

**Ответы на вопросы второго этапа Всероссийской олимпиады школьников  
"Высшая проба" по биологии, 9-10 класс, 2022 г.**

*Максимальное количество баллов — 100.*

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

Петя занимается в экологическом кружке и решил выяснить, как влияют тяжелые металлы на прорастание семян. В подобных опытах обычно используют типичные растения для биоиндикации – кресс-салат или злаковые (пшеница, ячмень), а тяжелые металлы применяют в виде растворов их солей.

Петя хочет отработать методику на нитрате свинца. Цель: определить, как влияет эта соль на прорастание семян. Как он должен спланировать этапы эксперимента и какие показатели и почему вы бы посоветовали определять?

**Ответ и критерии оценивания**

Установим основные этапы проведения эксперимента. Каждый из них оценивается в 1 балл.

1. Покупаем семена. Обязательно выделяем контрольную группу.
2. Определяемся с грунтом и емкостями для проращивания, это можно сделать в чашках Петри, горшочках или рулончиках бумаги.
3. Обеспечиваем подходящие условия для прорастания. Ждем несколько дней.
4. Делаем обмеры контрольных и экспериментальных проростков.
5. Описываем внешний вид проростков, обращая внимание на неправильно сформированные органы или изменения цвета.

Однако для грамотного проведения эксперимента необходимо учесть еще много факторов. За каждый указанный и поясненный фактор добавляется 1 балл. Номер оцененного фактора (их список по пунктам приведен ниже) указан в комментариях к ответам каждого участника (например, +1б. 7П значит, что у вас в работе зачтена версия из 7 пункта).

1. Необходимо взять одинаковые семена для контроля. Купить одну партию, в одном магазине и лучше перемешать несколько пачек, чтобы семена для контроля и эксперимента были идентичны.
2. Чтобы лучше оценить негативное влияние нитрата свинца, лучше взять несколько разных концентраций.
3. Имеет смысл повторить эксперимент несколько раз – это повысит достоверность данных.
4. Для каждого опыта и контроля нужно взять достаточно большое число семян – 10-15 минимум, а лучше больше.
5. Можно повторить эксперимент для разных видов растений.
6. Измерить разные параметры проростков (корешок, стебелек, листья) для большей достоверности эксперимента.
7. Обязательно соблюдать одинаковые условия для прорастания контрольной и экспериментальной групп семян (влажность, освещенность, температура, состав грунта).

Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2020, 2 этап

8. Важно определить процент всхожести семян.
9. Можно провести исследования не только внешних данных проростков, но и измерить концентрацию свинца в разных частях проростков, определить активность некоторых ферментов, измерить содержание сахаров и других метаболитов.
10. Можно обрабатывать семена на разных стадиях прорастания, чтобы понять, на какой из них влияние свинца будет максимальным.

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

*Пишите подробное решение и поясняйте Ваши действия. Если Вам нужно использовать специальные символы, Вы можете написать решение и ответ на листке бумаги, затем сфотографировать его и прикрепить к заданию (кнопки для этого расположены внизу страницы).*



[https://st2.depositphotos.com/1729435/8198/i/600/depositphotos\\_81982352-stock-photo-purple-tunicates.jpg](https://st2.depositphotos.com/1729435/8198/i/600/depositphotos_81982352-stock-photo-purple-tunicates.jpg)

На фотографии изображена колония асцидий – морских хордовых животных, ведущих прикрепленный образ жизни. Асцидии способны накапливать тяжелый металл ванадий, токсичный для большинства населяющих Землю организмов, в больших концентрациях, которые превышают концентрацию ванадия в окружающей среде в 10 миллионов раз! Для аккумуляции ванадия у этих животных есть специальные клетки – ванадоциты, циркулирующие в крови. Концентрация ванадия в них может достигать 350 ммоль/л! Ванадоциты имеют форму шара с диаметром 12 мкм. Примите, что количество ванадоцитов составляет  $10^{10}$  на асцидию и ванадий накапливается только в ванадоцитах. Посчитайте, какую массу ванадия может аккумулятировать колония из 100 асцидий.

