

**Ответы и критерии оценок к заданиям второго этапа олимпиады "Высшая проба" по биологии.****11 класс, 2019****Максимальное количество баллов — 100.****Раздел №1.**

**Задание 1 (6 баллов).** Опишите жизненный цикл сфагнома. Укажите названия и плоидность стадий, а также этап, на котором происходит мейоз.

**Ответ.** Сфагнум относится к Мохообразным и имеет типичный для этой группы жизненный цикл.

Гаметофит сфагнома - листостебельное фотосинтезирующее растение. Гаметофит имеет гаплоидный набор хромосом ( $n$ ).

Большинство видов сфагнома - двудомные растения. На женских растениях формируются архегонии, на мужских - антеридии.

В архегонии образуются яйцеклетка (набор хромосом  $n$ ), в антеридии - спермии (набор хромосом  $n$ ). С помощью воды спермии переносятся к женскому растению, и происходит слияние спермия и яйцеклетки - оплодотворение. В результате оплодотворения образуется диплоидная зигота (набор хромосом  $2n$ ).

Из зиготы вырастает спорофит (набор хромосом  $2n$ ). У сфагнома спорофит представляет собой шарообразную коробочку (урночку с крышечкой) на стопе (без ножки). В спорангии спорофита в результате мейоза формируются споры. Споры гаплоидны (набор хромосом  $n$ ).

После созревания коробочка спорофита вскрывается, споры высыпаются. Из споры вырастает гаметофит (набор хромосом  $n$ ), сначала в виде протонемы. Из протонемы развивается взрослый гаметофит.

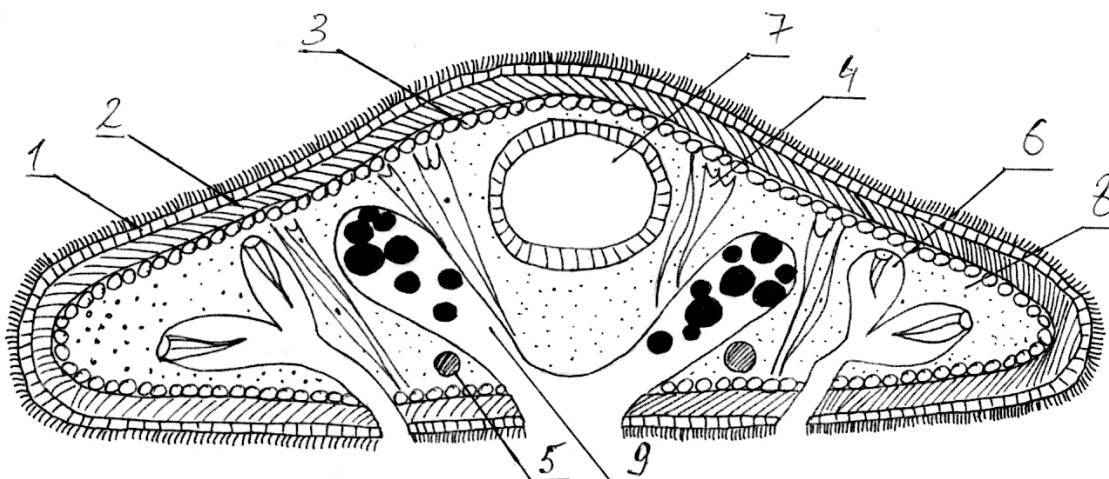
**Критерий оценки.**

1 б. - гаметофит - гаплоидное листостебельное растение (набор хромосом  $n$ ). 1 б. - на гаметофите образуются архегонии и антеридии; в архегонии образуются яйцеклетка (набор хромосом  $n$ ), в антеридии - спермии (набор хромосом  $n$ ). 1 б. - спермий сливается с яйцеклеткой, образуется зигота (набор хромосом  $2n$ ). 1 б. - из зиготы образуется спорофит (набор хромосом  $2n$ ). 1 б. - за указание, что споры образуются в результате мейоза на спорофите. 1 б. - из споры прорастает гаметофит, сначала в виде протонемы (набор хромосом  $n$ ).

**Задание 2 (6 баллов).** Схематично изобразите поперечный срез тела планарии. Подпишите основные структуры.

**Ответ.** На рисунке могут быть изображены, отмечены и подписаны:

ресничный эпителий (1), продольные (2), кольцевые (3) и косые (спинно-брюшные) мышцы (4), нервные стволы (5), протонефридии (6), пищеварительный тракт (7), паренхима (8), гонады (9). Допустимы синонимы названий.

