день животных, которых они не забрали, уничтожается днем кондорами и другими падальщиками.

**Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции**

- Неполное изложение гипотезы оценивали в 2 б. Например: "Койоты охотятся на живую добычу", "Койоты питаются животными, которых не стреляют охотники" и т.п.
- Ответы, в которых упоминается правильная гипотеза, но указывается неверная причинно-следственная связь, оценивали в 1 б. (верно указана гипотеза, но неверно указано физиологическое последствие, или про написано койотов верно, а про кондоров неверно и т.п.). Например: "Койоты поедают добычу стаей, а кондоры уносят тушу в гнездо и там ее едят" (строение лап кондора, как и других птиц-падальщиков, не позволяет ему ничего никуда унести. Кондоры все поедают на месте, отгоняя остальных).

**Задание № 6 (максимум 16 баллов).**

Клетки человека способны выделять наружу (т.е. из клетки) ряд разнообразных веществ. Какие это могут быть вещества? Зачем клетки их выделяют? Если можете, для каждой версии приведите по одному примеру.

**Ответ и критерии оценивания**

Версии, содержащие пример и функцию выделяемого вещества, оценивали 3 б. (не более 16 б. за ответ). При наличии биологических ошибок или упоминании других видов (поскольку в вопросе речь идет о клетках человека) балл снижался. Версии «пот», «кожное сало», «слюна», «молоко», «желчь», «желудочный сок» и т.п. оценивались вместе (1 б. за каждую версию, макс. 3 б.), так как данные секреты не являются индивидуальными веществами. Однако при наличии указаний на вещества балл мог быть повышен, например, версия «клетки печени выделяют желчь, содержащую желчные кислоты, необходимые для эмульгации жиров» оценивалась 3 б.

**Ниже представлен перечень ответов, оцениваемых 3 б.:**

1. Клетки желез внутренней секреции могут выделять гормоны, участвующие в регуляции процессов в организме. Так, например,  $\beta$ -клетки островков Лангерганса поджелудочной железы секретируют гормон инсулин, который способствует поглощению глюкозы клетками организма. Напротив, гормон глюкагон, синтезируемый  $\alpha$ -клетками, стимулирует расщепление гликогена и высвобождение глюкозы в кровь.
2. Клетки человека могут выделять ферменты, катализирующие (ускоряющие) протекание химических реакций в организме. Так, амилаза расщепляет крахмал до олигосахаридов, а лизоцим осуществляет гидролиз муреина и, как следствие, обладает антибактериальным эффектом. Оба фермента являются компонентами слюны человека. Пепсин обладает протеолитической активностью и участвует в расщеплении белков пищи (главные клетки желудка вырабатывают его предшественник — пепсиноген).
3. Нейроны выделяют различные нейромедиаторы для проведения импульса (связывание нейромедиатора с рецепторами на постсинаптической мембране обеспечивает работу химического синапса). Примером нейромедиатора может служить ацетилхолин, секреция которого в нервно-мышечном синапсе приводит к сокращению мышцы.
4. Клетки выделяют продукты метаболизма. В ходе цикла Кребса образуется углекислый газ  $\text{CO}_2$ , который выделяется из клетки посредством диффузии. При интенсивной физической нагрузке миоциты выделяют молочную кислоту, которая далее переносится к печени, где из нее вновь синтезируется глюкоза (цикл Кори). Конечным продуктом азотистого обмена в организме человека является мочеви́на, которая синтезируется в клетках печени, после чего поступает в кровь и выводится с мочой.

5. Как было отмечено в пункте 1, под воздействием глюкагона в клетках печени усиливается гликогенолиз, и глюкоза, которую клетки организма используют в качестве источника энергии, высвобождается в кровь.
6. В-лимфоциты выделяют антитела — белки, селективно связывающиеся с определенными антигенами и нейтрализующие их. Кроме того, связанное с антигеном антитело может служить «маркером» для других компонентов иммунной системы.
7. Parietalные (обкладочные) клетки желудка секретируют соляную кислоту HCl, которая необходима для поддержания кислой среды в полости желудка, обеззараживания пищи и активации пищеварительных ферментов.
8. Отдельно от пункта 7 оценивались версии, описывающие секрецию  $H^+$  остеокластами при резорбции костной ткани.
9. Клетки могут выделять различные ионы.  $Na^+/K^+$ -АТФаза выкачивает ионы  $Na^+$  из клетки, что необходимо для поддержания мембранного потенциала.
10. Клетки могут выделять компоненты внеклеточного матрикса такие, как коллаген и эластин. К данному пункту относились также версии, описывающие минерализацию костной ткани (выделение остеобластами ионов  $Ca^{2+}$  и фосфатов).
11. Клетки могут выделять широкий спектр сигнальных молекул. К ним относятся, например, цитокины. Так, зараженные вирусом клетки выделяют интерфероны, воздействие которых приводит к активации путей, направленных на подавление вируса. Сигнальные молекулы Shh и Wnt играют важную роль в регуляции эмбриогенеза.
12. Эритроциты переносят кислород, связанный с гемоглобином, и выделяют его в тканях, где он используется клетками для получения АТФ.
13. Меланоциты синтезируют и выделяют пигмент меланин, защищающий кожу от воздействия УФ излучения.
14. Клетки могут выделять витамины, например, витамин D, который синтезируется в клетках кожи под воздействием ультрафиолета. Витамин D необходим для всасывания

