

**ЗАДАНИЯ**  
**теоретического тура заключительного этапа**  
**42-й Всероссийской олимпиады школьников по биологии.**  
**г. Екатеринбург.2025–26 уч. год.**

11 класс

*Дорогие ребята!*

*Поздравляем Вас с участием в заключительном этапе Всероссийской олимпиады школьников по биологии! Отвечая на вопросы и выполняя задания, не спешите, так как ответы не всегда очевидны и требуют применения не только биологических знаний, но и общей эрудиции, логики и творческого подхода. Успеха Вам в работе!*

**Часть 1.** Вам предлагаются тестовые задания, требующие выбора только одного ответа из четырех возможных. Максимальное количество баллов, которое можно набрать – 20 (по 1 баллу за каждое тестовое задание). Индекс ответа, который вы считаете наиболее полным и правильным, укажите в матрице ответов.

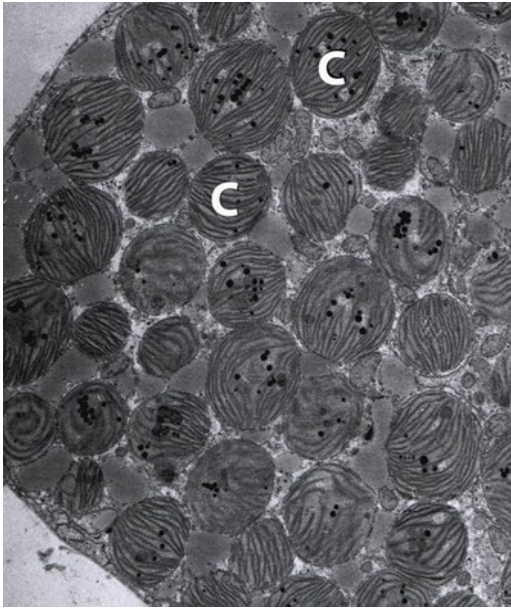
**1. Из нижеперечисленных фототрофов две фотосистемы можно обнаружить в ЭТЦ у:**

- а) цианобактерий;
- б) галоархей;
- в) пурпурных серных бактерий;
- г) пурпурных несерных бактерий.

**2. Определенные вирусы семейства *Narnaviridae* обладают крайне маленьким +РНК геномом (2-3 тыс нуклеотидов) и кодируют единственный ген — РНК-зависимую РНК-полимеразу для своей репликации. Они не образуют капсид, но были обнаружены в мембранных везикулах. Ещё одним странным свойством является наличие множества стоп-кодонов UGA внутри рамки считывания гена. На ком паразитируют эти вирусы?**

- а) эритроциты человека;
- б) динофлагелляты;
- в) галофильные археи;
- г) митохондрии грибов.

**3. На электронной микрофотографии фрагмент клетки пищеварительного тракта моллюска *Elysia clarki*, плотно заполненной поглощёнными фотосинтезирующими пластидами. Эти пластиды – клептопласты – не передаются по наследству. Они временно используются моллюском для фотосинтеза и могут быть переварены позднее, когда пищи становится мало. Пластиды каких водорослей изображены на фото?**



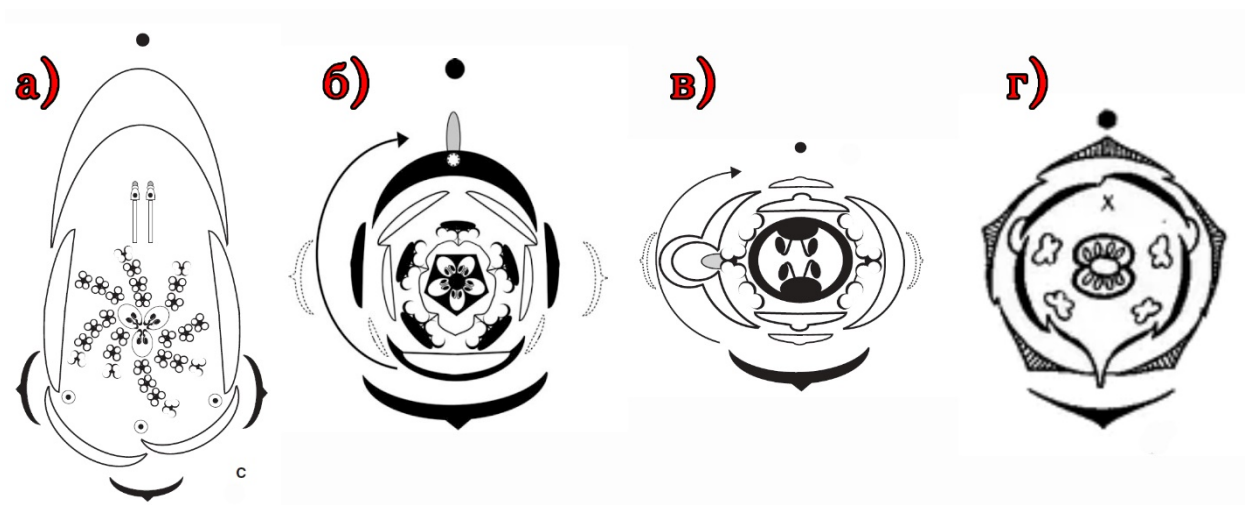
- а) синезеленых;
- б) красных;
- в) зеленых;
- г) диатомовых.

**4. Текстура (рисунок на спиле) – важный признак при выборе древесины для отделки помещений или изготовления мебели. Темная полоса в текстуре лиственницы сибирской, отмеченная стрелкой на рисунке ниже, соответствует:**

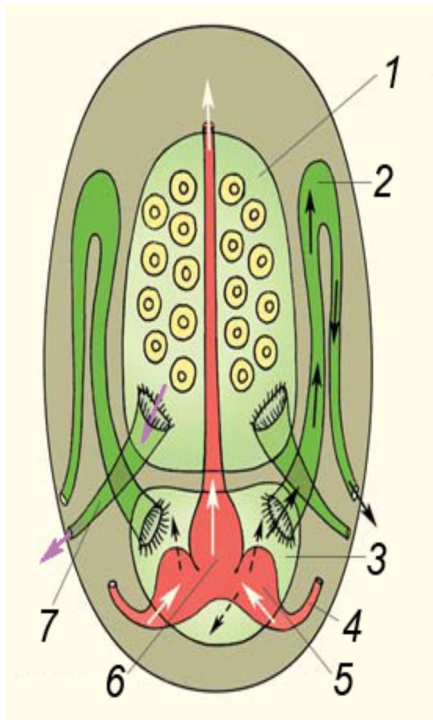


- а) ранней (весенней) древесине;
- б) поздней (осенней) древесине;
- в) лубяным волокнам;
- г) волокнам либриформа.

5. Рассмотрите фотографии растения и выберите из предложенных ту диаграмму, которая соответствует его цветку:

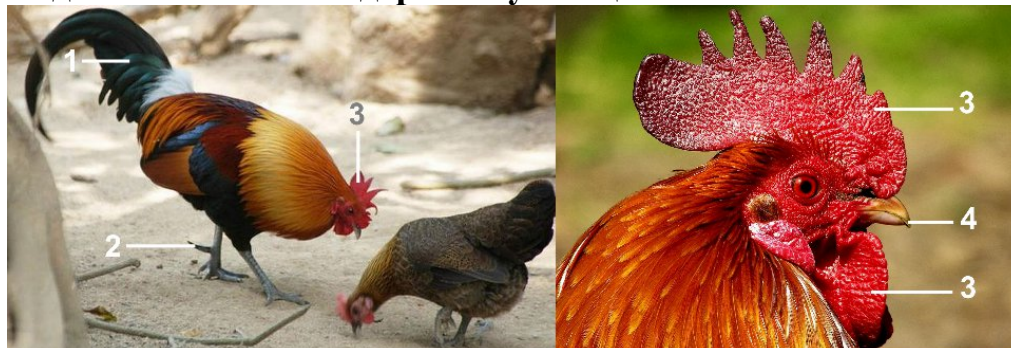


6. На рисунке представлена схема строения полости тела и связанных с ней органов у некоторого класса моллюсков. Такое строение имеют представители группы:



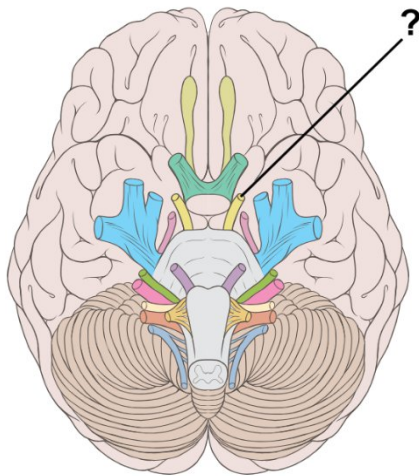
- а) головоногие;
- б) брюхоногие;
- в) моноплакофоры;
- г) панцирные.

7. Видоизменением эпидермиса у птиц НЕ является:



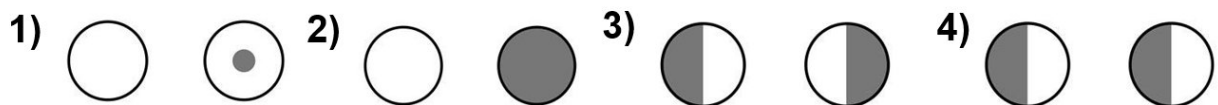
- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4;

8. Стимуляция черепно-мозгового нерва, обозначенного на рисунке вопросительным знаком, приведет к возникновению следующих реакций:



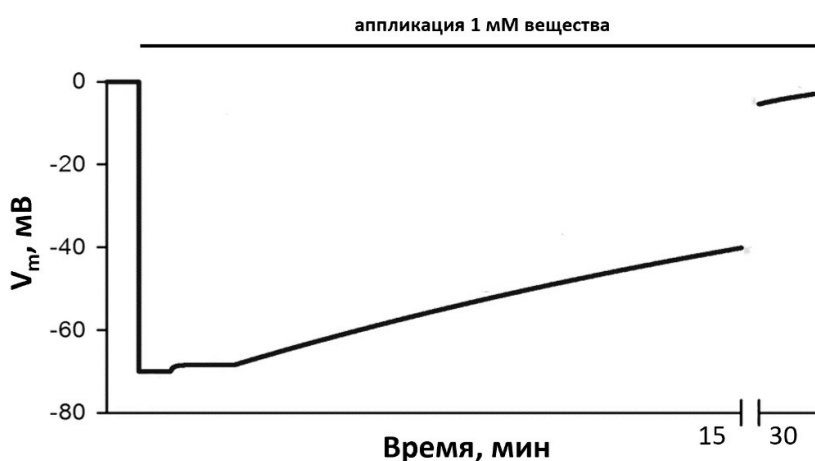
- а) сокращение мимической мускулатуры (поднятие бровей, улыбка);
- б) сокращение мышц глазного яблока, поднятие века, сужение зрачка;
- в) кратковременное появление вспышек света или геометрических узоров;
- г) брадикардия, затруднение дыхания, усиление активности двенадцатиперстной кишки.

9. При повреждении зрительной хиазмы характерно выпадение полей зрения, представленное на схеме (выпавшие участки поля зрения закрашены тёмным):



- а) 1;
- б) 2;
- в) 3;
- г) 4.

10. Действие какого вещества на мембранный потенциал нейрона гиппокампа показано на рисунке?



- а) курапин (блокатор N-ацетилхолиновых рецепторов);
- б) тетродотоксин (блокатор потенциал зависимых  $\text{Na}^+$  каналов);
- в) убаин (блокатор  $\text{Na}^+/\text{K}^+$  АТФазы);
- г) тетраэтиламоний (блокатор потенциал-зависимых  $\text{K}^+$  каналов).

11. Тетаноспазмин – токсин анаэробных бактерий *Clostridium tetani*. Один из способов распространения токсина по организму после попадания в рану – это захват нервными окончаниями и его ретроградный аксональный транспорт до задних рогов спинного мозга, где и происходит его первоочередное отравляющее действие. Как следствие у человека может развиваться опистотонус (судорожная поза, см. рисунок).



**Выберите наиболее вероятный механизм первоочередного действия тетаноспазмина:**

- а) токсин оказывает прямое стимулирующее действие на мотонейроны за счёт связывания с рецепторами на их мембране;
- б) токсин попадает в тормозные интернейроны спинного мозга и нарушает их работу, что приводит к гиперимпульсации мотонейронов;
- в) токсин подавляет активность мотонейронов мышц, регулирующих поддержание позы тела;
- г) токсин разрушает тела чувствительных нейронов, проводящих сигнал о степени растяжения скелетных мышц, из-за чего нарушается регуляция позы тела.

12. Одной из наиболее известных и темпераментных картин русского живописца-авангардистки Натальи Гончаровой является «Павлин под



ярким солнцем (стиль Египетский)», входящая в серию «Художественные возможности по поводу павлина», написана в стиле экспрессионистского примитивизма (Государственная Третьяковская галерея). Яркими мазками на картине показан хвост павлина, его горделивая поза, отсылающая нас к древнеегипетским мотивам. Современная биология объясняет развитие яркого надхвостья у павлина действием:

- а) дрейфа генов;
- б) полового отбора;
- в) исключительного мутационного процесса;
- г) географической изоляции.

13. Бактерии из рода *Wolbachia* являются внутриклеточными паразитами и часто вызывают у своих насекомых-хозяев цитоплазматическую несовместимость. Проявляется это явление в виде гибели потомства от неинфицированной самки и инфицированного самца, при этом потомство от инфицированной самки и неинфицированного самца полностью жизнеспособно. Передача вольбахий потомству идет через яйцеклетки и не идет через сперматозоиды. Выберите наиболее правдоподобное объяснение цитоплазматической несовместимости:

- а) иммунная система насекомого-самки защищается от антигенов вольбахии;
- б) вольбахия тем самым сдвигает соотношение полов в популяции насекомого-хозяина в сторону самок;
- в) вольбахия уменьшает конкуренцию для инфицированного потомства от самок, убивая неинфицированное потомство от самцов;
- г) вольбахия повышает вероятность скрещивания инфицированных самок с неинфицированными самцами.