Справочные данные: относительная атомная масса ванадия составляет 51 а.е.м. ; объем шара  $V = 4/3 \pi R^3$ .

### **Ответ и критерии оценивания**

1. Найдем объем одного ванадоцита:  
 $V = 4/3 * 3.14 * (6 * 10^{-6})^3 = 904.32 * 10^{-18} \text{ м}^3$   
**3 балла.**  
*Если в ходе решения объем одного ванадоцита был найден неверно, то вся задача оценивалась в 0 баллов.*
2. Найдем суммарный объем ванадоцитов:  
 $V_c = 10^{-18} * 904.32 * 10^{12} = 10^{-6} * 904.32 \text{ м}^3 = 10^{-3} * 904.32 \text{ л} = 0.904 \text{ л}.$   
**3 балла.**
3. Т.к. концентрация ванадия в ванадоцитах составляет 350 ммоль/л, а общий объем ванадоцитов известен, то найдем количество ванадия в организме по формуле:  
 $v = C * V = 0.904 \text{ л} * 350 \text{ ммоль/л} = 316.5 \text{ ммоль}.$   
**3 балла.**
4. Найдем массу ванадия, аккумулированного одной колонией:  
 $m = 316.5 \text{ ммоль} * 0.051 \text{ г} = 16.2 \text{ г}$   
**2 балла.**  
**Допускалось округление, в том числе и числа  $\pi$  до 3**

Ответ: масса ванадия составляет 16.2 г.

1 балл за пункт в решении ставился, если в вычислениях на данном этапе была допущена ошибка, искажающая дальнейший ход решения, но при этом участником были верно описаны действия, которые необходимо выполнить.

За вычисления, в которых была допущена ошибка и при этом отсутствовало описание выполняемых действий, 1 балл не ставился. Если ошибка была допущена при переводе одних единиц измерения в другие (например, микрометры в метры), то пункт оценивался в 0 баллов.

За ответ, недосчитанный до конца (например, с сохранением числа  $\pi$ ), оценка снижалась на 2 балла за все задание. Если единицы измерения не были указаны, то все задание оценивалось в 0 баллов. Ответы без решения оценивались в 0 баллов.

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

О драконах-фуриях с острова Олук известно следующее. У этого моногамного вида брачный период начинается ранней весной. Самки всегда откладывают три яйца, из которых в начале лета вылупляются детёныши. Половой зрелости драконы достигают рано и способны размножаться уже весной на следующий год после вылупления. Время жизни одного дракона, вероятно, очень велико и измеряется десятилетиями. Особи разных поколений подолгу живут вместе.

Фурии диплоидны. Пол у них определяется половыми хромосомами, гетерогаметный пол женский. В отличие от многих других рептилий, температура на формирование пола никакого влияния не оказывает.

Окраска тела у фурий определяется одним не сцепленным с полом геном (назовём его А). Если гомозиготы АА самцы, они будут чёрными, если самки – белыми. Гомозиготы аа чёрные, если это самки, и белые, если самцы. Гетерозиготы Аа независимо от пола чёрные, если вылупились в нечётный год (например, 1213), и белые – если в чётный (например, 1588). В первые несколько месяцев после вылупления у особей любой окраски есть светло-

Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2020, 2 этап

серый гребень вдоль спины, который уже к концу лета приобретает ту же окраску, что и остальное тело.

В июле 2021 г. на восточном побережье Норвегии была обнаружена группа из 66 чёрных и 34 белых фурий. Все они имели светлые «детские» гребни. Причина, по которой они покинули родной остров Олух, осталась неизвестной. К удивлению учёных, молодые драконы хорошо обосновались на новом месте, и уже на следующий год можно было видеть их брачные полёты над морем.

Предположим, что в группе драконов-переселенцев самцов и самок было поровну, все они случайным образом образовали пары, дали потомство, и все потомки выжили. Какими будут доли чёрных и белых особей в этой популяции в конце осени 2022 г.?

Ответ (в процентах) запишите, округлив до первого знака после запятой.