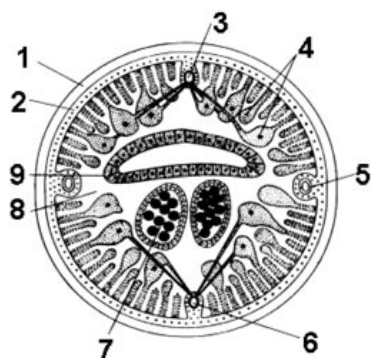


**Критерий оценки.** По 1 б. за каждую верно нарисованную, отмеченную и подписанную структуру, но всего не более 6 б. При отсутствии подписей или неправильно нарисованных продольных и кольцевых мышцах, выделительной системы, паренхимы, нервных стволов, ресничного эпителия (хотя бы чего-нибудь из перечисленного) максимальный балл не выставляется. Подпись кожно-мускульный мешок так же не засчитывается, так как в кожно-мускульный мешок входят три различные структуры, расположенные в определённом порядке. За структуры, изображённые не на своём месте, баллы не выставляются. За нервные стволы над кишкой - 1б за обе структуры.

**Перечислим наиболее распространённые ошибки.**

*Изображение среза нематоды вместо среза планарии.*

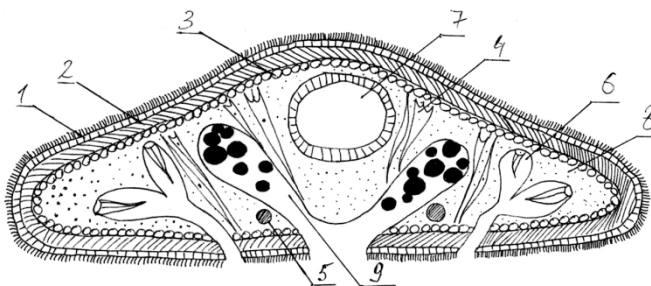
Нематода и планария – два совершенно разных червя. Сравните их поперечные срезы:



Поперечный разрез тела

аскариды:

1 — кутикула; 2 — гиподерма; 3 — спинной нервный тяж; 4 — ядра мускульных клеток; 5 — боковой валик гиподермы с выделительным каналом; 6 — брюшной нервный тяж; 7 — яичники; 8 — первичная полость тела; 9 — кишечник.



Поперечный срез тела планарии: ресничный эпителий (1), продольные (2), кольцевые (3) и косые (спинно-брюшные) мышцы (4), нервные стволы (5), протонефридии (6), пищеварительный тракт (7), паренхима (8), гонады (9).

Соответственно, рисунки, на которых изображена нематода (даже если она расплющена и даже с паренхимой вместо полости тела) получают 0 б.

*Утверждение, что у планарии есть хорда. У планарий нет хорды.* Хорда – принадлежность хордовых, и ни у кого другого её нет (как и нервной трубки).

*Утверждение, что у планарии есть кутикула. Кутикулы у планарий тоже нет.* Она есть у нематод.

*Экзодерма, эндодерма и мезодерма* – термины, применяемые к эмбрионам и обозначающие зародышевые листки. Подписывать этими словами структуры взрослого животного (даже если это производные данных зародышевых листков) неправильно. Так, например, из экзодермы, кроме эпидермиса, образуются еще протонефридии, эпителий глотки и нервная система. То есть наружный эпителий не соответствует всей экзодерме полностью.

*Кишечная полость* – термин, применяемый все же к кишечнополостным. В данном случае, правильнее говорить полость кишечника. *Кишечник планарий не сквозной.* Анального отверстия у них нет.

Все рисунки, изображающие продольные срезы и виды сбоку так же не засчитывались. Поперечный срез – срез, перпендикулярный переднезадней оси организма.

**Задание 3 (6 баллов).** Перечислите названия стадий сперматогенеза, расположив их в хронологическом порядке, и названия клеток, которые образуются на каждой из стадий. Укажите ploidy и количество ДНК в клетке на каждой стадии.