14. Строительство плотин на реках давно используется человечеством для выполнения работы и получения энергии (водяные мельницы, гидроэлектростанции и т.п.). Живые клетки также используют принцип плотины для запасания энергии (синтеза АТФ). При этом функцию «плотины» выполняет:

- а) внешняя мембрана митохондрий;
- б) мембрана тилакоидов;
- в) мембрана пероксисом;
- г) плазматическая мембрана анаэробных эукариот.

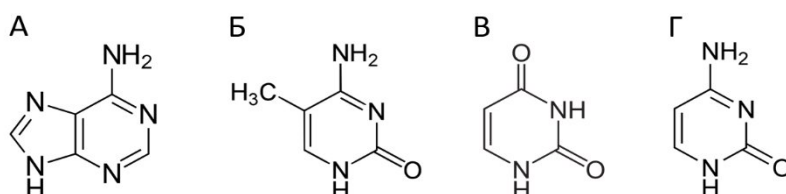
**15. Некоторые аминокислоты могут входить в состав активного центра ферментов и участвовать в связывании субстратов, но они никогда не принимают непосредственного участия в катализе. К ним относится:**

- а) аспарат;
- б) гистидин;
- в) лейцин;
- г) цистеин.

**16. Известно, что рК функциональных групп боковых радикалов некоторых аминокислот могут значительно изменяться в зависимости от микроокружения данного радикала. Например, рК  $\epsilon$ -аминогруппы лизина в активном центре некоторых ферментов равна 5,5, тогда как в водном растворе рК этой группы составляет около 10,5. Следствие этого – то, что при физиологических значениях рН группа в таком окружении будет:**

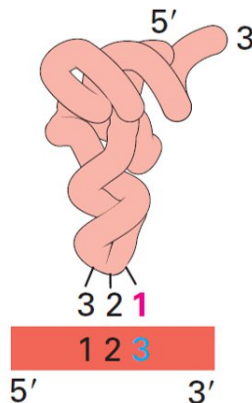
- а) нести положительный заряд;
- б) нести отрицательный заряд;
- в) депротонирована;
- г) протонирована.

**17. Какое из показанных на рисунке азотистых оснований при дезаминировании превращается в урацил?**



- а) А;
- б) Б;
- в) В;
- г) Г.

18. На рисунке показано правило, согласно которому при узнавании кодона антикодон допускаются дополнительные варианты взаимодействия помимо уотсон-криковских пар. Выберите верную пару «кодон– антикодон» (оба записаны в направлении 5'→ 3'):



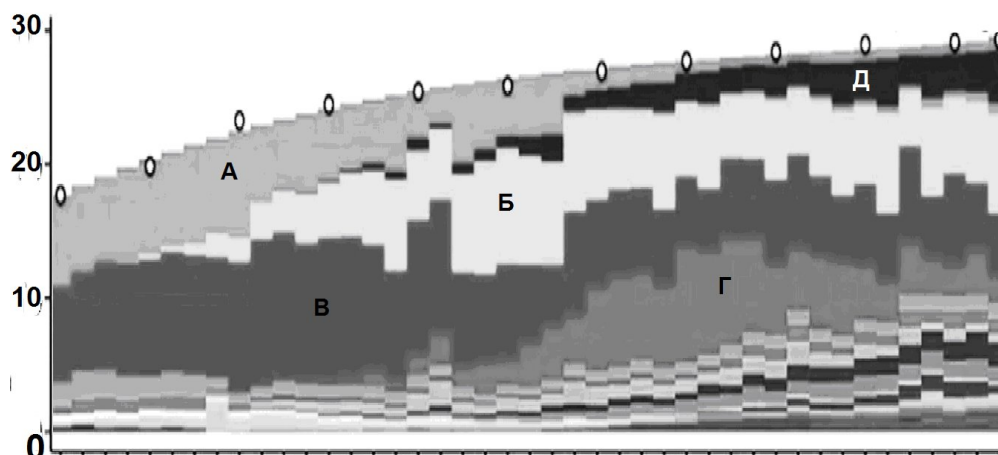
Если эти основания в первой позиции антикодона

С	А	Г	U	І
G	U	С	А	С
		U	G	A

Тогда тРНК может узнавать кодоны с этими основаниями в третьей позиции

- а) кодон UGG, антикодон ACC;
- б) кодон GUG, антикодон UAC;
- в) кодон ICG, антикодон CGA;
- г) кодон GAU, антикодон UUA.

19. На графике изображена зависимость количества клеток (ось ОУ) эмбриона мыши (от стадии поздней гаструлы до рождения (ось ОХ)) с определенной принадлежностью (нейроэктодерма, эпителий, и т.д.) от времени развития.



**Выберите букву, которой обозначена нейроэктодерма:**

- а) А;
- б) Б;
- в) В;
- г) Г.

**20. Динозавр якапиль (*Jakapil kaniukura*) на рисунке ниже является одним из представителей группы тиреофоров. Отличительной особенностью тиреофоров является наличие костных шипов и пластинок на коже.**



**Другим представителем тиреофоров является:**

- а) тираннозавр;
- б) трицератопс;
- в) игуанодон;
- г) стегозавр.

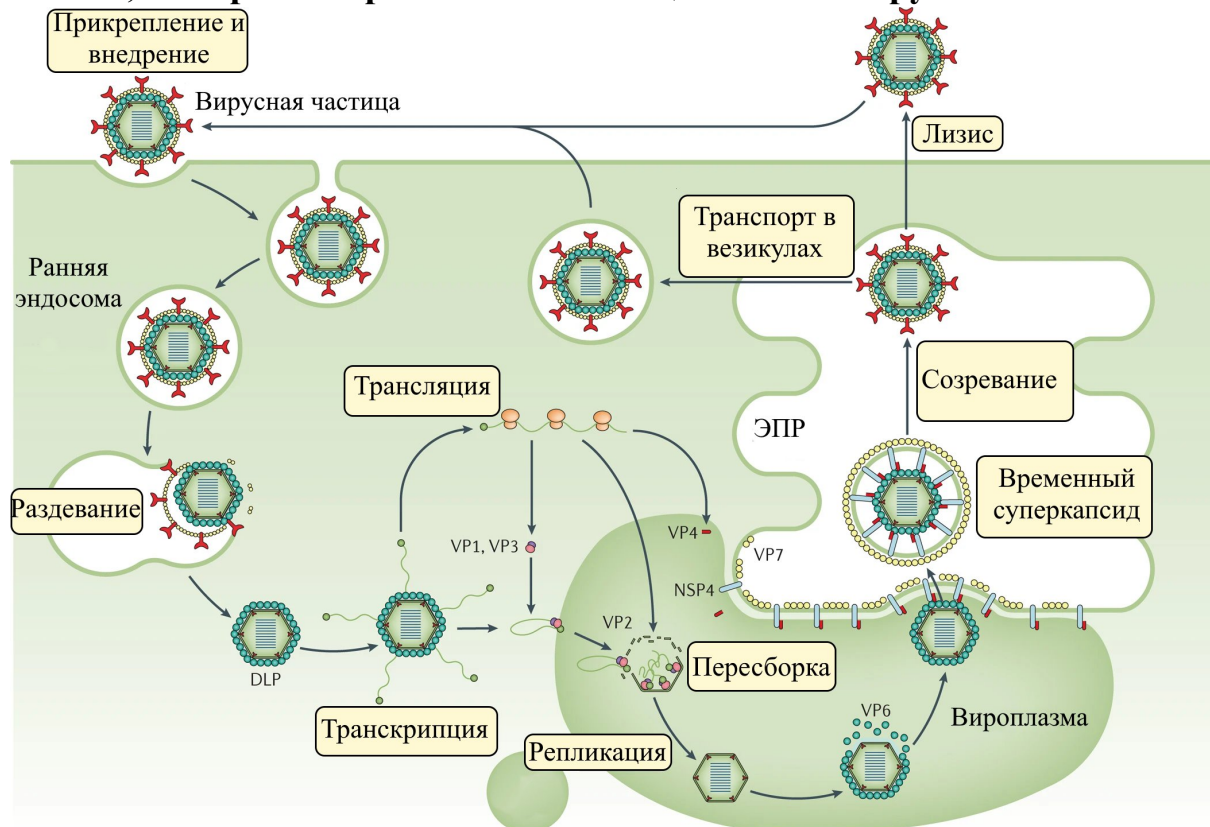
**Часть 2.** Вам предлагаются тестовые задания с множественными вариантами ответа (от 0 до 5). Максимальное количество баллов, которое можно набрать – 65 (по 2,5 балла за каждое тестовое задание). Индексы верных ответов (В) и неверных ответов (Н) отметьте в матрице знаком «Х». Образец заполнения матрицы:

№	?	а	б	в	г	д
	в		Х	Х		Х
...	н	Х			Х	

**1. К стерилизующим агентам, механизм действия которых основан на окислении компонентов клетки, относятся:**

- а) соединения хлора;
- б) пероксид водорода;
- в) этиловый спирт;
- г) формальдегид;
- д) озон.

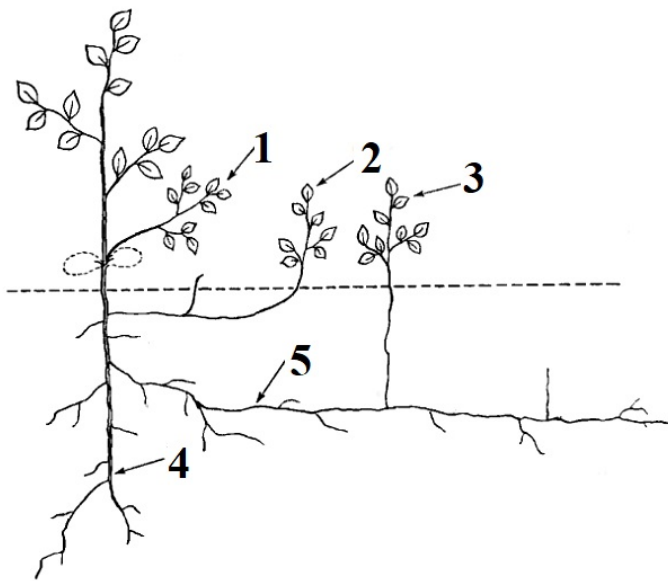
**2. Ротавирус получил своё название от латинского *rota*, «колесо». Подобную структуру действительно можно увидеть в зараженной клетке, если рассмотреть жизненный цикл этого вируса:**



**Рассмотрев схему, выберите правильные утверждения:**

- а) Вироплазма образована из остатков ядра клетки-хозяина;
- б) вирион содержит РНК-зависимую РНК-полимеразу;
- в) репликация осуществляется на основе обратной транскриптазной активности;
- г) геном представлен несколькими молекулами двухцепочечной РНК;
- д) действие VP4 и VP7 позволяет вириону проникнуть в ЭПР, используя клеточный белок NSP4.

**3. На схеме показаны подземные и надземные вегетативные органы сливы домашней (*Prunus domestica* L.). Выберите верные и неверные утверждения, используя иллюстрацию.**



- а) слива домашняя является примером растения, у которого на корнях образуются придаточные почки;
- б) цифрой 5 обозначено корневище;
- в) куст состоит из ветвей различного возраста, а также из однолетних прикорневых побегов и корневых отпрысков;
- г) побеги под номерами 1 и 3, имеют сходное происхождение, но различаются внешним и внутренним строением;
- д) побеги под номерами 2 и 3 рекомендуют удалять, т.к. они у культурных растений часто образуют более мелкие плоды.

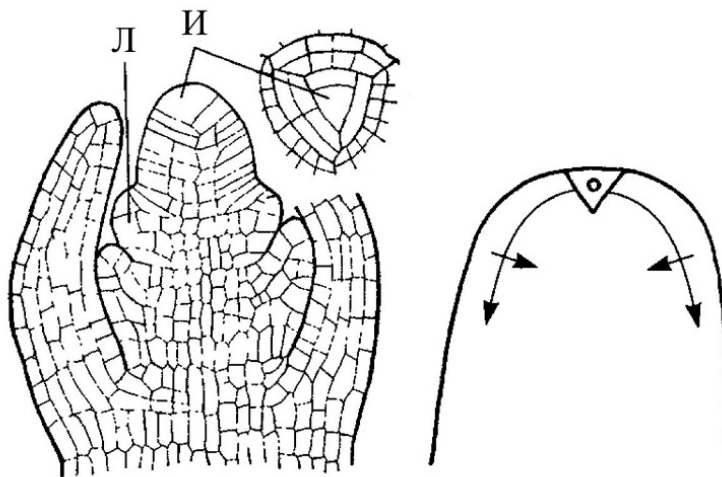


**4. Для растения, изображенного на фотографиях, характерно:**

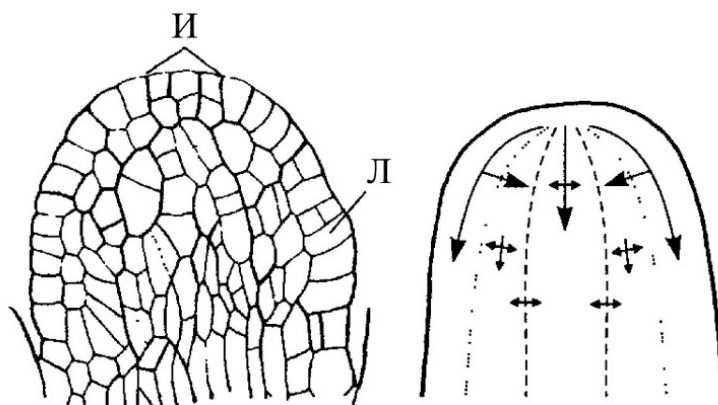
- а) наличие филлодиев;
- б) листья сложные;
- в) колючки – видоизмененные пазушные побеги с удлинненным междуузлем второго метамера;

- г) завязь нижняя;
- д) плод коробочка.