### Решение

Прежде всего определим, с какой частотой образуются разные фенотипы в популяциях фурий. Обозначим частоту аллеля А как  $p$ , частоту аллеля а – как  $q$ . В условии сказано, что гетерогаметный пол у фурий – самки. Ген А и половые хромосомы (Z и W – или X и Y, если вам больше нравится такое обозначение) оказываются в гаметах совершенно независимо друг от друга. Запишем все возможные случаи сочетаний гамет.

сперматозоиды яйцеклетки	ZA p	Za q
ZA 0,5p	самцы ZZAA 0,5p <sup>2</sup> чёрные	самцы ZZAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный
Za 0,5q	самцы ZZAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный	самцы ZZaa 0,5q <sup>2</sup> белые
WA 0,5p	самки ZWAA 0,5p <sup>2</sup> белые	самки ZWAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный
Wa 0,5q	самки ZWAa 0,5pq чёрные в нечётный год, белые в чётный	самки ZWaa 0,5q <sup>2</sup> чёрные

Получается, что в нечётный год (а именно потомство нечётного, 2021, года и дало начало новой популяции) вылупляются такие потомки:

$$\text{чёрные: } 0,5p^2 + 2pq + 0,5q^2$$

$$\text{белые: } 0,5p^2 + 0,5q^2$$

Зная из условия их частоты и то, что  $p + q = 1$ , составим систему уравнений.

$$0,5p^2 + 2pq + 0,5q^2 = 66/100$$

$$0,5p^2 + 0,5q^2 = 34/100$$

$$p + q = 1$$

Решим эту систему (удобно из первого уравнения вычесть второе), находим  $p = 0,8$  и  $q = 0,2$  (или наоборот,  $p = 0,2$  и  $q = 0,8$  – здесь это неважно). Зная эти частоты, легко определить, какими будут потомки следующего, 2022, года:

$$\text{чёрные: } 0,5p^2 + 0,5q^2 = 0,34$$

$$\text{белые: } 0,5p^2 + 2pq + 0,5q^2 = 0,66$$

В 2021 г. в Норвегию прилетели 100 драконов, то есть 50 пар. В 2022-м году каждая пара дала по 3 яйца, из которых вылупились  $3 \times 50 = 150$  детёнышей. Из них чёрными будут  $0,34 \times 150 = 51$  особь, а белыми  $0,66 \times 150 = 99$  особей.

Значит, в 2022-м году на побережье Норвегии будет 51 (родившихся в 2022-м) + 66 (их родители) = 117 чёрных особей. Их доля от всей популяции составит  $117 / (100 + 150) = 0,468$  (46,8%). Аналогично, для белых получаем число 99 (родившихся в 2022-м) + 34 (их родители) = 133 особи. Их доля от всей популяции составит  $133 / 250 = 0,532$  (53,2%).

Ответ: чёрных – 46,8  
белых – 53,2

### Критерии оценивания

1. Правильное обозначение генов (2 б)
2. Составление правильного уравнения (закон Харди-Вайенберга) для родителей (2 б)
3. Правильное решение этого уравнения (2 б)
4. Расчет генотипов для потомства (2 б)
5. Итоговый подсчет процентов черных и белых особей (4 б)

Ответ без решения оценивался в 0 баллов.

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

Онкологические заболевания – это группа болезней, связанных с неконтролируемым делением и ростом клеток организма. В настоящее время они являются одной из основных причин смертности. Поэтому изучение механизмов их возникновения и развития – первоочередная задача для современной молекулярной биологии и медицины.

Общепризнанной на сегодня является мутационная теория происхождения злокачественных опухолей. Она подразумевает, что возникновение опухоли вызвано чередой мутаций в половых или соматических клетках. В результате мутантная клетка приобретает способность к неконтролируемому размножению, чем и объясняется рост опухоли. Это значит, что практически любая клетка организма может дать начало злокачественной опухоли. Более, чем в 90 % случаях опухоли возникают в соматических клетках.