**Ответ.** В ответе на данный вопрос необходимо перечислить и указать особенности четырех стадий сперматогенеза:

- стадия размножения; название клеток -сперматогонии; ploидность и количество ДНК -  $2n2c$  (ответ " $2n2c$  и  $2n4c$ " также считается верным, только  $2n4c$  - нет);

- стадия роста; название клеток - сперматоциты I порядка; ploидность и количество ДНК -  $2n4c$ ;

- стадия созревания; названия клеток - сперматоциты II порядка; ploидность и количество ДНК  $n2c$  и сперматиды; ploидность и количество ДНК- $nc$ ;

- стадия формирования; название клеток - сперматозоиды; ploидность и количество ДНК -  $nc$ .

**Критерий оценки.** 2б. за названия всех стадий, расположенных в правильном порядке; 2 б. за названия соответствующих им клеток; 2б. за указание ploидности и количества ДНК для каждой стадии.

**Задание 4 (6 баллов).** Какие зародышевые листки формируются в процессе эмбрионального развития у позвоночных животных? Какие органы и системы органов преимущественно формируются из каждого листка? Для каждого зародышевого листка приведите не менее двух примеров, относящихся к разным системам органов.

**Ответ.** У всех позвоночных животных из одного и того же зародышевого листка получают одинаковые органы. Из эктодермы образуется нервная система, органы чувств, эпидермис кожи, роговые образования (волосы, перья, ногти), эмаль зубов.

Из энтодермы образуется эпителиальная выстилка пищеварительного тракта и пищеварительные железы (печень и поджелудочная железа), лёгкие.

Мезодерма формирует мышцы, дерму кожи, хрящи и кости, органы кровеносной, выделительной и половой систем.

Большинство органов взрослого животного включают ткани, берущие начало от двух или всех трёх зародышевых листков, поэтому правильным считался ответ, где было указан преимущественный состав органа.

**Критерий оценки.** По 1 б. за каждый верно указанный листок (всего 3 балла), по 1 б. за два верных примера для каждого листка.

**Раздел №2. Расчетные задачи.**

**Оценивались только подробные решения. Оценка за верный ответ без решения составляет 0 б.**

**Задание 5 (11 баллов).** Новорожденный младенец переболел пневмонией и во время болезни не усваивал грудное молоко. В настоящее время, в возрасте 13 суток, он имеет массу 3000 г и начал усваивать молоко: его кормят сцеженным грудным молоком через зонд по 10 мл 8 раз в сутки. Однако этого количества недостаточно для обеспечения полноценного питания. Поэтому недостающие питательные вещества ему нужно вводить внутривенно. Для восполнения недостатка аминокислот имеется препарат "А", содержащий 6 г аминокислот в 100 мл (20 ккал/100 мл). Для восполнения недостатка жиров имеется препарат "Б", содержащий 20 г жиров в 100 мл (108 ккал/100 мл). Для восполнения недостатка углеводов имеется 20% раствор глюкозы (1 г глюкозы – 4 ккал). Для восполнения недостатка жидкости имеется физиологический раствор.

Используя приведенные ниже справочные данные, составьте для этого младенца программу внутривенного питания, то есть укажите, сколько мл препаратов "А", "Б" и, если необходимо, глюкозы, должен получать младенец ежедневно. Нужно ли вводить ему дополнительно ежедневно жидкость (физиологический раствор), и если да, то сколько?

Во всех действиях промежуточные результаты округляйте до целых чисел.

*Справочные данные:*

Состав грудного молока: 1% белков, 4% жиров, 7% углеводов, 70 ккал/100мл. Считать, что 100 мл молока имеют массу 100 г.

Объем жидкости, необходимый ребёнку в сутки: 160 мл/кг массы тела (жидкостью считаются все питательные растворы, а не отдельно вода, т.е., например, 100 мл грудного молока следует считать как 100 мл жидкости; также и все другие питательные растворы).

Суточная доза белков (в любом виде: белки или аминокислоты): 2 г/кг массы тела.  
Суточная доза жиров: 2 г/кг массы тела.

Суточная доза углеводов определяется после подсчета энергии, полученной с другими компонентами пищи.

Суточная потребность в энергии составляет 100 ккал/кг массы тела.

**Решение.**

Определим сначала, сколько белков и жиров необходимо вводить ежедневно внутривенно.

**1. Определение количества белков.**

Всего ребёнку массой 3 кг в сутки нужно  $3 \times 2 = 6$  г белков

С грудным молоком он получает  $80 : 100 = 0,8$  г белков.