5. На рисунках ниже изображены схемы строения апексов побега хвоща (сверху) и плауна (снизу). Буквой Л обозначен зачаток листа, буквой И – инициальные клетки. Сравнив особенности их строения и развития, можно утверждать, что:



Хвощ (*Equisetum* sp.)



Плаун (*Lycopodium* sp.)

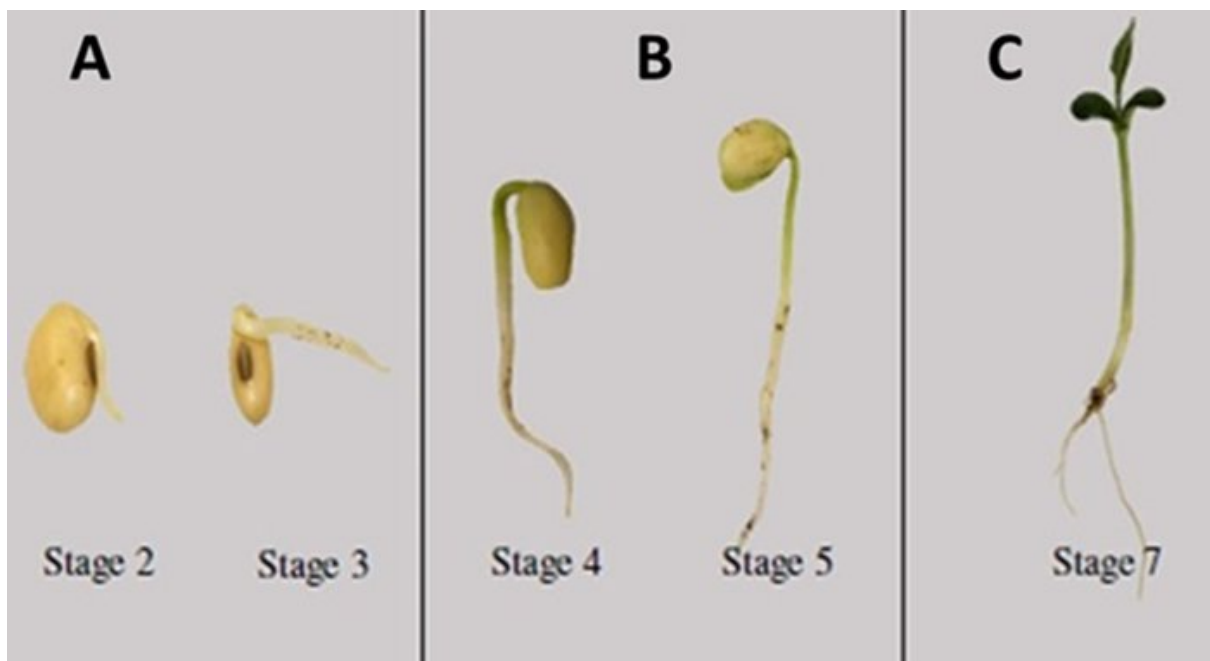
- а) апикальная меристема хвоща дифференцирована на плерому и периблему, тогда как у плауна апикальная меристема недифференцирована;
- б) в побеге плауна вторичное утолщение начинается непосредственно под апикальной меристемой;

- в) инициальная клетка апекса побега хвоща имеет форму трехгранной пирамиды;
- г) в апексе хвоща лишь одна инициальная клетка, тогда как в апексе плауна есть группа инициалей;
- д) у плауна лист развивается из клетки поверхностного слоя, которая становится инициальной листу.

**6. Выберите верные утверждения о растительных гормонах:**

- а) стриголактоны участвуют в образовании арбускулярной микоризы при голодании по фосфору;
- б) ауксины и гиббереллины могут активировать рост растяжением, но каждый из них запускает растяжение в разных направлениях;
- в) цитокинины и абсцизовая кислота участвуют в устьичных движениях, запуская процесс открытия устьиц;
- г) этилен образуется при прорастании пыльцевой трубки в тканях столбика, вызывая опадение лепестков венчика;
- д) салициловая кислота участвует в активации защитных механизмов при воздействии патогенов.

**7. Семена сои в качестве запасных веществ могут содержать до 28% жиров. На рисунке представлены прорастающие семена и молодые проростки сои.**



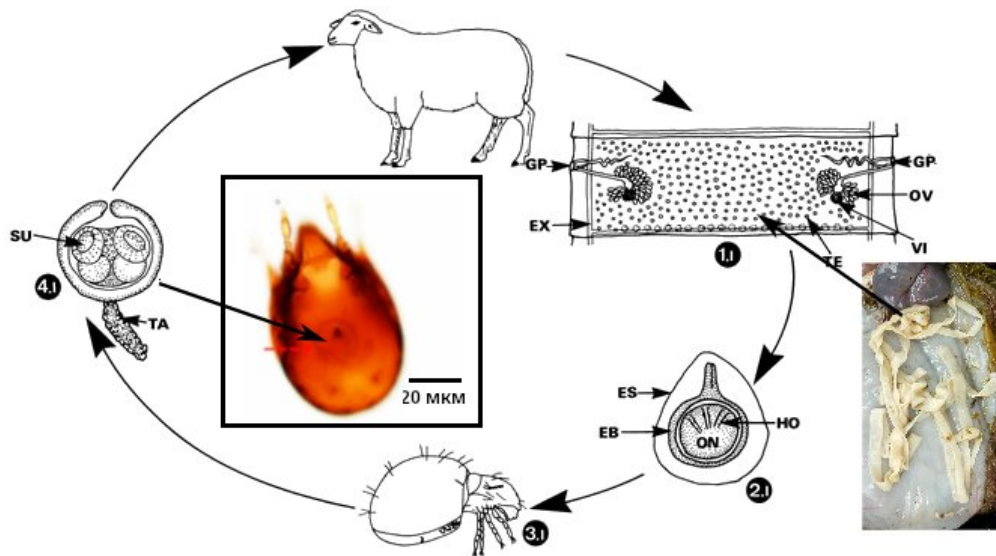
**Какие взаимодействующие органеллы мы могли бы увидеть на электронных микрофотографиях тканей этих проростков? Выберите правильные утверждения.**

- а) на электронных микрофотографиях тканей прорастающих семян, представленных на рисунке А, будут взаимодействовать олеосомы, глиоксисомы и митохондрии;
- б) на электронных микрофотографиях тканей прорастающих семян, представленных на рисунке А, будут взаимодействовать этиопласты, амилопласты и митохондрии;
- в) на электронных микрофотографиях тканей проростков, представленных на рисунке В, будут взаимодействовать геронтопласты, глиоксисомы и митохондрии;
- г) на электронных микрофотографиях тканей проростков, представленных на рисунке С, будут взаимодействовать этиопласты, глиоксисомы и митохондрии;
- д) на электронных микрофотографиях тканей проростков, представленных на рисунке С, будут взаимодействовать хлоропласты, пероксисомы и митохондрии.

**8. Отметьте те группы многоклеточных животных, которые имеют в своем составе ныне живущих паразитических представителей:**

- а) Пластинчатые (Placozoa);
- б) Моллюски (Mollusca);
- в) Кольчатые черви (Annelida);
- г) Иглокожие (Echinodermata);
- д) Стрекающие (Cnidaria).

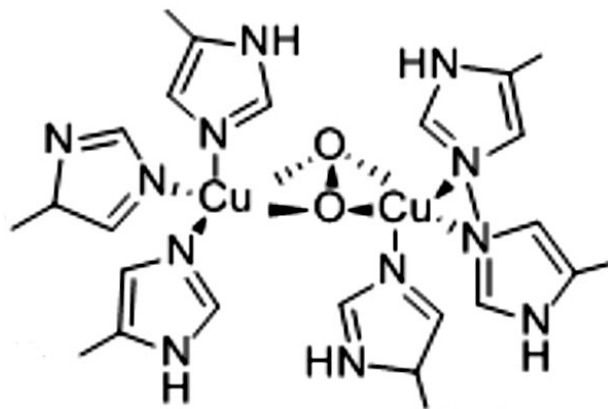
**9. На иллюстрации приведена схема жизненного цикла ленточного червя мониезии (*Moniezia expansa*) – возбудителя мониезиоза рогатого скота. Обозначения: 1.1 – членик стробилы (половозрелой стадии), 2.1 – личинка внутри эмбриофора под оболочкой яйца, 3.1 – панцирный клещ (переносчик мониезиоза), 4.1 – личинка, заражающая окончательного хозяина.**



Внимательно рассмотрите схему, сравните особенности биологии мониезии и однокамерного эхинококка (*Echinococcus granulosus*) и укажите в Листе ответов, является ли каждое из следующих утверждений **Верным (В)** или **Неверным (Н)**.

- а) отношения мониезии и панцирного клеща можно охарактеризовать как форезию, поскольку личинка, находясь в клеще, не растёт;
- б) в отличие от эхинококка, мониезия не размножается на стадии личинки;
- в) как эхинококк, так и мониезия вызывают болезни одомашненных парнокопытных;
- г) половозрелые стадии обоих видов обитают в кишечнике млекопитающих;
- д) половозрелые стадии обоих видов занимают одинаковый трофический уровень – консументы 2-го порядка.

**10. К каким таксонам могут принадлежать организмы, если в их теле можно найти фрагменты молекулы вещества следующего строения:**



- а) малощетинковые черви;
- б) хелицеровые;
- в) немертины;
- г) головоногие моллюски;
- д) аппендикулярии.

**11. У каких отрядов рыб во взрослом состоянии присутствуют почки тазового типа? Укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).**

- а) удильщикообразные;
- б) сарганообразные;
- в) угреобразные;
- г) щукообразные;
- д) осетрообразные.

**12. Выберите парные органы человека, в которых выделяют корковое и мозговое вещество:**

- а) селезенка;
- б) поджелудочная железа;
- в) кишечный лимфоузел;
- г) яичник;
- д) надпочечник.

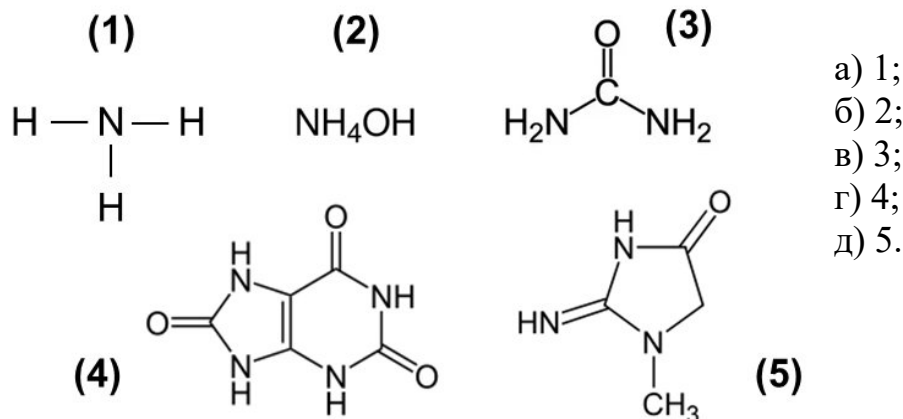
**13. Ингибирование ацетилхолинэстеразы (фермента, отвечающего за деградацию ацетилхолина) за счёт действия боевых нейротропаралитических газов может привести к:**

- а) избыточному слюноотделению;
- б) снижению потоотделения;
- в) подавлению сокращений мышц кишечника;
- г) брадикардии;
- д) сужению зрачка.

**14. Триптофангидроксилаза локализуется в:**

- а) тромбоцитах;
- б) энтерохромафинных клетках кишечника;
- в) астроцитах гиппокампа;
- г) нейронах ядер шва;
- д) пинеалоцитах эпифиза.

15. Какое (какие) из представленных веществ из организма человека в основном выводится (выводятся) через кишечник?



16. Вам нужно собрать генетическую конструкцию для экспрессии целевого белка. Для этого вы вставляете последовательность вашего гена в плазмиду - вектор. Что должно присутствовать в собранной плазмиде?

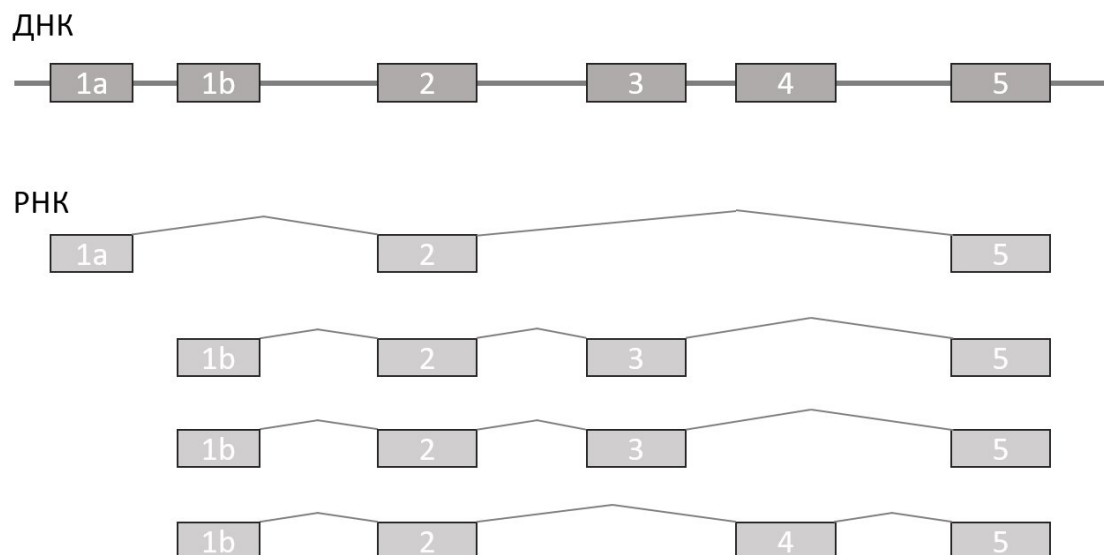
- а) ориджин репликации (*Ori*);
- б) селективный маркер;
- в) промотор;
- г) ген зеленого флуоресцентного белка (GFP);
- д) центромерная последовательность.