Вообще, уровень мутаций в клетках низок и сам по себе не может объяснить частое возникновение рака. Поэтому для приобретения злокачественно фенотипа исходная клетка должна подвергнуться действию мутационного агента: чаще всего это внешний фактор (например, радиация или соли тяжелых металлов). Помимо этого, дефекты в генах, ответственных, например, за точное копирование ДНК, могут передаваться по наследству и создавать внутреннюю предрасположенность к раку. Но здесь важно понимать, что предрасположенность не значит, что рак у носителя обязательно возникнет. Это случится только в случае наложения неблагоприятных факторов, например, действия мутагенов.

К раку приводят поломки генов, ответственных за точное копирование ДНК, за запуск клеточного деления и за апоптоз (апоптоз – это гибель поврежденных клеток, которая запускается специальными генетическими механизмами). Поскольку каждый из этих процессов – это цепочки последовательных реакций, в которые вовлечены многие десятки

генов, понятно, что к возникновению рака может привести поломка практически любого из них.

Поломки могут быть двух типов: поломка может делать ген постоянно активным, тогда как в норме его активность строго регулируется. Например, мембранный рецептор, передающий сигнал от пришедшего к клетке фактора роста, становится активным сам по себе и запускает клеточное деление даже в отсутствие ростового фактора. Такие гены в нормальном состоянии называются протоонкогенами, а после того, как их активирует мутаген – онкогенами. Другая возможность – поломка приводит не к приобретению, а к потере геном активности, которая в норме препятствует образованию опухоли. Например, рак может развиваться, если потеряет свою активность ген, продукт которого ингибировал бесконтрольный запуск деления клетки или же осуществлял репарацию (починку) повреждений ДНК. Такие гены называют онкосупрессорами.

В общем виде образование и развитие опухоли (канцерогенез) можно представить в виде цепочки событий. Сначала происходит инициация – первичное воздействие мутагена на клетку. В результате становятся неконтролируемо активными один (чаще) или несколько (реже) онкогенов и/или выключается один (чаще) или несколько (реже) онкосупрессоров. Однако такая клетка будет быстро уничтожена апоптозом. Поэтому далее следует стадия промоции – например, в результате продолжающегося действия мутагенов. В результате повреждения генов, ответственных за точное копирование ДНК, клетка приобретает т.н. мутаторный фенотип: в ходе делений генерируются множественные мутации, так что потомки обладают широким спектром фенотипов, из которых отбираются наиболее приспособленные к делению и росту. Далее, в результате действия отбора, выживают клетки с нарушенными механизмами апоптоза и уже в результате этого выживают клетки со все большими повреждениями генома и еще более разнообразными фенотипами. В клетках активируются гены, которые в дифференцированных клетках неактивны, что приводит к потере клеточной дифференцировки. Опухоль растет, начинается нехватка питательных веществ и кислорода, поэтому селективное преимущество получают клетки, секретирующие факторы роста сосудов. Это белки, которые вызывают рост сосудов, в данном случае, к опухоли. Наконец, некоторые клетки приобретают способность выходить в кровоток. Большинство из них узнается и уничтожается иммунной системой, однако некоторые могут проникнуть в другие органы и дать начало вторичным опухолям, которые называются «метастазы».

Хорошая новость заключается в том, что при раннем выявлении злокачественных опухолей процент успешного лечения очень высок. В большой степени это связано с тем, что маленькую опухоль проще удалить целиком, т.к она еще не успела прорасти в соседние ткани, где уже значительно труднее увидеть все ее участки и удалить полностью, а также с тем, что клетки еще не приобрели способности к метастазированию.

### 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 их в поле ниже, используя числовые и буквенные обозначения, например: №1. А, Б, В.*

**№1. Выберите вариант (варианты), верно описывающий (описывающие) последовательность канцерогенеза.**

А. Первичное воздействие мутагена на клетку – приобретение мутаторного фенотипа – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – метастазирование

Б. Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – метастазирование.

В. Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – метастазирование – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами

Г. Первичное воздействие мутагена на клетку – активация протоонкогена и/или дезактивация гена-супрессора – повторное воздействие мутагена – приобретение мутаторного фенотипа – инициирование роста сосудов для снабжения опухоли питательными веществами – инактивация апоптоза – потеря клеточной дифференцировки – метастазирование.