кальция в кишечнике, при его дефиците нарушаются процессы минерализации костного матрикса, что приводит к развитию рахита и остеопороза.

15. Клетки эндотелия могут выделять оксид азота (II) NO, который способствует расслаблению гладкой мускулатуры сосудов (т.е. вазодилатации).
16. Клетки иммунной системы могут секретировать гранулы, содержащие цитотоксические вещества для борьбы с патогенами, например, перфорины.
17. Клетки печени синтезируют также многие белки плазмы крови, в том числе альбумины, которые выполняют транспортные функции и участвуют в поддержании онкотического давления.
18. Помимо альбуминов плазмы, клетки печени выделяют фибриноген, превращение которого в фибрин является ключевым этапом механизма свертывания крови.

**Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции**

#### **Задание №7 (максимум 16 баллов).**

Высокогорные условия характеризуются рядом экстремальных факторов. Приведите примеры адаптаций, которые сформировали организмы для приспособления к таким условиям. Для каждого примера укажите, к какому именно фактору помогает приспособиться адаптация и каким образом.

#### **Ответ**

##### Адаптации животных:

1. Густой мех, подшерсток у зверей, пух и густое оперение у птиц. Защита от холода и ветра.
2. Увеличенный объем сердца (правого желудочка). Адаптация к разреженной атмосфере высокогорий для усиленного прокачивания крови через малый круг кровообращения, через увеличенный объем легких и суженные легочные сосуды.
3. Увеличенный объем легких. Адаптация к разреженной атмосфере высокогорий.
4. Сужение сосудов в легких. Результат увеличения объема легких. Адаптация к разреженной атмосфере высокогорий.
5. Увеличение сети капилляров. Для эффективного снабжения кислородом в условиях разреженной атмосферы.

**Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2024 г., 2 этап**

6. Увеличение количества эритроцитов для переноса большего количества кислорода из бедного кислородом воздуха высокогорий.
7. Увеличение содержания гемоглобина для переноса большего количества кислорода из бедного кислородом воздуха высокогорий.
8. Эритроциты меньшего размера для более активного переноса кислорода в разреженной атмосфере высокогорий.
9. Повышенное сродство гемоглобина к кислороду. Фетальный гемоглобин (сохраняется у горных млекопитающих всю жизнь).
10. Пониженное артериальное давление в большом круге кровообращения - компенсация повышенного давления в малом круге кровообращения. Адаптация к условиям высокогорий у коренных горцев.
11. Пониженная частота сердечных сокращений. Результат прокачки большего объема крови увеличенным правым желудочком через малый круг кровообращения. Адаптация к условиям высокогорий у коренных горцев.
12. Способность прыгать и лазать. Адаптация к скалистым горным местообитаниям.
13. Сильные ноги у зверей. Для передвижения по горным склонам.
14. Светлая покровительственная окраска. Адаптация к снежному покрову, серым скалам.
15. Правило Аллена. Уменьшение размеров выступающих частей тела - для уменьшения теплопотерь.
16. Правило Бергмана. Увеличение размера тела сходных видов теплокровных животных с продвижением в более суровые условия.
17. У некоторых млекопитающих (активно двигающихся) уменьшение размеров тела в высокогорьях. Для уменьшения энергозатрат и облегчения передвижения по крутым склонам и скалам.
18. Наличие жировой прослойки. Защита от холода и адаптация к долгому голоду.
19. Суточные и сезонные вертикальные и горизонтальные миграции. Адаптация к резким перепадам температур в горах и изменчивой погоде.
20. Крупные, прочные, острые, широко раздвигающиеся копыта. Для передвижения по скалам.
21. Способность впадать в длительную спячку (альпийский сурок). Адаптация к долгой высокогорной зиме для уменьшения теплопотерь.
22. Практически полное отсутствие потовых желез. Для уменьшения потерь влаги в условиях холодного высокогорья.
23. Расширение лап у хищных зверей. Для хождения по снегу, сыпучим горным грунтам. Для увеличения площади опоры на скальном грунте и склонах.
24. Насекомые иногда плоские, для жизни в щелях камней. Темные с пятнами, для нагрева солнцем. Пятна для уменьшения воздействия солнечной радиации.
25. Опушение у насекомых. Для сохранения тепла.
26. У насекомых укороченные крылья, лапки, у некоторых утрата способности к полету. Адаптация к сильным ветрам.
27. Развитый мозжечок и вестибулярный аппарат. Для лучшей координации движений при передвижении по скалам.