17. На фотографии показано питание крупного представителя подсемейства рыб-попугаев (*Scarinae*). Его рацион наполовину состоит из коралловых полипов, остальное – фитоперифитон и сопутствующие беспозвоночные. Выберите адаптации, которые могли возникнуть у этих рыб к такому питанию:



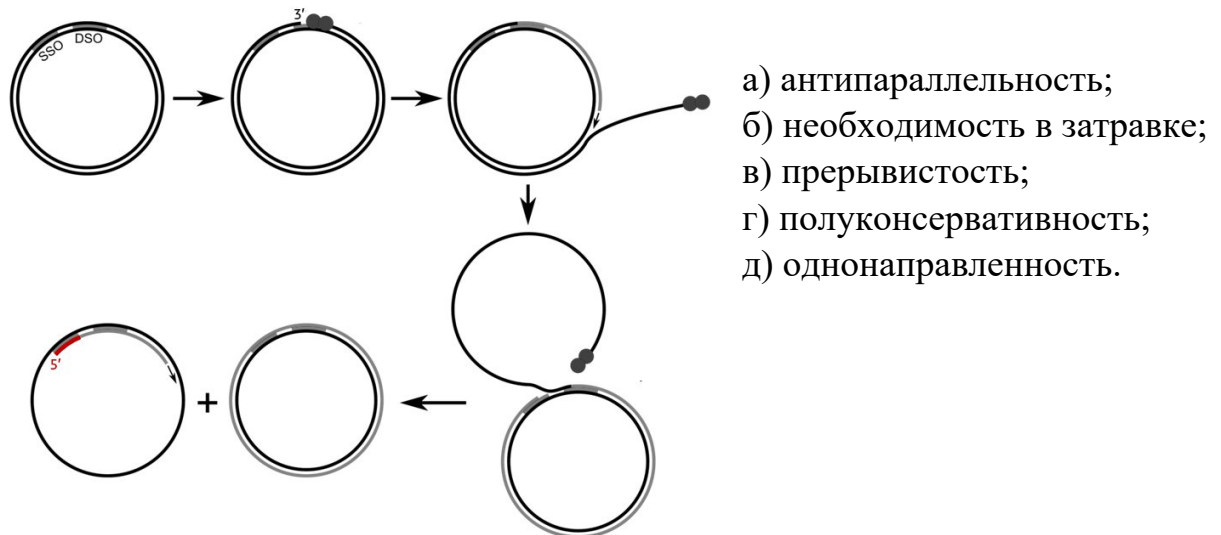
- а) твёрдые челюстные зубы;
- б) твёрдые глоточные зубы;
- в) гиостилия – подвижное сочленение верхней челюсти с мозговым черепом через связки и подчелюстную дугу;
- г) рН желудочного сока заметно выше, чем у родственных рыб, чистых фитофагов;
- д) защитные механизмы от повреждений книдоцитами у эпителия кожи и пищеварительной системы рыбы.

**18. Ниже показана схема определенного гена и его мРНК. Экзоны показаны прямоугольниками и пронумерованы, тонкие линии обозначают, как экзоны соединяются в процессе сплайсинга. Вырезание интронов из РНК этого гена происходит котранскрипционно и последовательно. Судя по этой схеме, верны утверждения:**

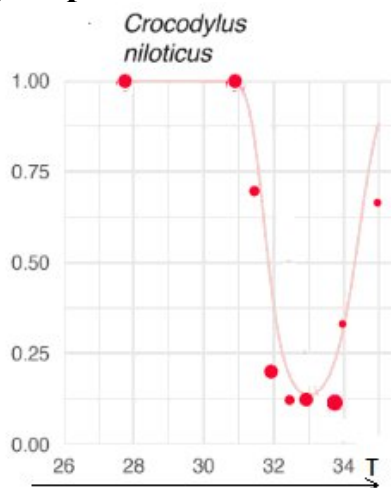


- а) ген имеет альтернативные промоторы;
- б) альтернативному сплайсингу подвержен экзон 1а;
- в) присутствие экзона 3 или 4 в мРНК определяется конкуренцией между сайтами сплайсинга на 5'-концах этих экзонов;
- г) альтернативному сплайсингу подвержен экзон 4;
- д) трансляция одного из показанных продуктов этого гена может приводить к синтезу двух разных белков.

**19. На схеме — механизм репликации по типу катящегося кольца, который используют некоторые мобильные генетические элементы. Черным и серым цветом показана ДНК, красным — РНК. Отмечены DSO и SSO — точки старта репликации на двуцепочечной и на одноцепочечной ДНК. Для такого механизма применимы следующие из принципов репликации:**

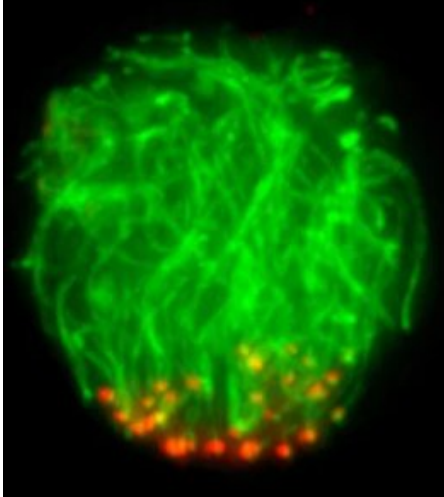


**20. Рассмотрите график зависимости доли самок в потомстве от температуры инкубации кладки яиц нильского крокодила. Точки означают экспериментально проанализированные кладки, линия – гипотезу о зависимости пола от температуры. Выберите верные утверждения:**



- а) при температуре 33°C развиваются только самцы;
- б) при температуре 28°C развиваются только самки;
- в) при температуре свыше 40°C потомство будет представлено самками;
- г) несколько участков кладок с температурами инкубации в диапазоне от 28°C до 34°C могут обеспечить крокодилам соотношения самцов и самок, близкое к 1 : 1;
- д) пол любых рептилий определяется негенетическими механизмами.

**21. Рассмотрите изображение ядра клетки мыши, полученное с помощью флуоресцентного микроскопа. Зеленые нити соответствуют хроматидам, красные точки соответствуют центромерам. Выберите верные утверждения:**



- а) у этой клетки 4 копии ядерного генома;
- б) эта клетка находится в профазе мейоза;
- в) эта клетка погибает путем апоптоза;
- г) хромосомы этой клетки образовали «хромосомный букет» при котором теломерные регионы располагаются около ядерной оболочки и обращены в сторону противоположную от прикрепления центромер;
- д) ДНК этой клетки содержит двунитевые разрывы.

**22. Выберите клетки иммунной системы, способные непосредственно убивать другие клетки организма, зараженные вирусом:**

- а) нейтрофилы;
- б) В-клетки;
- в) Т-киллеры;
- г) Т-хелперы;
- д) NK-клетки.

**23. В коллагене высоко содержание гидроксизилина и гидроксипролина. Выберите верные утверждения:**

- а) гидроксигруппы боковых радикалов гидроксиаминокислот участвуют в формировании водородных связей между витками в рамках одной альфа-спирали;
- б) гидроксигруппы боковых радикалов гидроксиаминокислот участвуют в формировании водородных связей между спиральями аминокислот при образовании волокон коллагена;
- в) гидроксиаминокислоты способствуют поддержанию упругости ткани за счет воды;
- г) увеличение концентрации гидроксиаминокислот в моче может служить маркером разрушения соединительной ткани;
- д) концентрация гидроксиаминокислот в моче у пожилых людей выше, чем у детей.

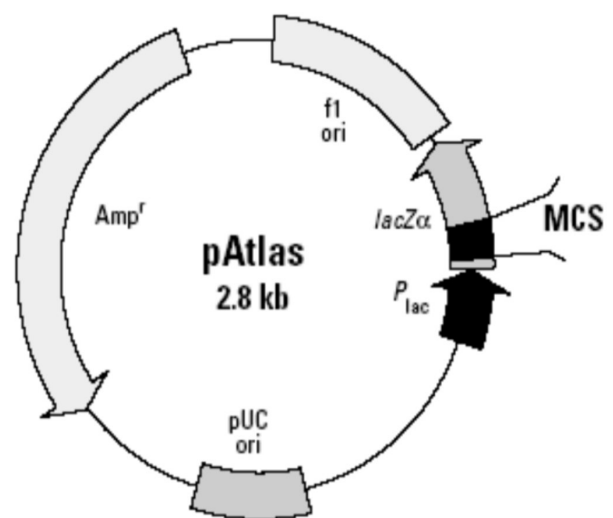
**24. Каким образом в природе может происходить проникновение вируса в клетки высших растений?**

- а) путем эндоцитоза с образованием клеточной вакуоли;
- б) в результате механического повреждения и контакта с тканью зараженного растения;
- в) с помощью слияния липидной оболочки вируса с клеточной мембраной;
- г) через паразитических насекомых, таких как тли;
- д) через растений-паразитов.

**25. Цитохромы P450 представляют собой ферменты, локализованные в мембранах эндоплазматического ретикулума и митохондрий. Они выполняют разнообразные функции в организме человека, в частности, в клетках печени гидроксилируют поступившие через кишечник гидрофобные ксенобиотики, делая их более водорастворимыми (для облегчения выведения через почки). Кроме того, они принимают участие в синтезе многих необходимых организму соединений. Например, они участвуют в синтезе:**

- а) адреналина;
- б) альдостерона;
- в) витамина D;
- г) тирозина;
- д) холевой кислоты.

**26. Бело-голубая селекция – это биотехнологический метод, используемый для идентификации рекомбинантных бактериальных колоний. Он основан на свойствах фермента  $\beta$ -галактозидазы, кодируемого геном *lacZ*. Бесцветное вещество X-gal при расщеплении ферментом  $\beta$ -галактозидазой образует продукт синего цвета. IPTG – это молекула-имитатор лактозы, которая не гидролизуется ферментом. На картинке изображена плазмида, используемая для сине-белого теста. Выберите верные и неверные утверждения.**



- а) в культуральную среду достаточно добавить ампициллин чтобы отобрать колонии с плазмидой со вставкой;

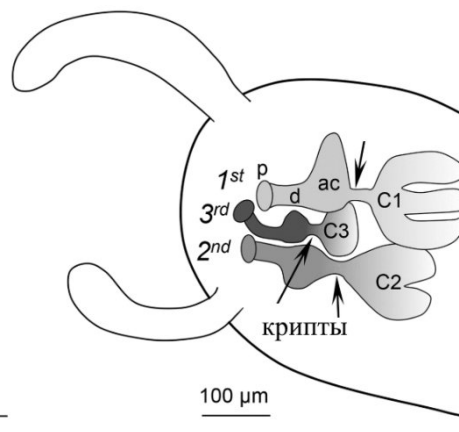
- б) IPTG связывается с промотором и включает лактозный оперон вместо лактозы;
- в) колонии, содержащие плазмиду со вставкой, будут иметь белый цвет на среде с X-gal;
- г) в данной плазмиде отсутствуют сайты рестрикции;
- д)  $\beta$ -галактозидаза относится к классу лиаз.

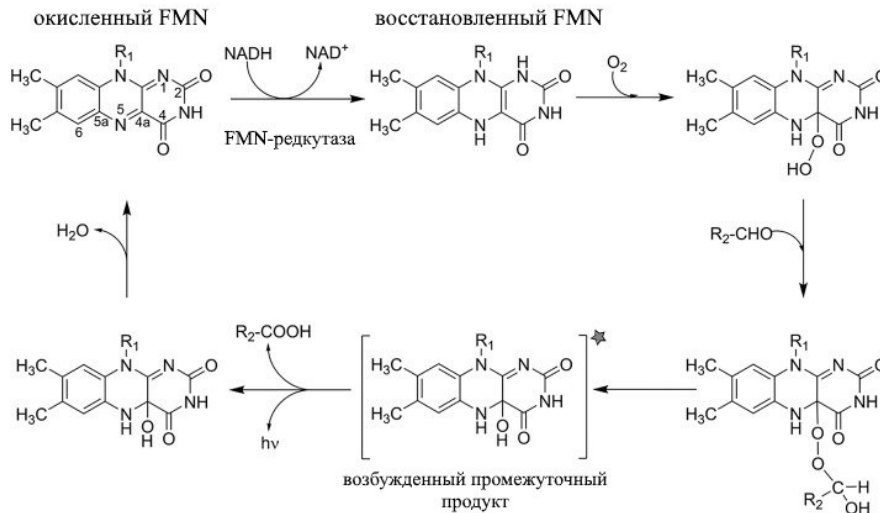
**Часть 3.** Вам предлагаются тестовые задания с множественными вариантами ответа (от 0 до 5), в формате Международной биологической олимпиады. В заданиях содержатся все данные, которые наряду с базовыми знаниями необходимы и достаточны для установления верного ответа. Индексы верных ответов (В) и неверных ответов (Н) отметьте в матрице знаком «Х». При проверке заданий используется прогрессивная шкала Максимальное количество баллов, которое можно набрать –100 (по 5 баллов за 20 тестовых заданий).