**№2. К генам-супрессорам канцерогенеза относятся гены, кодирующие:**

А. Белки систем репарации ДНК

Б. Белки, запускающие S-фазу митоза

В. Белки, запускающие апоптоз

Г. Белки, передающие в клетку сигнал соматотропина.

**№3. Выберите верные утверждения.**

А. Любая клетка организма человека может дать начало злокачественной опухоли.

Б. При введении в кровоток химиотерапевтических препаратов, ингибирующих репликацию ДНК и неспецифически действующих на клетки, клеточное деление ингибируется и в здоровых клетках тоже, чем и объясняется значительная часть негативных побочных эффектов такой терапии.

В. Для ранней диагностики онкологических заболеваний наиболее эффективны регулярные (раз в 2-3 года) УЗИ (ультразвуковые исследования) органов.

Г. В большинстве случаев опухоли развиваются из соматических клеток.

Д. У людей с нарушениями работы иммунной системы можно ожидать повышенную частоту возникновения злокачественных опухолей.

**№4. Какими свойствами должны обладать вещества, вызывающие рак?**

А. Вносить разрывы в цепи ДНК.

Б. Вносить разрывы в полипептидные цепи.

В. Иметь высокое сходство с белками систем репарации ДНК.

Г. Ингибировать ферменты репликации ДНК.

Д. Создавать поперечные сшивки между соседними нуклеотидами ДНК.

**№5. В клетках существуют т.н. «мобильные элементы» - фрагменты ДНК, способные реплицироваться независимо от клеточной ДНК и встраивать свои копии в новые места генома. В большинстве случаев они выступают в роли:**

А. Протоонкогенов

Б. Онкосупрессоров

В. С равной вероятностью как протоонкогены и онкосупрессоры.

**Ответ**

№1. Б

№2. А, В

№3. Б, В, Г, Д

№4. А, Д

№5. А

**Критерии оценивания**

Оцениваются только полностью правильно выполненные задания.

№1-№5 3 б. за задание.



**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 (16 баллов).** Какие приспособления имеют ночные насекомые для защиты от летучих мышей?

### Ответ и критерии оценивания

2 баллами оценивались варианты, действительно существующие в природе и являющиеся специфическими для летучих мышей. В 1 б. оценивались варианты неспецифической защиты от хищника.

Идеи можно разделить на несколько групп.

#### 1. Особенности морфологии насекомого.

- 1) Покровы насекомых могут поглощать ультразвуковые волны, испускаемые летучими мышами при помощи специальных приспособлений (волосков, чешуек на крыльях и т.п.). Таким образом, ночные насекомые значительно снижают заметность для летучих мышей - 2 балла
- 2) Форма тела, искажающая ультразвуковые волны - 2 балла.
- 3) Небольшой размер тела, что уменьшает вероятность попадания сигнала эхолокации на насекомое - 1 балл.
- 4) Насекомые имеют шипы колючки и другие специальные приспособления, препятствующие проглатыванию - 1 балл.
- 5) Прочные покровы, которые не способны прокусить летучие мыши - 0 баллов.  
Есть мыши с очень крепкими зубами, способные разгрызть твердые покровы насекомых, а многие представители летучих мышей просто отрывают жесткие части (надкрылья, голову) и съедают мягкие ткани.
- 6) Большой размер (достаточный чтобы не помещаться в рот летучей мыши) - 0 баллов (мышь может съесть насекомое по частям).

#### 2. Органы чувств насекомого.

Развитые органы чувств: глаза хорошо видят в темноте, органы слуха, запаха, рецепторы, способные улавливать ультразвук, и, чувствуя приближение летучей мыши, насекомые могут скрыться - 2 балла.