Значит, дополнительно нужно ввести  $6 - 0,8 = 5,2$  г белков, которые вводятся в форме аминокислот.

Тогда препарата "А" нужно  $5,2 \times 100 : 6 = 86,66$  мл. После округления 87 мл.

2. Определение количества жиров.

Всего ребенку в сутки нужно  $3 \times 2 = 6$  г жиров.

С грудным молоком он получает  $4 \times 80 : 100 = 3,2$  г жиров

Значит, дополнительно нужно ввести  $6 - 3,2 = 2,8$  г жиров

Тогда препарата "Б" нужно  $2,8 \times 100 : 20 = 14$  мл.

3. Расчет количества энергии.

С грудным молоком ребенок получает  $70 \times 80 : 100 = 56$  ккал

С препаратом "А" ребенок будет получать  $87 \times 20 : 100 = 17,4$  ккал. При округлении получаем 17 ккал

С препаратом "Б" ребенок получает  $14 \times 108 : 100 = 15,12$  ккал. При округлении получаем 15 ккал

Суточная потребность в энергии младенца весом 3 кг составляет  $100 \times 3 = 300$  ккал

Итого, младенцу недостает  $300 - (56 + 17 + 15) = 212$  ккал.

Эту разницу необходимо восполнить введением углеводов.

4. Расчет количества углеводов.

В нашем распоряжении имеется 20% раствор глюкозы. Калорийность 100 мл этого раствора составляет  $20 \times 4 = 80$  ккал.

Чтобы ввести 212 ккал, нужно взять  $212 \times 100 : 80 = 265$  мл раствора глюкозы

5. Определение количества жидкости.

Ребенок массой 3 кг ежедневно должен получать  $160 \times 3 = 480$  мл жидкости.

С грудным молоком и препаратами он получает  $80 + 87 + 14 + 265 = 446$  мл

Значит, ему дополнительно нужно  $480 - 446 = 34$  мл жидкости

**Ответ:** для ежедневного внутривенного питания младенца нужно 87 мл препарата "А", 14 мл препарата "Б", 265 мл 20% раствора глюкозы и еще 34 мл жидкости (обычно в этих случаях используют физиологический раствор).

**Критерий оценки.** 3 б. - за правильный объем препарата "А"; 3 б. – за правильный объем препарата "Б"; 3 б. – за правильный объем раствора глюкозы 20%; 2 б. – за правильный объем недостающей жидкости.



Расщепление в  $F_1$  – 1:1, причём одновременно и по полу, и по признаку наличия маски. Во втором и последующем поколениях эта история повторится.

Вообще данный признак был получен в результате селекции. Дело в том, что самцы шелкопряда дают на 20-30% больше шелка по сравнению с самками. Благодаря маске стало возможным отбирать для производства шелка только самцов.

2. Опушение крыльев. В первом поколении потомки обоего пола имеют нормально опушенные крылья. Во втором поколении расщепление по этому признаку имеет вид  $(3/16 + 3/16 + 3/16 + 3/16)$  нормально опушенных :  $(1/16 + 1/16 + 1/16 + 1/16)$  густо опушенных, т.е. хорошо знакомое 3:1. При этом все фенотипические классы представлены и самцами, и самками. Нет никаких оснований считать этот признак сцепленным с полом. Делаем вывод о том, что признак опушения крыльев определяется одним геном, который локализован в аутосоме. В первом поколении единообразие – следовательно, родительские породы были гомозиготами по этому гену. Кроме того, все потомки  $F_1$  с нормальным опушением крыльев, поэтому можно заключить, что аллель нормального опушения ( $B$ ) полностью доминирует над аллелем густого опушения ( $b$ ). Генотипы родителей: первая порода (с густым опушением)  $bb$ , вторая –  $BB$ .

3. Форма крыла. В первом же поколении видим расщепление по этому признаку, причем самцы  $F_1$  наследуют фенотип матери (нет вырезки), а самки  $F_1$  наследуют фенотип отца (есть вырезка). Это классическая ситуация «крисс-кросс» наследования, которая указывает, что ген, ответственный за признак, расположен в той хромосоме, которая общая у обоих полов ( $Z$ -хромосома). Кроме того, в  $F_2$  мы видим расщепление  $(3/16 + 3/16 + 1/16 + 1/16)$  с вырезкой :  $(3/16 + 3/16 + 1/16 + 1/16)$  без вырезки, т.е. 1:1. Оба фенотипа в  $F_2$  представлены и самцами, и самками.