1. Широко известен симбиоз гавайского головоногого моллюска *Euprymna scolopes* и светящихся грамотрицательных факультативно анаэробных бактерий *Aliivibrio fischeri*. Бактерии накапливаются в специальных световых органах в мантии моллюска, и ночью их биолюминесценция создаёт эффект контр-затенения на фоне лунного света, что мешает хищнику заметить моллюска снизу. Световой орган имеет несколько небольших слепо-замкнутых углублений, выстланных ворсинчатым эпителием — крипт. Они заселяются свободноживущими *A. fischeri* вскоре после вылупления и запечатываются, после чего популяция бактерий поддерживается внутри всю жизнь. Бактериальная люминесценция активируется за счет чувства кворума и зависит от наличия кислорода. Так как в криптах создаются анаэробные условия, поступление кислорода обеспечивается гемоцианином: в кислой среде срабатывает эффект Вериги-Бора, аналогичный таковому у гемоглобина, и кислород высвобождается. В ходе реакции бактериальной люминесценции происходит окисление алифатического альдегида до кислоты по следующей схеме:

*Euprymna scolopes*

Световой орган (фрагмент)

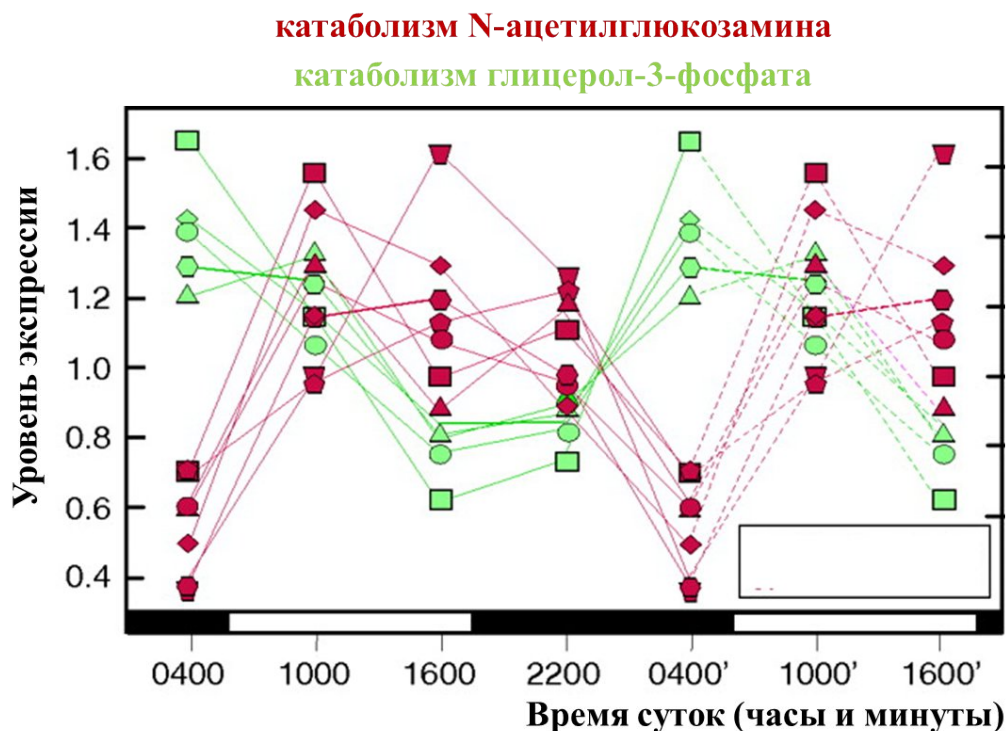




**Используя полученную информацию, выберите правильные утверждения:**

- при выращивании *A. fischeri* в микроаэрофильных условиях свечение слабее, чем в аэробных; однако добавление цианида калия уменьшает этот эффект;
- свечение требует постоянного притока питательных веществ и активного метаболизма, оно угасает в покое;
- свечение обеспечивается промежуточной формой молекулы альдегида при его окислении до кислоты;
- максимальная интенсивность свечения наблюдается при переходе из лог-фазы в фазу экспоненциального роста;
- для свечения требуется постоянный внешний источник альдегидов.

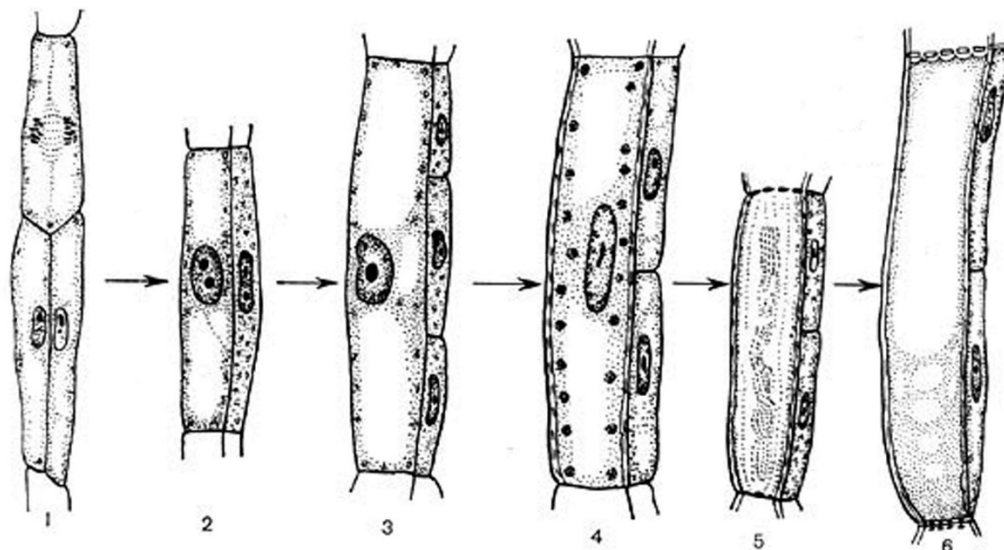
2. Для симбиоза *E. scolopes* и *A. fischeri* характерен четкий диуральный цикл. Каждые сутки, в одно и то же время моллюск выбрасывает большую часть содержимого крипты и 95% всех бактерий, после чего популяция *A. fischeri* вновь разрастается. *E. scolopes* «подкармливает» бактерий хитином и продуктами его гидролиза, которые выделяют мигрирующие в световой орган гемоциты (они же содержат гемоцианин). Кроме того, ежедневно после выброса бактерий микроворсинки эпителиоцитов отпочковываются с образованием мембранных везикул, служащих источником триглицеридов. Интересно, что N-ацетилглюкозамин окисляется *A. fischeri* преимущественно за счет брожения с образованием формиата и ацетата, а глицерол-3-фосфат — через ЦТК и анаэробное дыхание с нитратом или фумаратом в качестве терминального акцептора. Суточная динамика экспрессии генов, отвечающих за эти два варианта метаболизма, приведена на рисунке:



Используя полученную информацию, выберите правильные утверждения:

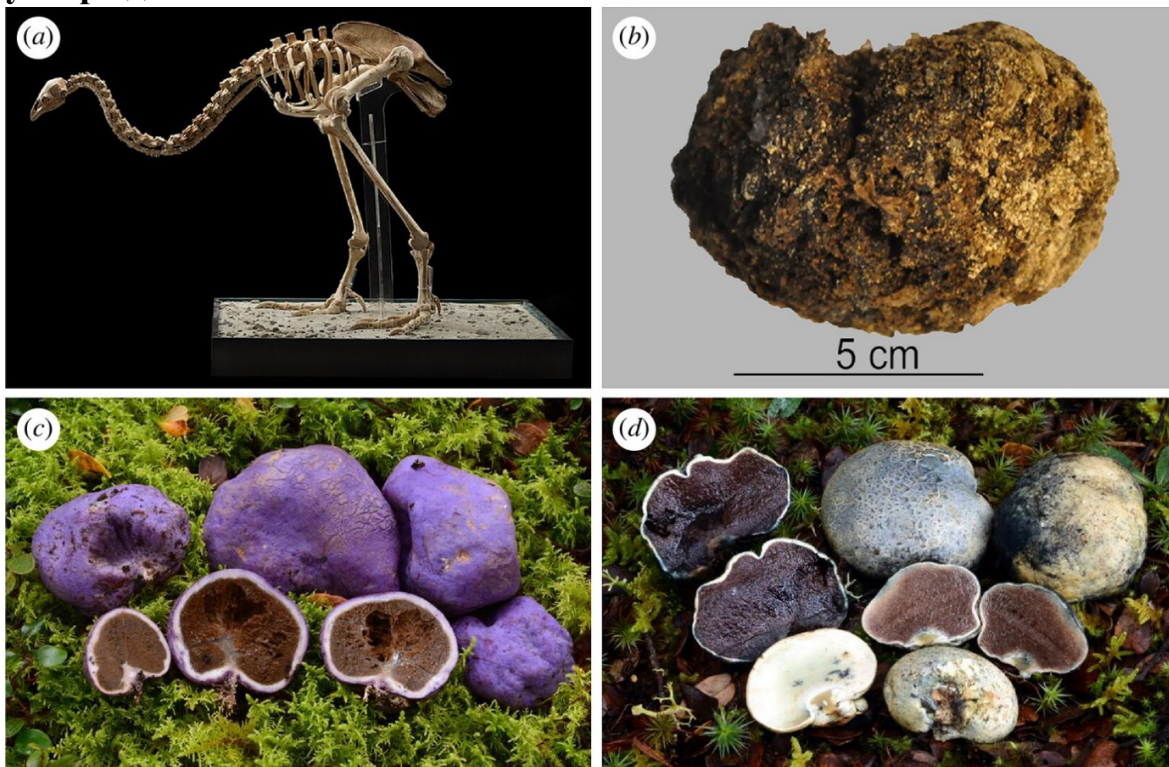
- а) выброс *A. fischeri* производится утром, примерно в 4:00;
- б) Выброс *A. fischeri* производится днём, примерно в 16:00;
- в) Днём в криптах значительно повышается кислотность;
- г) Миграция гемоцитов в крипты происходит утром;
- д) При нахождении в крипте аэробное дыхание *A. fischeri* подавляется всё время.

3. На серии рисунков изображены последовательные стадии развития членика ситовидной трубки. Рассмотрев особенности развития, можно утверждать, что:



- а) членик ситовидной трубки и ассоциированная с ним клетка-спутница развиваются из одной и той же прокамбиальной инициали;
- б) один членик ситовидной трубки может быть ассоциирован с несколькими сестринскими клетками-спутницами;
- в) каждая клетка-спутница ассоциирована только с одним члеником ситовидной трубки;
- г) из одной прокамбиальной инициали может развиться до трех члеников ситовидной трубки;
- д) при нарушении проводящей способности ситовидной трубки клетка-спутница может дифференцироваться в членик ситовидной трубки.

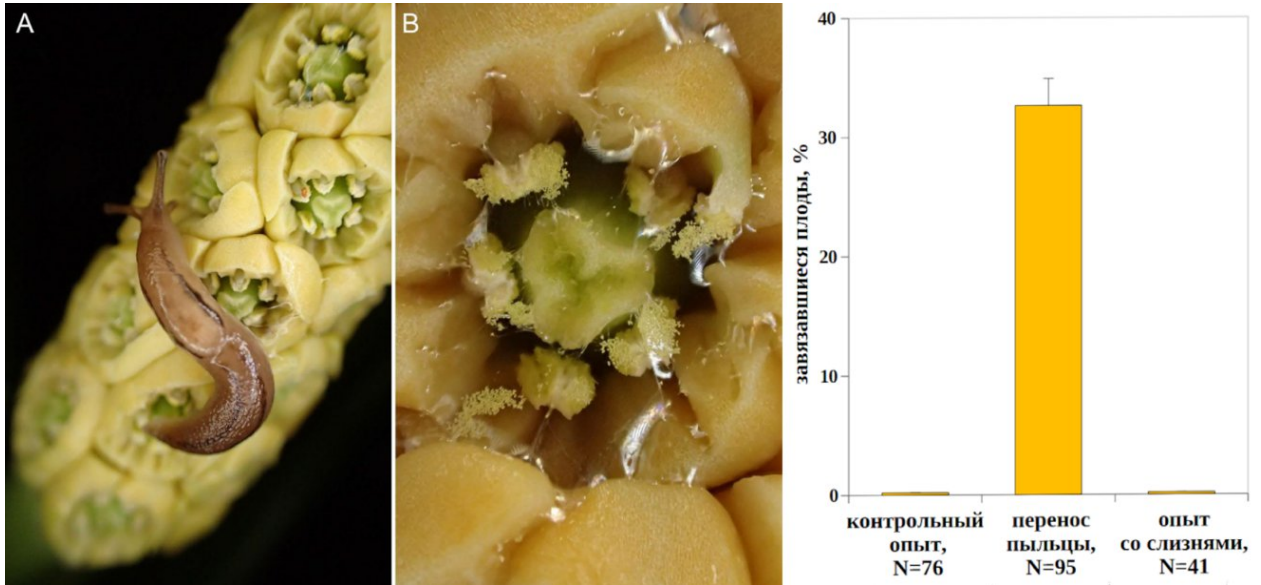
**4. Животные-микофаги играют важную роль для распространения спор грибов, включая виды-микоризообразователи. В Новой Зеландии произрастают виды трюфелеподобных грибов с необычно яркой окраской и наземными плодовыми телами. На фотографиях из статьи (Boast A.P. et al // *Biology Letters*. 2025. DOI: 10.1098/rsbl.2024.0440.) приведены: Скелет (а) и копролит (b) вымершего новозеландского эндемика - лесного малого моа (*Megalapteryx didinus*), а также виды грибов, ДНК и споры которых были найдены в копролитах: (с) — *Gallacea scleroderma*; (d) — *Gallacea* sp. Выберите верные и неверные утверждения.**



- а) животные-микофаги могут распространять споры грибов, как и семена растений, через экскременты;

- б) отсутствие аборигенных наземных млекопитающих привело ученых к гипотезе, что эти ярко окрашенные трюфелеподобные грибы в Новой Зеландии были адаптированы для распространения птицами, которые ориентируются в основном посредством зрения, а не обоняния;
- в) грибы данного рода могут расселяться с помощью перелетных птиц на более далекие расстояния, чем при распространении ветром;
- г) нахождение ДНК и спор грибов в копролитах говорит о том, что эти грибы были обычны в рационе моа, и что эти птицы могли успешно распространять их споры на большие расстояния;
- д) лесной малый моа перемещался между низинами, лесами и альпийскими лугами и мог переносить споры в почвы безлесных районов, опосредованно способствуя распространению и восстановлению лесов.