#### 3. Образ жизни.

- 1) Активность в те ночные часы, когда мыши не охотятся - 2 балла
- 2) Обитание в условиях, где мыши не могут поймать, не летают, не охотятся (в почве, в воде, в очень густой траве, в подстилке, под корой) – 2 балла
- 3) Накопление ядовитых веществ и использование предупреждающих ультразвуковых сигналов – 2 балла
- 4) Воспроизведение ультразвука, способного запутать летучую мышь - 2 балла
- 5) Выделение сильно пахучих веществ, отпугивающих летучую мышь – 2 балла
- 6) Очень быстрый полет и высокая маневренность - 1 балл

- 7) Очень тихий полет - 1 балл
  - 8) Групповой полет, групповой образ жизни - 1 балл
  - 9) Обитание насекомых рядом с естественными врагами летучих мышей - 1 балл
  - 10) Паразитизм на летучих мышах – 1 балл
  - 11) Одиночный образ жизни - 0 баллов
4. Окраска тела насекомых: темная окраска, пугающая окраска, мимикрия под ядовитых насекомых и т.п. Эта группа идей оценивалась в 0 б., так как летучие мыши видят плохо, ориентируются в основном за счет эхолокации. Есть рукокрылые с хорошим зрением, но насекомые не их основная еда, питаются такие животные в основном плодами.

**Задание №6 (16 баллов).** У живых организмов, пол которых определяется половыми хромосомами, теоретически ожидаемое соотношение полов при рождении должно составлять 1:1. Однако у многих видов (в том числе и у человека) особей одного пола рождается стабильно больше, чем другого. Предложите механизмы, которые могут лежать в основе этого явления.

### Ответ и критерии оценивания

Как и всегда, важны все слова из формулировки задания. Верными можно считать только ответы, которые предлагали механизм для стабильно воспроизводимого отклонения от соотношения 1:1 среди рождающихся детенышей.

Ниже рассмотрим ответы, признанные верными. Они могут быть сгруппированы в несколько смысловых кластеров. При оценивании баллы присуждались за кластер, а не за каждую версию в его пределах. Неважно, приводил ли участник несколько примеров из кластера о зависимости пола от внешних факторов или всего один – оценка была одной и той же. В случае хорошо аргументированной и подробно изложенной верной версии участнику присуждали 2 б.; верную, но недостаточно детально обоснованную версию оценивали на 1 б.

В ряде случаев приведены ссылки на публикации, связанные с теми или иными версиями. Для будущих биологов, всерьез интересующихся соотношением полов, эти работы могут быть интересны.

1. Пол зависит не только от половых хромосом, но и от каких-то дополнительных внешних/внутренних факторов. Фавориты этой версии – конечно, рептилии с зависимостью пола от температуры инкубации кладки.
2. Неожиданно малое число участников упомянули «андроцид», провоцируемый у насекомых и других членистоногих цитоплазматическими эндопаразитами (например, бактериями рода *Wolbachia*). Эта версия, безусловно, верна.
3. Соотношение полов определяется неравным успехом гамет, несущих разные половые хромосомы.

Самая популярная версия – про то, что одна из половых хромосом физически меньше и легче другой, а потому одни сперматозоиды физически легче других и быстрее добегают до яйцеклетки.

Эту версию необходимо прокомментировать. Дело в том, что разница в массе между X- и Y-сперматозоидами легко выявляется при использовании специальных лабораторных методов (например, при центрифугировании или проточной сортировке), но едва ли ощутима *in vivo*. По крайней мере, в одном исследовании показано, что скорость движения

сперматозоидов с разными половыми хромосомами не различается, но есть статистически значимые различия по другим количественным параметрам их движения (*Penfold et al. (1998) Comparative motility of X and Y chromosome-bearing bovine sperm separated on the basis of DNA content by flow sorting. Molecular Reproduction and Development. 50: 323-327*). Поэтому версии, связанные со «скоростью», «подвижностью» и тому подобными характеристиками были засчитаны как верные.

4. Разные сперматозоиды могут иметь разную жизнеспособность (или разную функцию при оплодотворении – например, одни разрушают студенистые оболочки яйцеклетки, другие собственно оплодотворяют).

5. Эмбрионы разного пола имеют разные шансы на развитие.

5.1. Изящное подмножество этой версии – про социальные причины отклонения от соотношения 1:1 у человека (селективные аборты, ЭКО с использованием эмбрионов преимущественно одного пола). В животноводстве активно используют фракционирование сперматозоидов для искусственного осеменения.