То, что в первом поколении фенотипы распределились по полу неравномерно, указывает нам на сцепленное с полом наследование. Ген расположен в  $Z$ -хромосоме. По  $Z$ -сцепленным генам гомо- или гетерозиготами могут быть только самцы. Так как все самцы  $F_1$  (гетерозиготы!) имеют крылья без вырезки, делаем вывод, что аллель отсутствия вырезки ( $Z^D$ ) доминирует над аллелем наличия вырезки ( $Z^d$ ). Генотип самок, взятых для скрещивания, определяется единственным образом ( $Z^D W$ ), потому что у них вырезки на крыльях нет. Так как среди самок  $F_1$  нет расщепления по этому признаку, можно сделать вывод, что их отцы гомозиготны –  $Z^d Z^d$ .

4. Запишем итоговую схему скрещивания.

P	♀ $Z^D W^A bb$ без вырезки, развились из гусениц с маской, густое опушение	×	♂ $Z^d Z^d BB$ с вырезкой, развились из гусениц без маски, нормальное опушение
G	$Z^D b, W^A b$		$Z^d B$
$F_1$	♀ $Z^d W^A Bb$ все с вырезкой, с маской, нормальное опушение	×	♂ $Z^D Z^d Bb$ все без вырезки, без маски, нормальное опушение
G	$Z^d B, Z^d b, W^A B, W^A b$		$Z^D B, Z^D b, Z^d B, Z^d b$



F <sub>2</sub>	3/4 B <sub>-</sub>	1/4 Z <sup>D</sup> Z <sup>d</sup>	3/16 Z <sup>D</sup> Z <sup>d</sup> B <sub>-</sub> ♂ без маски, без вырезки, норм. опушение
		1/4 Z <sup>d</sup> Z <sup>d</sup>	3/16 Z <sup>d</sup> Z <sup>d</sup> B <sub>-</sub> ♂ без маски, с вырезкой, норм. опушение
		1/4 Z <sup>D</sup> W <sup>A</sup>	3/16 Z <sup>D</sup> W <sup>A</sup> B <sub>-</sub> ♀ с маской, без вырезки, норм. опушение
		1/4 Z <sup>d</sup> W <sup>A</sup>	3/16 Z <sup>d</sup> W <sup>A</sup> B <sub>-</sub> ♀ с маской, с вырезкой, норм. опушение
	1/4 bb	1/4 Z <sup>D</sup> Z <sup>d</sup>	1/16 Z <sup>D</sup> Z <sup>d</sup> bb ♂ без маски, без вырезки, густое опушение
		1/4 Z <sup>d</sup> Z <sup>d</sup>	1/16 Z <sup>d</sup> Z <sup>d</sup> bb ♂ без маски, с вырезкой, густое опушение
		1/4 Z <sup>D</sup> W <sup>A</sup>	1/16 Z <sup>D</sup> W <sup>A</sup> bb ♀ с маской, без вырезки, густое опушение
		1/4 Z <sup>d</sup> W <sup>A</sup>	1/16 Z <sup>d</sup> W <sup>A</sup> bb ♀ с маской, с вырезкой, густое опушение

Расщепление по фенотипу полностью соответствует тому, что указано в условии.

5. Ответим на второй вопрос задачи. Для этого составим схему скрещивания, выпишем гаметы обоих родителей и заполним решетку Пеннета. F<sub>b</sub> – это потомство бэк-кросса, возвратного скрещивания – то есть скрещивания потомков с одним из родителей. Знать эти обозначения совершенно не обязательно.

$$\begin{array}{l}
 P \quad \text{♀ } Z^D W^A bb \quad \times \quad \text{♂ } Z^D Z^d Bb \\
 G \quad Z^D b, W^A b \quad \quad \quad Z^D B, Z^d B, Z^D b, Z^d b
 \end{array}$$