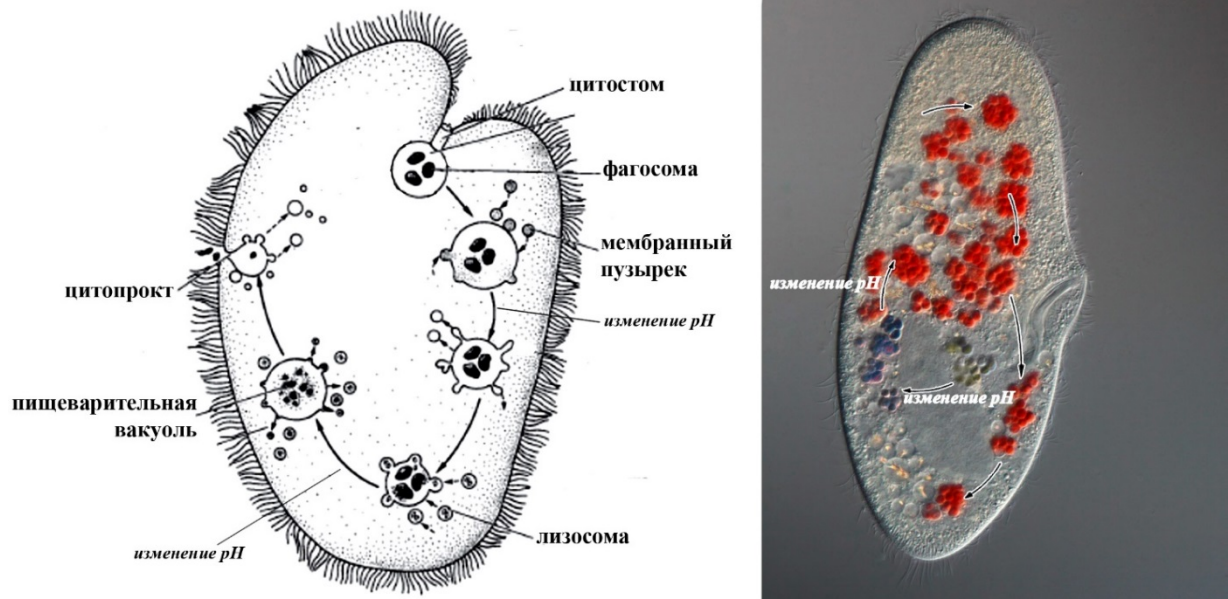
**5. Малакофилия – один из самых редких и спорных способов опыления цветков животными. Первым задокументированным фактом в пользу существования этого явления стали наблюдения за поведением улиток на цветках многолетних трав из рода *Rohdea* (Asparagaceae) в 1930-х годах. Этот пример вошёл в учебники и лёг в основу представлений о комплексе структурных адаптаций цветков к этому типу опыления — «синдроме малакофилии». В 2018 году исследователь из Японии К. Сюцугу предпринял попытку экспериментально проверить, действительно ли один из видов *Rohdea* (*R. japonica*) может успешно опыляться моллюсками. Для этого он провёл 3 группы опытов. Соцветия 1-й группы растений оставались интактными. Пыльцу тычинок цветков 2-й группы он переносил на их же рыльца пестиков. На соцветия 3-й группы растений на 5 минут были помещены слизи *Ambigolimax valentianus*, которых часто обнаруживают на этом виде в природе. До и после воздействия соцветия всех групп растений были укрыты мелкаячейстой сетью, чтобы исключить опыление иными агентами. Внешний вид соцветий после посещения слизнями и доля цветков с завязавшимися плодами ( $\pm$  стандартная ошибка доли) приведены на иллюстрации.**



Изучите иллюстрацию и укажите в Листе ответов, является ли каждое из следующих утверждений **Верным (В)** или **Неверным (Н)**.

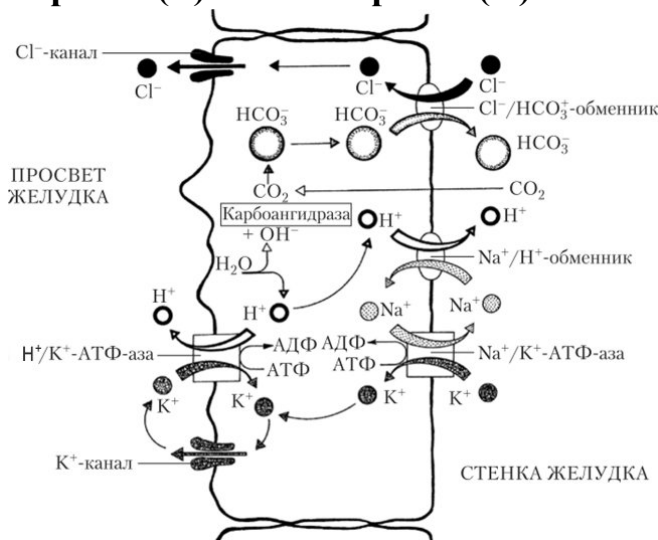
- R. japonica* – самонесовместимый вид, не способный к самоопылению, что доказывает отсутствие плодов в контрольной группе;
- для растений с синдромом малакофилии характерны выступающие за пределы околоцветника тычинки, поскольку моллюски переносят пыльцу, пропуская её через желудочно-кишечный тракт;
- A. valentianus* не показал себя эффективным опылителем *R. japonica*, несмотря на перенос слизнями некоторого количества пыльцы на рыльца цветков. Причиной этого может быть токсическое действие антимикробных веществ его слизи на пыльцу;
- механика взаимодействия опылителей и растений при малакофилии более способствует амфимиксису (перекрёстному оплодотворению) в сравнении с аутомиксисом (самооплодотворением);
- малая распространённость малакофилии среди цветковых может быть связана с тем, что растительноядные брюхоногие моллюски с большой вероятностью повреждают цветки и делают их менее привлекательными для других опылителей, в том числе за счёт уменьшения видимого размера в ходе посещения и сокращения количества нектара.

6. Перед вами схема пищеварения в клетке инфузории и фотография инфузории, окрашенной прижизненным красителем конго красным, являющимся индикатором кислотности. Используя приведенную схему, фотографию выберите Верные (В) и Неверные (Н) утверждения.



- а) после слияния фагосомы с мембранными пузырьками среда внутри фагосомы становится кислой;
- б) ферменты лизосом активны в кислой среде;
- в) конго красный в щелочной среде дает синюю окраску;
- г) фагосома формируется на дне цитопракта;
- д) эндоцитоз и экзоцитоз у инфузорий может происходить только в определенных зонах клетки.

7. В секрети желудочного сока важную роль играют париетальные клетки, вырабатывающие соляную кислоту. Рассмотрите представленную схему, отражающую процессы в париетальной клетке, и укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).



- а) ингибитор  $\text{H}^+/\text{K}^+$ -АТФазы омепразол вызывает повышение кислотности сока желудка;
- б) хлор поступает в просвет желудка за счёт первично-активного транспорта;
- в) для выработки желудочного сока требуется энергия в виде АТФ;
- г) если все  $\text{Na}^+/\text{K}^+$ -насосы будут расположены на базальной поверхности париетальной клетки, процесс образования соляной кислоты существенно нарушится;
- д) ингибирование карбоангидразы приводит к увеличению рН желудочного сока.

**8. Рассмотрите представленную схему, отражающую процессы в эритроцитах (красный контур) при транспорте газов. Используя схему и опираясь на общие знания, укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).**

Рис.1.

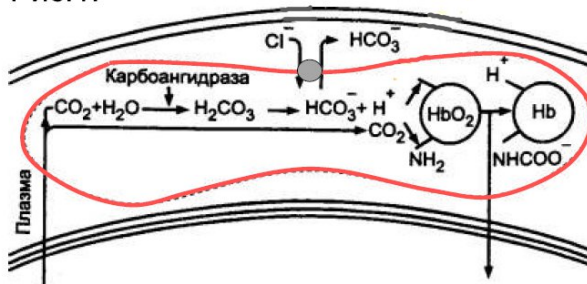
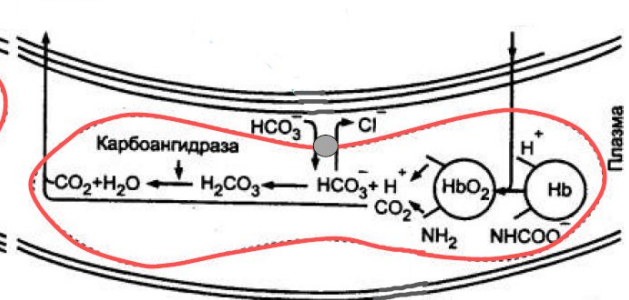
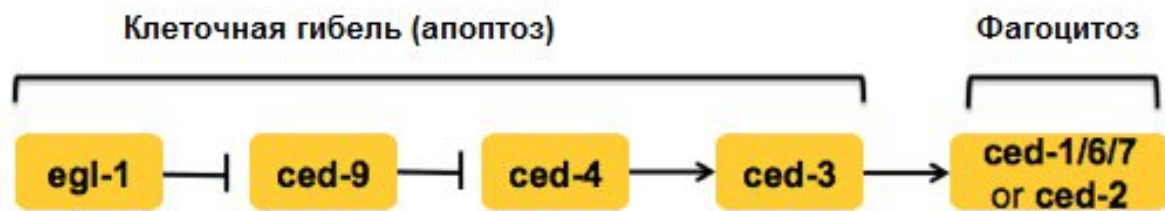


Рис.2.



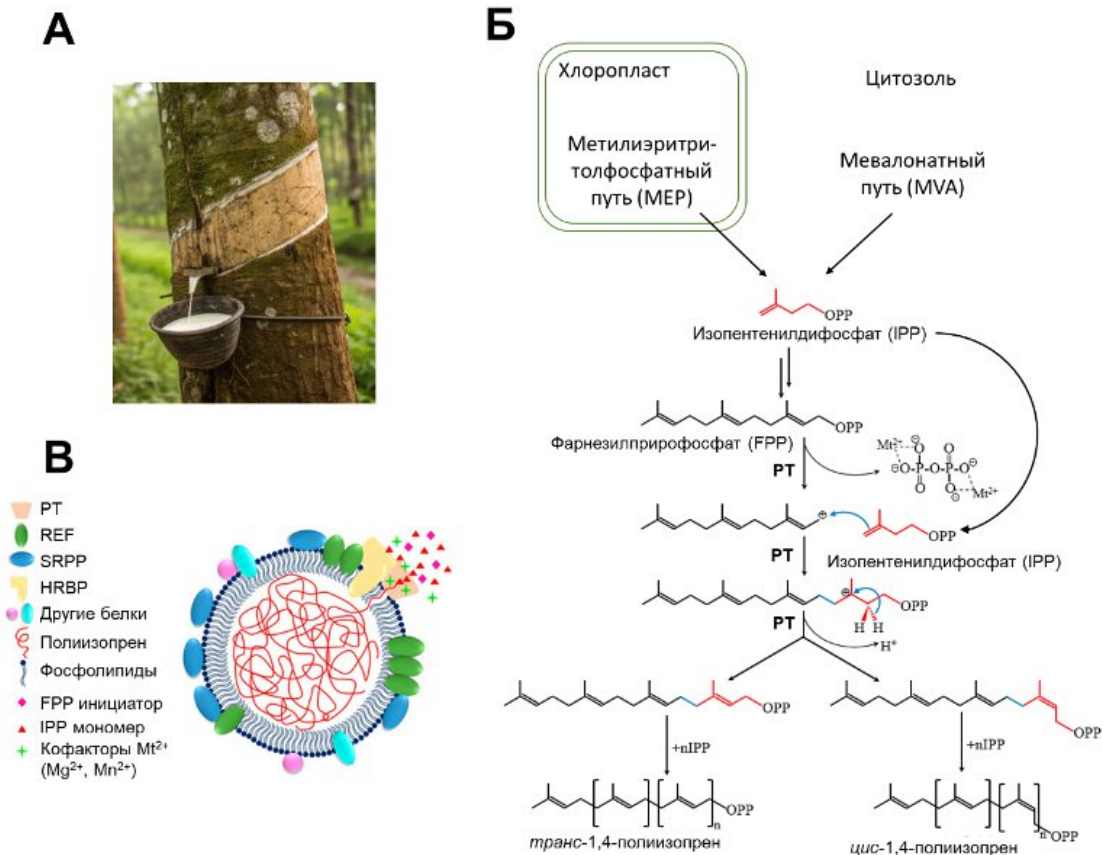
- а) на рис. 1 изображён эритроцит в капиллярах легких;
- б) закисление плазмы крови способствует протеканию процессов в эритроците, показанных на рис. 2;
- в) карбоангидраза способна влиять на количество гидрокарбоната в эритроцитах;
- г) кислород и углекислый газ присоединяются к разным участкам гемоглобина;
- д) увеличение концентрации гидрокарбоната в цитоплазме приведёт к усилению его транспорта из эритроцита, за счёт чего мембрана эритроцита утратит поляризацию.

9. Рассмотрите генетическую схему регуляции клеточной гибели и утилизации остатков погибших клеток соседними клетками у нематоды *C. elegans*. Выберите верные утверждения:



- а) продукты генов *ced-2* и *ced-3* должны работать в двух разных клетках;
- б) продукты генов *ced-4* и *ced-3* активируют друг друга;
- в) нематода с мутацией потери функции *egl-1* имеет в организме меньше клеток, чем нематода дикого типа;
- г) продукт гена *ced-3* – относится к регулирующим апоптоз протеазам (каспазам);
- д) продукт гена *ced-9* ингибирует продукт гена *ced-4*.