5.2. Самки крупнее самцов, на их развитие требуется больше ресурсов, поэтому при благоприятных условиях самок рождается нормальное количество, а при неблагоприятных наблюдается избыток самцов.

5.3. Возможна иммунная реакция организма матери на эмбрион мужского пола. Это одна из частых причин бесплодия или хронического невынашивания беременности. Существуют публикации, подтверждающие это явление, - например, эта: *Nielsen et al. (2009) Association of HY-restricting HLA class II alleles with pregnancy outcome in patients with recurrent miscarriage subsequent to a firstborn boy. Human Molecular Genetics. 18: 1684-1691*.

5.4. Существует половой диморфизм по строению плаценты, который также может оказывать влияние на частоту вынашивания потомства определенного пола у плацентарных млекопитающих (*Kalisch-Smith et al. (2017) Review: Sexual dimorphism in the formation, function and adaptation of the placenta. Placenta. 54: 10-16*).

6. Практически никто из участников не предложил версию о том, что на соотношение полов может оказывать влияние вегетативное размножение. Это безусловно верно для растений (у многих двудомных растений есть половые хромосомы, хотя можно поспорить о том, что такое «рождение» для растений). Однако и среди животных вегетативное размножение встречается – например, у целого ряда аннелид.

Отдельным «суперкластером» выступают различные генетические причины (очень разнообразные и зачастую хорошие версии).

7. Партогенез: особи одного из полов рождаются существенно реже. Очень частый пример с пчелами не совсем удачен (у них нет половых хромосом), но был оценен как верный.

8. В случае летальных или патогенных мутаций в половых хромосомах вероятность пренатальной гибели гетерогаметного пола выше. Версии с X(Z)-сцепленными и Y(W)-сцепленными мутациями были оценены как две разные верные версии.

Некоторые участники отвечали по сути на другие вопросы.

(1) Каково биологическое (адаптивное) значение такого отклонения (особей мужского пола надо производить больше, потому что их яркий брачный наряд способствует их большей заметности для хищников и пр.).

(2) Как такое отклонение может возникнуть в течение жизни уже родившегося поколения (например, более высокая смертность самцов из-за турнирных схваток

Всероссийская олимпиада школьников "Высшая проба" 2020, 2 этап

за самку; самки некоторых членистоногих поедают самцов после спаривания и т.п.). Версия о том, что пол может меняться в течение жизни, также неверна в контексте задания.

Версии, относившиеся к этим аспектам, не были засчитаны как верные.

Неверными также считались ответы, не проясняющие механизмы возникновения подобных отклонений (например, «влияние генома», «мутации» или «неравная жизнеспособность эмбрионов»). Без пояснений эти (и подобные им) версии не приносили баллов.

Во многих случаях участники упоминали некоторые явления, которые не имеют общепринятого истолкования (например, «феномен военных лет»). Без гипотезы о механизмах этих явлений подобные версии не были засчитаны. Популярная версия о том, что с возрастом отца изменяется соотношение производимых в его организме сперматозоидов с разными половыми хромосомами, не соответствует действительности (см., например: *Martin & Rademaker (1992) A study of paternal age and sex ratio in sperm chromosome complements. Human Heredity 42: 333-336*).

Неверна версия о том, что эмбрион одного пола может оказывать влияние на развивающийся одновременно с ним эмбрион другого пола. Такое влияние действительно возможно (например, фримартинизм у крупного рогатого скота), но приводит не к инверсии пола, а к интерсексуальности. Пол рождающегося детеныша вполне соответствует хромосомному, хотя существуют морфологические и поведенческие нарушения.