F <sub>b</sub>	♀ \ ♂	1/4 Z <sup>D</sup> B	1/4 Z <sup>d</sup> B	1/4 Z <sup>D</sup> b	1/4 Z <sup>d</sup> b
	1/2 Z <sup>D</sup> b	1/8 Z <sup>D</sup> Z <sup>D</sup> Bb ♂ без маски, без вырезки, норм. опушение	1/8 Z <sup>D</sup> Z <sup>d</sup> Bb ♂ без маски, без вырезки, норм. опушение	1/8 Z <sup>D</sup> Z <sup>D</sup> bb ♂ без маски, без вырезки, густое опушение	1/8 Z <sup>D</sup> Z <sup>d</sup> bb ♂ без маски, без вырезки, густое опушение
	1/2 W <sup>A</sup> b	1/8 Z <sup>D</sup> W <sup>A</sup> Bb ♀ с маской, без вырезки, норм. опушение	1/8 Z <sup>d</sup> W <sup>A</sup> Bb ♀ с маской, с вырезкой, норм. опушение	1/8 Z <sup>D</sup> W <sup>A</sup> bb ♀ с маской, без вырезки, густое опушение	1/8 Z <sup>d</sup> W <sup>A</sup> bb ♀ с маской, с вырезкой, густое опушение

Итак, половина потомков развились из гусениц без маски. Это самцы, все они без вырезки на крыльях. Половина из них имеет нормальное опушение крыла, половина - густое.

Другая половина потомков имела маску на стадии гусениц, это самки. По описанным признакам самки имеют следующее расщепление: 1/4 без вырезки с

нормальным опушением крыла :  $1/4$  с вырезкой и нормальным опушением :  $1/4$  без вырезки и с густым опушением :  $1/4$  с вырезкой и густым опушением крыла.

**Критерий оценки:** По 1 б. за адекватное обозначение каждого из трех признаков, по 1 б. за пояснение выбора (максимум 6 б.); 2 б. за правильный генотип родителей, решетку Пеннета и расписанные генотипы и фенотипы первого скрещивания. 3 б. за правильные генотипы, решетку Пеннета и расписанные генотипы и фенотипы второго скрещивания.

### Раздел №3. Научные и творческие задачи.

**Задание 7 (18 баллов).** Многие травянистые растения (иван-чай, осоки и др.), а также мхи растут тесными скоплениями. Как могут возникать такие скопления и какую пользу могут получать эти растения от такого образа жизни? Приведите как можно больше вариантов ответа.

**Ответ.** Скопления растений могут возникать:

- в результате вегетативного размножения (например, корневища осок дают много дочерних побегов и формируется кочка);
- при заселении нарушенных местообитаний некоторые виды появляются первыми и в течение некоторого времени преобладают в этом месте (например, иван-чай часто заселяет вырубку, гари и осушенные болота);
- на недоступных другим растениям участках (например, мхи могут поселяться на камнях, стволах деревьев и т.д., солерос образует заросли на морском побережье, так как способен выдерживать высокий уровень солености);
- в определенный сезон, когда ослаблена конкуренция (например, многие эфемероиды образуют скопления ранней весной, а потом их надземные части отмирают);
- при внедрении растений в местообитания, в которых отсутствуют их естественные конкуренты (например, борщевик Сосновского активно образует скопления в Европе);
- в ситуациях, когда какой-то фактор среды не дает продолжаться смене сообществ в ходе сукцессии (например, в дельте рек ежегодно приносится большое количество ила, на котором разрастается тростник);
- в случае прорастания семян вблизи родительского растения;
- в агроценозах.

Преимущества такого образа жизни могут заключаться следующем:

- при плотном скоплении растений одного вида затрудняется прорастание семян их конкурентов;
- отдельные растения могут использовать соседей в качестве механической опоры (например, в куртине мхов);
- плотное произрастание помогает удерживать воду (например, на сфагновых болотах);
- плотно произрастающие растения препятствуют размыванию почвы;

- плотно произрастающие растения способствуют накоплению органических остатков и образованию перегноя;
- на болоте кочкарного типа образование кочек некоторыми видами осок позволяет этим растениям подниматься над поверхностью воды;
- в плотных скоплениях облегчается половое размножение: перенос спермиев у споровых, опыление у покрытосеменных растений - благодаря плотному скоплению проще привлечь опылителей или даже создать им необходимую среду обитания;
- накопление специфических продуктов обмена веществ данных растений может затруднять рост видов-конкурентов (например, ель закисляет почву).