10. Каучук известен человечеству более 250 лет. Несмотря на развитие методов химического синтеза ещё не удалось создать материал со всеми свойствами, которыми обладает натуральный каучук, поэтому каучук по-прежнему добывают в больших количествах на плантациях каучуконосных растений, таких как гевея бразильская (*Hevea brasiliensis*) из семейства молочайных. Для получения млечного сока кору на стволе растения срезают под углом и подставляют сосуд для сбора каучука (рисунок А). Каучук в основном состоит из *цис*-1,4-полиизопрена, который синтезируется ферментом пренилтрансферазой (РТ) из мономерных блоков – изопентенилдифосфатов (IPP) (рисунок Б). Синтез происходит в цитозоли клеток млечника вблизи поверхности так называемой каучуковой частицы – структуры, окружённой монослоем из фосфолипидов (рисунок В). Образующийся полимер протягивается внутрь частицы и сохраняется там. На поверхности частицы, кроме РТ, находится ряд вспомогательных белков (REF, SRPP, HRBP и другие).

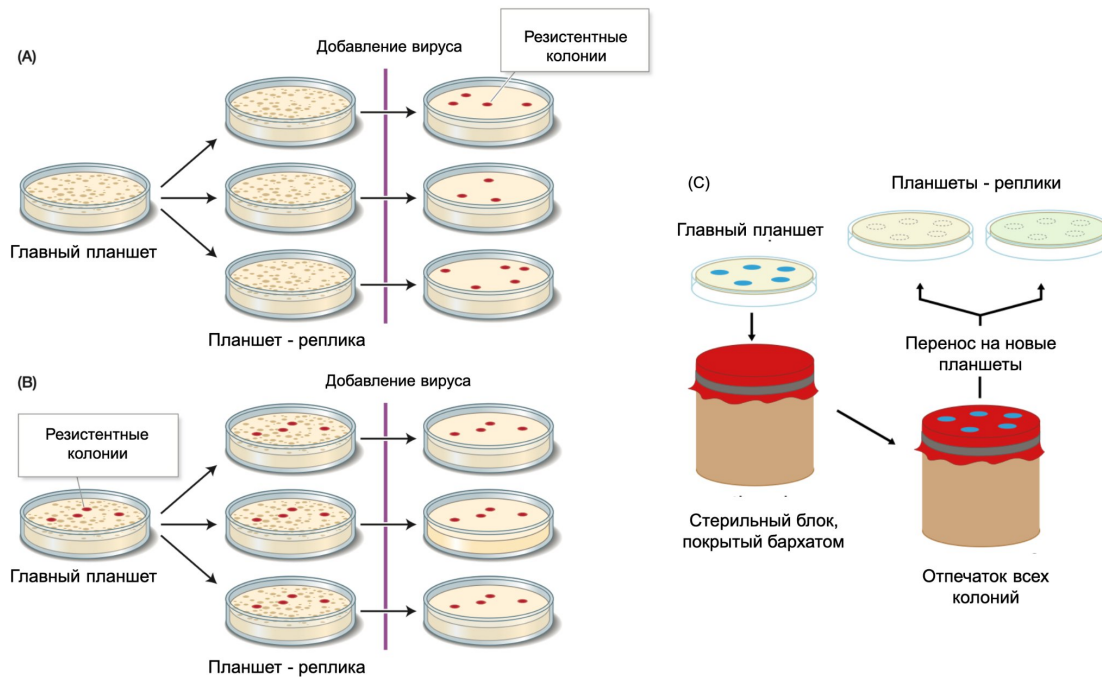


Укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).

- а) РТ – сложный ассоциированный с мембраной белок, требующий для синтеза полиизопрена молекулу-инициатор, IPP и кофакторы небелковой природы;
- б) фермент РТ катализирует реакцию радикального присоединения по двойной связи;
- в) скорее всего, МЕР-путь биосинтеза IPP играет меньшую роль в биосинтезе каучука, чем МВА-путь;
- г) в составе каучука бывают цепи, содержащие одни из длинейших известных систем сопряжённых двойных связей;
- д) для повышения продукции каучука можно модифицировать растения гевеи таким образом, чтобы в клетке производилось больше ацетилкофермента А.

**11.** На рисунке представлена схема классического эксперимента по изучению механизма возникновения мутаций у кишечной палочки. Исходная чашка («главный планшет») содержит множество колоний, каждая из которых выросла из одной бактериальной клетки. С этой чашки (планшета) делают несколько реплик, перенося расположение

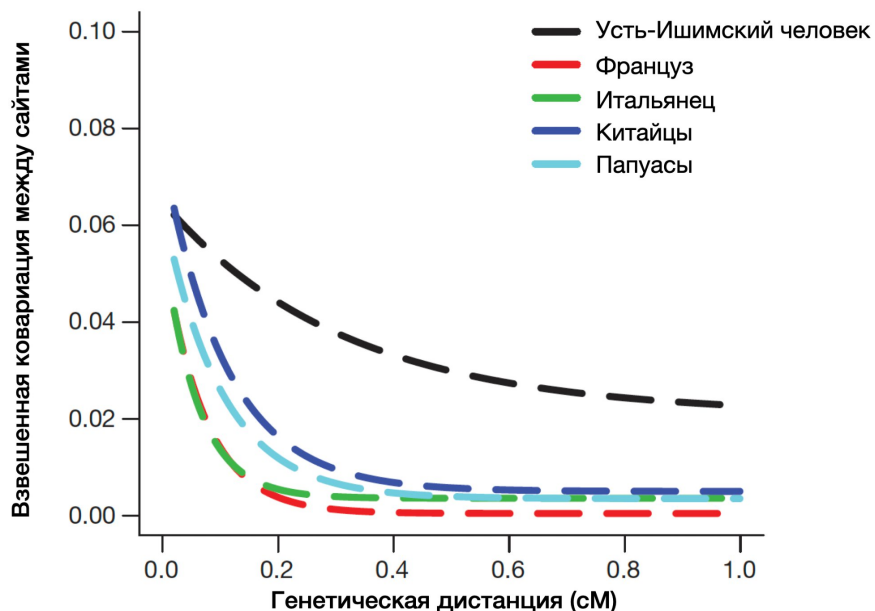
колоний на новые чашки (как показано на рисунке С). Затем реплики обрабатывают литическим бактериофагом и анализируют расположение выживших колоний. Схемы А и В иллюстрируют две основные гипотезы возникновения мутаций, обеспечивающих устойчивость к фагу. Укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).



- а) гипотеза на схеме А подразумевает ламарковский механизм эволюции;
- б) большее количество устойчивых колоний в среднем будет при реализации гипотезы В;
- в) гипотеза В подразумевает возникновение направленных мутаций в ответ на воздействие фагом;
- г) если бы была верна гипотеза В, то устойчивые к вирусу колонии появлялись бы на планшетах-репликах в разных местах;
- д) использование бархата при изготовлении планшетов-реплик необходимо для обеспечения случайного перемешивания бактериальных колоний на новой питательной среде.

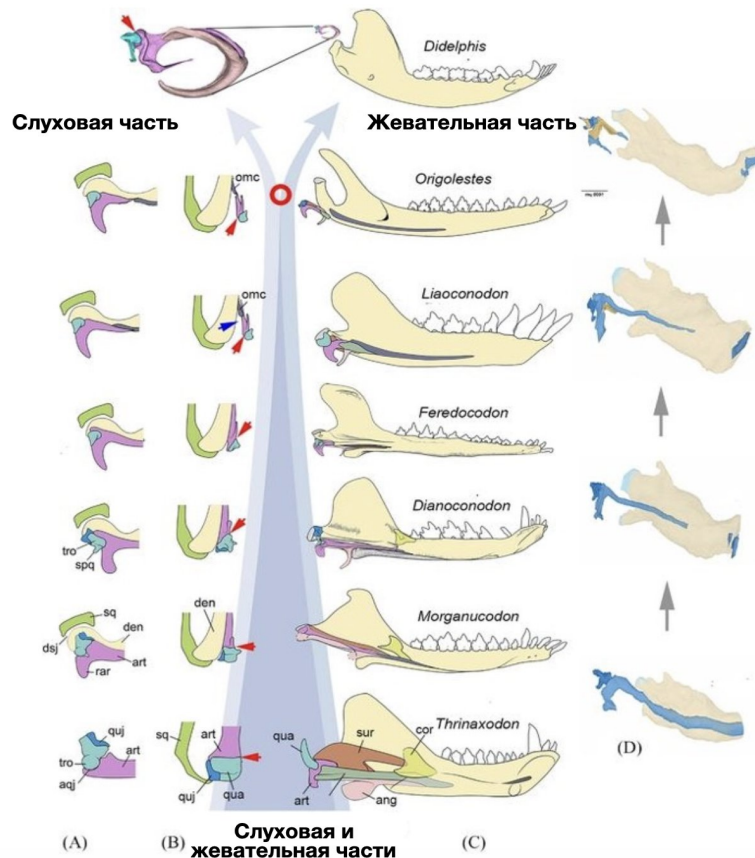
**12. В 2008 году на окраине села Усть-Ишим (Омская область) на берегу реки Иртыш была обнаружена бедренная кость человека. В 2014 году в журнале Nature международная группа ученых опубликовала статью, где был представлен секвенированный геном этого человека. На графике показана зависимость взвешенной ковариации между генетическими сайтами от генетического расстояния между ними для различных человеческих популяций. Взвешенная ковариация показывает,**

насколько часто два неандертальских аллеля вместе встречаются в геноме человека. Для расчета ковариации рассматривались позиции генома, где у африканских людей встречается предковый аллель, а у неандертальцев – производный (изменённый) аллель. Если у человека в двух позициях генома, расположенных на расстоянии  $d$ , одновременно встречаются неандертальские аллели, такие позиции считаются связанными, и ковариация между ними высокая. Если такие аллели встречаются независимо друг от друга, ковариация низкая. На графике каждая точка соответствует средней ковариации для множества пар позиций генома, сгруппированных по генетическому расстоянию между ними. Укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).



- чем сильнее уменьшается ковариация с ростом генетического расстояния, тем больше времени прошло с момента скрещивания популяций;
- средняя длина неандертальских фрагментов в геноме Усть-Ишимского человека больше, чем в геноме современных европейцев;
- генетическая рекомбинация приводит к постепенному уменьшению ковариации в геноме;
- основываясь на представленных на графике данных, можно утверждать, что у современных европейцев и китайцев отсутствуют следы метисации (скрещиваний) с неандертальцами;
- чем больше проходит поколений с момента метисации (скрещивания), тем больше взвешенная ковариация между сайтами в геноме.

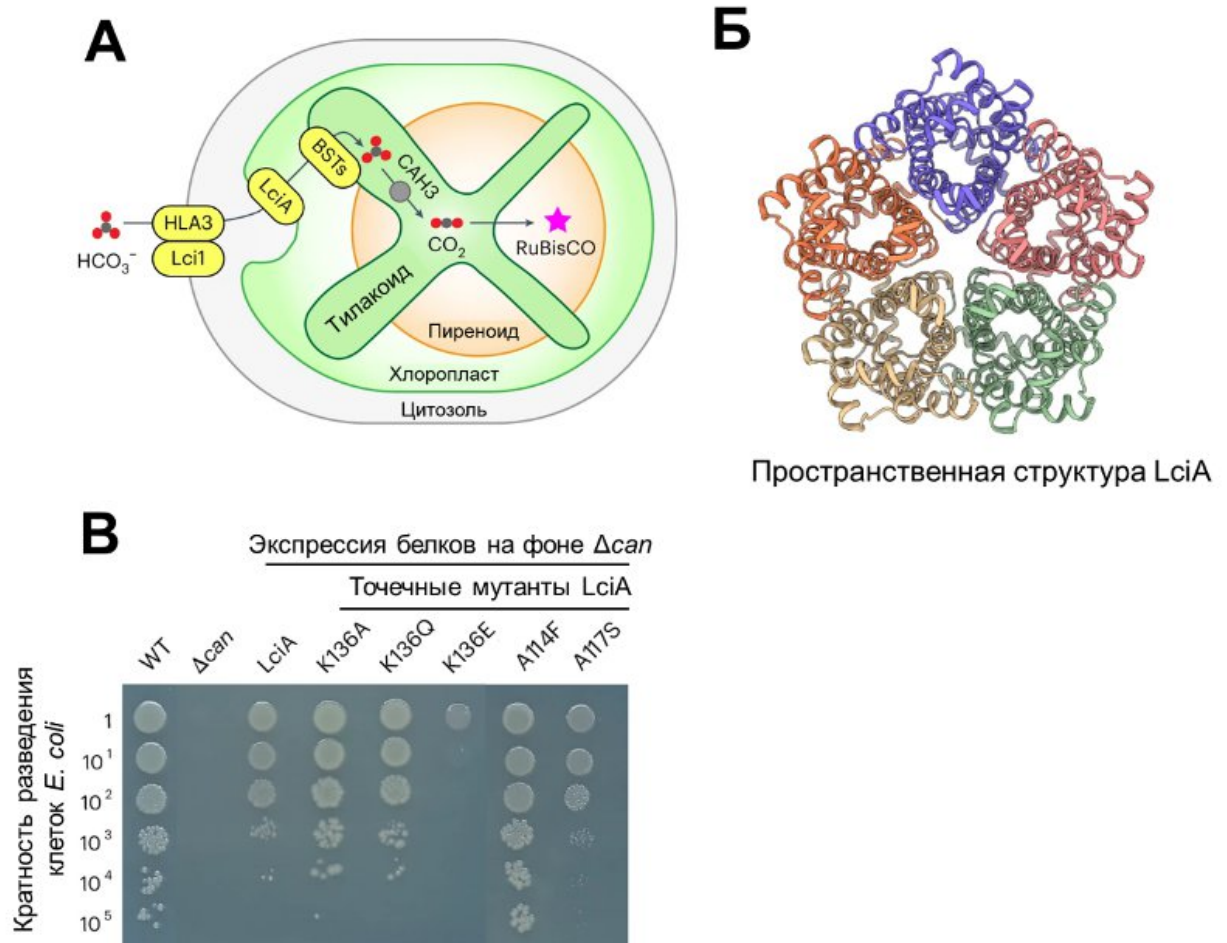
**13.** На схеме показана эволюция нижней челюсти и костей среднего уха у предков млекопитающих. (А, В) Показан первичный челюстной сустав, образованный сочленовной (розоватый цвет) и квадратной (светло-голубой) костями. Сустав изображён с язычной и вентральной сторон. Для упрощения на рисунках показана только сочленовная кость задней части зубного ряда. Красная стрелка указывает на нижнюю челюсть, а синяя — на соединение задних костей челюсти с зубным рядом. (С) Показаны лингвальные (внутренние) проекции нижних челюстей млекопитающих и их предков. На них видно положение первичного челюстного сустава и других нижнечелюстных костей относительно зубной кости. (D) Показаны различные стадии развития нижней челюсти и костей среднего уха у мыши. Стрелки на заднем плане иллюстрируют эволюционную тенденцию: от состояния близких родственников млекопитающих, где слуховая и жевательная части ещё связаны между собой, к состоянию млекопитающих, где эти части полностью разделены (обозначено красным кружком). Ang — угловая кость; aqj — сочленовно-квадратный сустав (первичный челюстной сустав); art — сочленовная кость; den — зубная кость; dsj — зубно-чешуйчатый сустав (вторичный челюстной сустав); qua — квадратная кость; quj — квадратноскуловая; sq — чешуйчатая кость; srp — стременистый отросток квадратной кости; sur — надугловая кость; tro — блок квадратной кости. Укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).