Также не считались правильными версии, которые сводились к описанию случайных явлений, не объясняющих, почему особей одного пола рождается стабильно больше, чем другого. Поэтому не были оценены положительно ответы вида «произошло нарушение мейоза и образовалось больше сперматозоидов с Y-хромосомой» или «возникла мутация в гене SRY Y-хромосомы». Делеция гена SRY (потенциально приводящая к развитию фенотипически женского пола при кариотипе XY) едва ли происходит чаще, чем его транслокация на X-хромосому, приводящая к развитию фенотипически мужского пола при кариотипе XX (синдромы Свайера и де ля Шапеля соответственно). Версия о суперсамках/суперсамцах у дрозофилы не была признана верной: непонятно, почему одного из полов при балансовом механизме определения пола должно образовываться больше, чем другого.

9. Единственная версия из обширной категории «Нарушения», которую при проверке зачли как верную, связана с нерасхождением половых хромосом. Например, у человека кариотип X0 соответствует женскому полу, а хромосомный набор Y0 несовместим с жизнью, поэтому при равной частоте нерасхождения половых хромосом детей женского пола будет рождаться чуть больше. Частота таких явлений невысока, но эта версия биологически верна и была оценена положительно.

**Задание №7 (16 баллов).** Многие вещества и продукты, которые раньше получали химически, в последнее время все чаще получают при помощи микроорганизмов. В чем преимущества микробиологического синтеза над химическим и в чем недостатки?

**Ответ**

**Преимущества микробиологического синтеза:**

1. С помощью микробиологического синтеза легче получать биологические молекулы, обладающие сложным строением, в том числе биологические макромолекулы, такие как белки.
2. Химический синтез зачастую происходит при избыточном давлении и высокой температуре, что является потенциально опасным для работников предприятия. Для микробиологического синтеза экстремальные условия не нужны, так как протекание реакций обеспечивается каталитическими системами клеток.
3. В качестве источников углерода и азота для микроорганизмов зачастую применяют отходы различных производств, что не только снижает стоимость синтеза, но еще и позволяет утилизировать отходы.
4. Микробиологический синтез позволяет получать нужные изомеры целевых продуктов, например, L-аминокислоты.
5. Продукты, полученные с использованием микроорганизмов, зачастую обладают большей маркетинговой привлекательностью.
6. Микробиологический синтез позволяет получать несколько продуктов сразу, например, ряд газов и органических кислот, синтезируемых в ходе брожений, или смесь антибиотиков одного класса.
7. Вырожденность биохимических путей позволяет подобрать оптимального продуцента для получения продукта в зависимости от исходных требований производства. В случае химического синтеза реакции уникальны и не могут протекать в отсутствие специфических катализаторов или необходимых условий.

#### **Недостатки микробиологического синтеза:**

1. Микроорганизмы чувствительны к условиям внешней среды и способны к физиологической изменчивости, приводящей к снижению выхода продукта или полной остановке его синтеза.
2. Необходимо поддерживать культуры, соблюдать условия их хранения и периодически проверять их на жизнеспособность.
3. Микроорганизмы способны синтезировать широкий спектр веществ, в том числе сходных по строению, что может затруднять выделение и очистку целевого продукта. Для химического синтеза также характерно наличие примесей в реакционной смеси, однако разнообразие содержимого клетки заметно выше, чем спектр побочных продуктов, образующихся в ходе химического синтеза.
4. В случае утечки микроорганизмов во внешнюю среду, возможны инвазии и нарушения целостности локальных экосистем.
5. Несмотря на то, что для микробиологического синтеза используются непатогенные микроорганизмы, требуется соблюдение правил биобезопасности.

6. Необходимость поддержания стерильности оборудования и реактивов приводит к дополнительным материальным и техническим затратам на производство.
7. Сложность масштабирования производства, вызванная изменчивостью микроорганизмов, возникающей при изменении условий культивирования.
8. Дополнительно необходимо проверять, что биологические объекты и их продукты жизнедеятельности не опасны для потребителей и сотрудников производства.

**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 правильную версию, но не более 16 б. за ответ.

Для того, чтобы версия была засчитана как правильная, она должна быть понятно и биологически грамотно объяснена. Краткие ответы, не содержащие подробностей, которые позволяют однозначно их истолковать (например, «микробиологический синтез эффективнее»), или содержащие в обосновании биологические ошибки, не оценивались. Если в правильном варианте ответа была биологическая ошибка, то за версию ставился 1 балл.