28. Способность питаться широким спектром кормов. Приспособление к бедному растительному покрову высокогорий и вертикальным миграциям.
29. Способность использовать в качестве укрытий пещеры, расщелины в скалах, ниши под камнями. Адаптация к отсутствию древесной растительности в условиях высокогорий.
30. Крупные крылья у хищных птиц. Адаптация к полету в разреженной атмосфере высокогорий и сильным ветрам.
31. У некоторых птиц (стенолаз) наличие длинного клюва для добывания насекомых из расщелин в скалах.
32. Сниженный уровень активности генов SENP1 и ANP32D. Повышает устойчивость к действию гипоксии в высокогорьях.
33. Частный случай — партеногенез у армянской скальной ящерицы, обитающей в горах Кавказа. Приспособление к условиям высокогорий, где в популяции очень мало самцов и с ними затруднительно встретиться.
34. Замедленный метаболизм. Для экономии энергии в высокогорных условиях (пониженная температура, разреженная атмосфера). Присутствует у постоянных жителей высокогорий.

#### Адаптации растений:

1. Развитая корневая система. Для закрепления в каменистом грунте, для проникновения в трещины скал для доступа к влаге.
2. Укороченные, карликовые формы растений. Для экономии ресурсов организма, для противодействия ветру, снегу.
3. Опушение у растений.
4. Форма цветка как параболическое зеркало. Для нагревания завязи.
5. Яркие цветы. Для привлечения немногочисленных насекомых-опылителей.
6. Уменьшение размера листьев. Для уменьшения площади сопротивления ветру, уменьшения транспирации.
7. Наличие кутикулы на листьях. Предотвращает излишнее испарение влаги в сухом, холодном климате высокогорий.
8. Уплотнение междоузлий у растений, розеточная форма. Для создания условий удержания влаги и накопления частиц почвы и органики.
9. Вьющийся, стелющийся стебель. Для противодействия сильным ветрам.
10. Преимущество мхов и лишайников в условиях высокогорий. Адаптация к бедной питательными веществами скальной среде.
11. Преимущество эфемероидов в горах. Адаптация к короткому теплomu сезону.
12. Ветроопыляемость. Адаптация к малому количеству насекомых-опылителей в условиях сильных ветров.
13. Уменьшение количества устьиц, расположение их на нижней стороне листа. Для уменьшения транспирации.

#### Общие адаптации:

**Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2024 г., 2 этап**

1. Повышенное производство пигментов (меланин у животных, флавоноиды у растений). Для защиты от повышенного уровня ультрафиолетового излучения.
2. Повышенное содержание полиненасыщенных жирных кислот в мембране. Для уменьшения температуры замерзания мембраны.
3. Синтез белков-антифризов, увеличение содержания сахаров. Адаптация к низким температурам.
4. Формирование спор у микроорганизмов для защиты от неблагоприятных условий.

**Это исчерпывающий список правильных ответов, которые приведены в работах всех участников. Все остальные варианты ответов не засчитывались и не будут засчитаны в случае апелляции.**

### **Критерии оценивания**

2 б. за каждую правильную версию, но не более 16 б. за ответ. Для того, чтобы версия была засчитана правильной, она должна быть понятно и биологически грамотно объяснена. Краткие ответы, не содержащие подробностей, которые позволяют однозначно их истолковать (например, «метаболизм эффективнее»), или содержащие в обосновании биологические ошибки, не оценивались. В случае наличия биологической ошибки в правильном варианте ответа за версию ставили 1 б. В случае, если указывалась только адаптация, без того условия, к которому она выработана, то ставили 1 б. Также, если при наличии указания условия присутствует общая фраза, например: "Перестройка кровеносной и дыхательной системы", без объяснения как, ставили 1 б. Термины "приспособления", "устойчивость", "способность" в контексте адаптаций считались недостаточно конкретными и без подробного описания не оценивались.