**Критерий оценки.** По 2 б. за каждую верную версию. В сумме не более 18 б.

Оцениваются любые биологически корректные версии, а не только указанные в ответе.

Примеры отдельно не оцениваются.

**Задание 8 (18баллов).** Некоторые виды диких животных в природе имеют огромное количество паразитов. У других видов, напротив, паразитов очень мало. Как Вы думаете, с чем это может быть связано в каждом случае? Приведите как можно больше вариантов ответа.

**Ответ.** В ответе на этот вопрос можно говорить как о видовом разнообразии паразитов, так и об их численности.

Количество эктопаразитов зависит от строения покровов животного.

- Если животное покрыто прочной кутикулой, как членистоногие или нематоды, то очень немногие паразиты смогут на ней закрепиться или питаться через неё. Кроме того, в этом случае паразиты будут полностью удаляться при линьке.
- Если покровы мягкие, влажные, неровные, состоят из живых клеток, которыми можно питаться – паразитов будет больше.
- Больше паразитов будет у тех животных, которым сложно чистить поверхность тела (ежи, киты, звери с длинной шерстью).

Много наружных паразитов имеют малоподвижные животные, поскольку на их теле проще закрепиться. Чем больше численность и плотность популяций данного вида животных, тем проще паразитам передаваться от одного хозяина другому. Количество наружных паразитов может зависеть от благоприятности условий окружающей среды, так как при неблагоприятных условиях животные со слишком большим количеством паразитов будут быстро погибать (без объяснения не принимается).

Для снижения количества паразитов животные применяют разные способы защиты:

- чистку покровов, в том числе взаимную;
- купание, в том числе в песке;

- симбиотические отношения с мелкими животными, питающимися паразитами;
- выделение на поверхность тела токсичных для паразитов веществ.

Некоторые животные могут накапливать в организме вещества, токсичные для других организмов. Например, в тканях хрящевых рыб высока концентрация мочевины. Этот фактор может ограничивать разнообразие паразитов, живущих внутри организма.

Разнообразие может зависеть от количества систем органов у животного, которые могут служить средой обитания (не принимается без объяснения, т.е. ответ у сложных животных больше – не засчитывается), а также от размера животного. У всеядных животных с разнообразным рационом видовое разнообразие паразитов будет больше, так как к ним будут иметь возможность попасть и паразиты плотоядных и паразиты травоядных животных.

**Критерий оценки.** По 3 балла за каждую правильную версию, включая не указанные здесь. При размытых формулировках и неверных уточнениях балл за версию может снижаться до 2 или 1, в зависимости от точности формулировки. Всего не более 18 б.

#### **Распространённые ошибки:**

*У хищников больше паразитов, так как они едят мясо.* Есть множество паразитов, которые заражают травоядных животных с пищей, не меньше, чем хищных. Да и заражение через пищу – далеко не единственный вариант попадания в хозяина.

*У водных/морских животных нет паразитов.* Нет, они есть, и очень много.

**Задание 9 (18 баллов).** Как узнать, на какой физиологический или биохимический процесс влияет ядовитое для организма человека вещество? Предложите как можно больше экспериментов для проверки Ваших гипотез.

**Ответ.** Мы не можем проводить эксперименты на людях, но можем учитывать клинические данные, проводить эксперименты на животных и работать с культурами клеток.

В случае, когда вещество не приводит к быстрой смерти, можно опросить пострадавших от него людей. На самом деле, именно так часто и поступают. Например, когда под подозрение попадает какой-либо компонент пищи (скажем, пищевая добавка с маркировкой E), строительных материалов, выбросов заводов и т.д. Людей спрашивают, контактировали ли они с веществом, изучают истории болезней, смотрят, какие органы преимущественно поражаются и пытаются установить связь между контактом с веществом и возникающими болезнями. Важную информацию можно получить, зная путь попадания яда: через пищеварительную систему, через вдыхаемый воздух и т.д.

Важно помнить, что для получения достоверных данных нужно обследовать много людей: так мы сможем исключить влияние каких-то индивидуальных особенностей и случайных факторов. Дополнительную информацию можно получить, если исследовать отдельно группы людей разного пола, возраста, расы и даже разных профессий. Для исключения

влияния неучтенных факторов нужна контрольная группа, то есть люди, не подвергавшиеся воздействию данного вещества.

Другой подход - обследование пострадавших людей. Он может включать в себя полное обследование: анализы крови, мочи и других биологических жидкостей; УЗИ, ЭКГ, ЭЭГ, КТ, МРТ и даже психологические тесты. Если мы увидим снижение числа лейкоцитов в крови людей, то можем предположить, что яд влияет на иммунную систему; неадекватные ответы на тесты - значит, яд угнетает работу центральной нервной системы и т.д.

В случае уже состоявшихся смертельных случаев можно брать на анализ кусочки тканей и органов (биопсии).

На основе полученных данных может получиться выделить орган-мишень яда, возможно, даже предположить механизм действия. Например, если единственные симптомы употребления данного вещества – нарушение сердечной деятельности, то мы можем предположить, что его мишень - клетки сердечной мышцы, а если, например, вместе с угнетением сердечной деятельности изменяется тонус сосудов, диаметр зрачка и секреция желёз – то вещество действует на вегетативную нервную систему. Однако многие яды дают неспецифические симптомы отравления (расстройства пищеварения, тошнота, головная боль и т.д.) и клинические исследования не дадут существенной информации о механизме действия яда.

Следующая большая группа экспериментов - это опыты с лабораторными животными. Работы на животных необходимо проводить, соблюдая общие требования к работам подобного рода. Исследуемых животных должно быть достаточно много, и они должны быть сходны по возрасту, полу и другим параметрам, чтобы исключить влияние индивидуальных особенностей на результат эксперимента. Кроме того, необходимо использовать контрольную группу, с которой проводили все манипуляции, кроме введения яда. Например, если яд вводится путём инъекции, то контрольной группе тоже придётся делать инъекции, но вводить физиологический раствор. Можно использовать несколько опытных групп, которым будут вводиться возрастающие концентрации ядовитого вещества. Наконец, полезно использовать несколько разных видов животных: поскольку ни одно животное не идентично человеку, то усреднение данных, полученных на нескольких видах, даст более точные результаты.

Еще один подход: изучив структуру молекулы яда, мы можем понять, на какой нормальный компонент метаболизма человека она похожа (или какой метаболический путь будет блокировать) и предположить, какие процессы будет нарушать.

Наше предположение можно проверить, изучив совместное действие яда и другого вещества, действующего на те же мишени в организме животных. Например, известно, что действие опиатов (морфина и подобных ему веществ) не проявляется в присутствии блокатора опиатных рецепторов налоксона. Следовательно, если действие вещества снимается налоксоном - возможно, что оно действует на опиатные рецепторы.

Работая с животными, можно поставить опыт с радиоактивной меткой. То есть синтезировать ядовитое вещество, введя в него радиоактивный изотоп какого-либо атома (углерода и др.), затем ввести подопытным животным, забить этих животных, взять образцы тканей и узнать, в каких тканях преимущественно накапливается данное вещество. Или отследить его путь с помощью, например, внешней прижизненной радиометрии.

Если яд встречается у каких-то животных или растений, можно изучить его действие на их природных жертв.

Можно, опираясь на структуру ядовитого вещества, предсказать, с какими веществами в организме оно может реагировать, и провести такие реакции *in vitro*.

Можно обработать изучаемым ядом культуру клеток той ткани, которую мы считаем его возможной мишенью (а это мы узнали из описанных выше опытов), и выяснить, связывается ли он с клетками этой ткани. Для уточнения мишени внутри клетки можно, например, использовать радиоактивную или флуоресцентную (светящуюся) метку, затем разделить компоненты клеток с помощью центрифугирования и выяснить, где обнаружится метка. Или изучить связывание яда в сочетании с другим веществом, действующим на предполагаемую мишень (если яд будет связываться хуже, значит, мишень действительно одна и та же).

На самом деле можно придумать и провести множество экспериментов. Для того, чтобы делиться друг с другом информацией и не повторять одно и то же, создано много научных журналов, где разные группы ученых рассказывают о тех опытах, которые они придумали и о том, что в результате узнали. В нашем случае на основании полученных данных химики смогут придумать антидот (противоядие) к ядовитому веществу, а также постараться исключить его из производственных процессов, чтобы не наносить вред здоровью людей.

**Критерий оценки.** 1 б. за описание каждого элемента планируемого исследования, включая общие методические моменты (стандартизацию условий, опытные и контрольные группы). Всего не более 18 б.