- а) у *Morganucodon* имеется две пары функционирующих суставов в нижней челюсти;
- б) эмбриональное развитие нижней челюсти и среднего уха мыши воспроизводит филогенетическое развитие;
- в) три кости первичной нижней челюсти вошли в состав среднего уха;
- г) у человека чешуйчатая кость входит в состав затылочной кости;
- д) у млекопитающих нижнечелюстная и височная кости формируют челюстной сустав.

**14. Увеличение продуктивности растений за счёт усовершенствования процесса фотосинтеза – популярная задача современной синтетической биологии. Известно, что во многих условиях C4-растения оказываются более продуктивны, чем C3-растения. Причина заключается в способности C4-растений концентрировать CO<sub>2</sub> вблизи места его фиксации и тем самым повышать эффективность катализа RuBisCO. Механизмы концентрирования CO<sub>2</sub> в хлоропластах активно используют многие водоросли. Так, у *Chlamydomonas reinhardtii* есть система концентрирования CO<sub>2</sub> в пиреноиде, основанная на транспорте иона бикарбоната через мембраны, осуществляемого последовательно с помощью переносчиков белков HLA, Lci1, LciA, BST (рисунок А). Лимитирующий этап процесса – это активность LciA, на чём сконцентрировали влияние исследователи. Методом криоэлектронной микроскопии была получена пространственная структура этого белка**

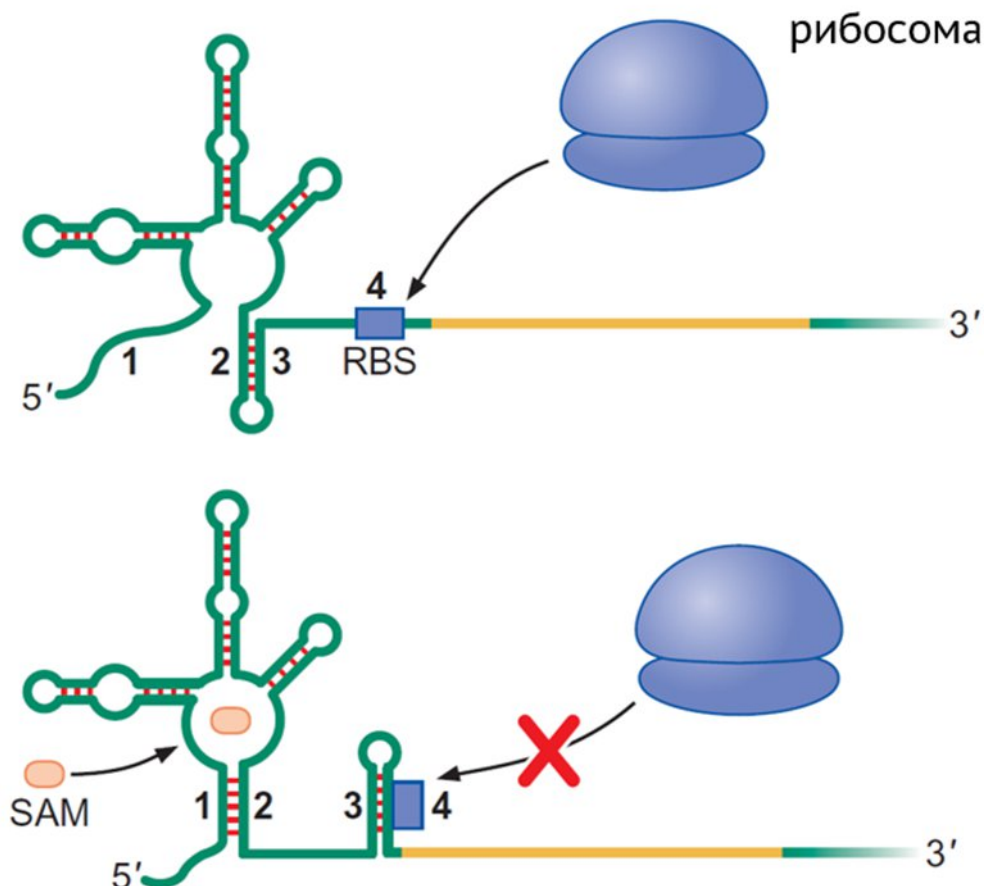
(рисунок Б). Функциональная активность белка была изучена в модельной системе на основе клеток *Escherichia coli*, у которых инактивирован ген карбоангидразы *can* (клетки  $\Delta can$ ). Эти клетки оказываются нежизнеспособны при нормальном уровне кислорода, поскольку в процессе обмена веществ накапливают высокие концентрации бикарбоната, которые несовместимы с жизнедеятельностью. В клетках мутантов  $\Delta can$  был экспрессирован белок LciA, а также его мутантные варианты, в которых определённые природные аминокислотные остатки заменены на другие. Жизнеспособность полученных клеток *E. coli* проверяли, высевая их на питательную среду с последовательным разведением в 10 раз: чем большее разведение переживут клетки, тем более они жизнеспособны. Результаты приведены на рисунке В, где в одинаковых условиях росли *E. coli* дикого типа (WT); мутанты  $\Delta can$ ; мутанты  $\Delta can$ , экспрессирующие природный LciA и точечные мутанты LciA (K136A, K136Q, K136E, A114F, A117S).



Укажите в Листе Ответов, является ли каждое из следующих утверждений Верным (В) или Неверным (Н).

- а) концентрирование  $\text{CO}_2$  около фермента RuBisCO повышает эффективность фотосинтеза, потому что увеличивает  $V_{\text{max}}$ ;
- б) LciA является трансмембранным пентамерным белком;
- в) LciA способен транспортировать ионы бикарбоната из клеток *E. coli*;
- г) Точечная мутация K136E ослабляет транспортную функцию LciA;
- д) Если с помощью генной инженерии встроить белок LciA с заменой A114F в оболочку хлоропласта высшего растения, то потенциально фотосинтетическая эффективность растения может повыситься.

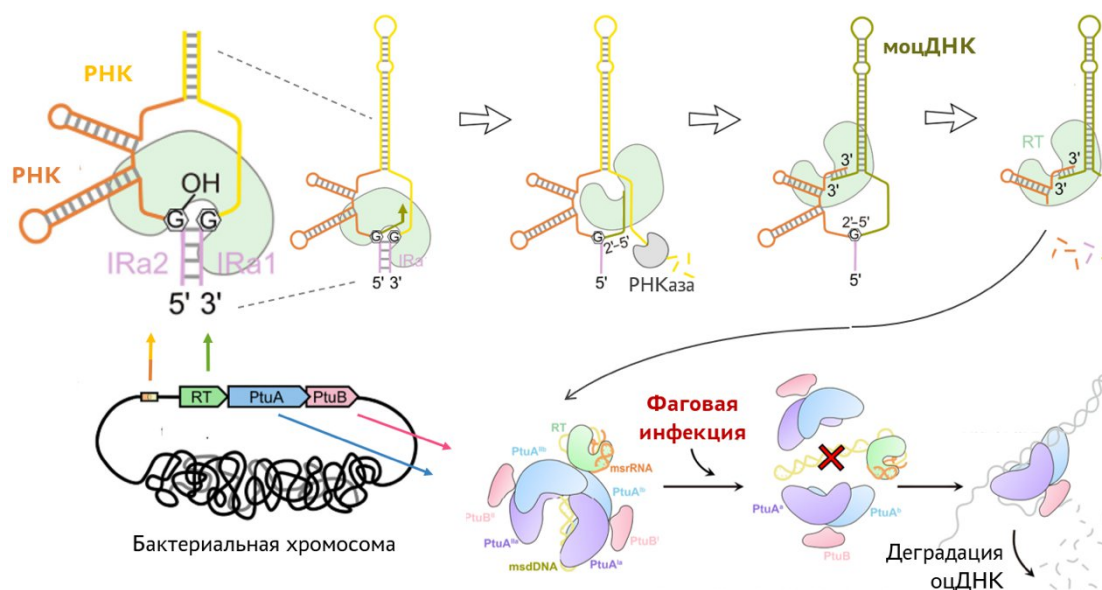
15. Показан фрагмент РНК, который может принимать разные пространственные структуры в зависимости от присутствия лиганда — S-аденозилметионина (SAM). Данный фрагмент РНК содержит сайт посадки рибосом (RBS). Проанализируйте схему и выберите верные (В) и неверные (Н) утверждения.



- а) вероятно, это фрагмент мРНК;
- б) вероятно, этот фрагмент закодирован на самом конце оперона, кодирующего ферменты синтеза SAM;

- в) для перехода между изображёнными пространственными структурами необходимы белки-хеликазы, расплетающие РНК;
- г) в случае если этот фрагмент РНК соответствует началу оперона, кодирующего ферменты синтеза SAM, оперон может регулироваться на уровне транскрипции;
- д) недостаток SAM в клетке приводит к замедлению трансляции показанного фрагмента РНК.

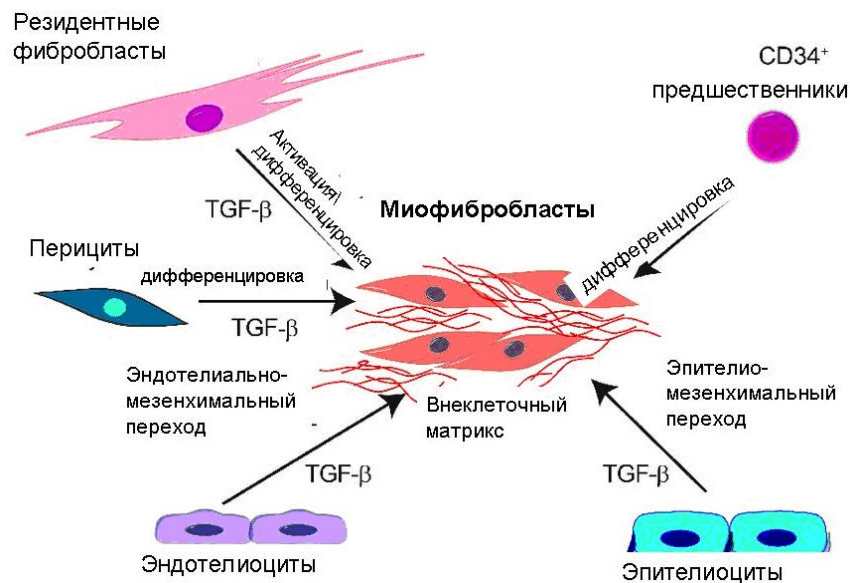
**16. Ретроны — бактериальные генетические элементы, выполняющие функцию защиты бактерий от фаговой инфекции. Они состоят из нескольких генов, кодирующих ретронную РНК, обратную транскриптазу (RT) и белки PtuA и PtuB. Ретронная РНК способна обратно транскрибироваться с образованием так называемой мультикопийной одноцепочечной ДНК (моцДНК). Обратная транскрипция начинается при участии 2'-ОН гуанозина в составе этой РНК (показано крупно на схеме). В свободной форме белки PtuA и PtuB неспецифически расщепляют одноцепочечную ДНК (оцДНК). Продукт обратной транскрипции, включающий фрагмент РНК и моцДНК, служит основой для сборки неактивного комплекса, в составе которого находятся PtuA и PtuB. Фаговая инфекция приводит к разборке комплекса. Выберите верные (В) и неверные (Н) утверждения:**



- а) мутации в гене RT приводят к снижению выживаемости бактерий в отсутствие фаговой инфекции;
- б) мутации в гене ретронной РНК, приводящие к нарушению комплементарной связи участков IRa1-IRa2, приводят к снижению выживаемости бактерий в отсутствие фаговой инфекции;

- в) мутации в гене *PtuA*, приводящие к нарушению связывания оцДНК, приводят к снижению выживаемости бактерий в отсутствие фаговой инфекции;
- г) мутации в гене *PtuV*, приводящие к нарушению сборки эффекторного комплекса, приводят к снижению выживаемости бактерий в отсутствие фаговой инфекции;
- д) благодаря явлению горизонтального переноса генов и давлению естественного отбора, гены ретронов располагаются в геномах поблизости друг от друга.

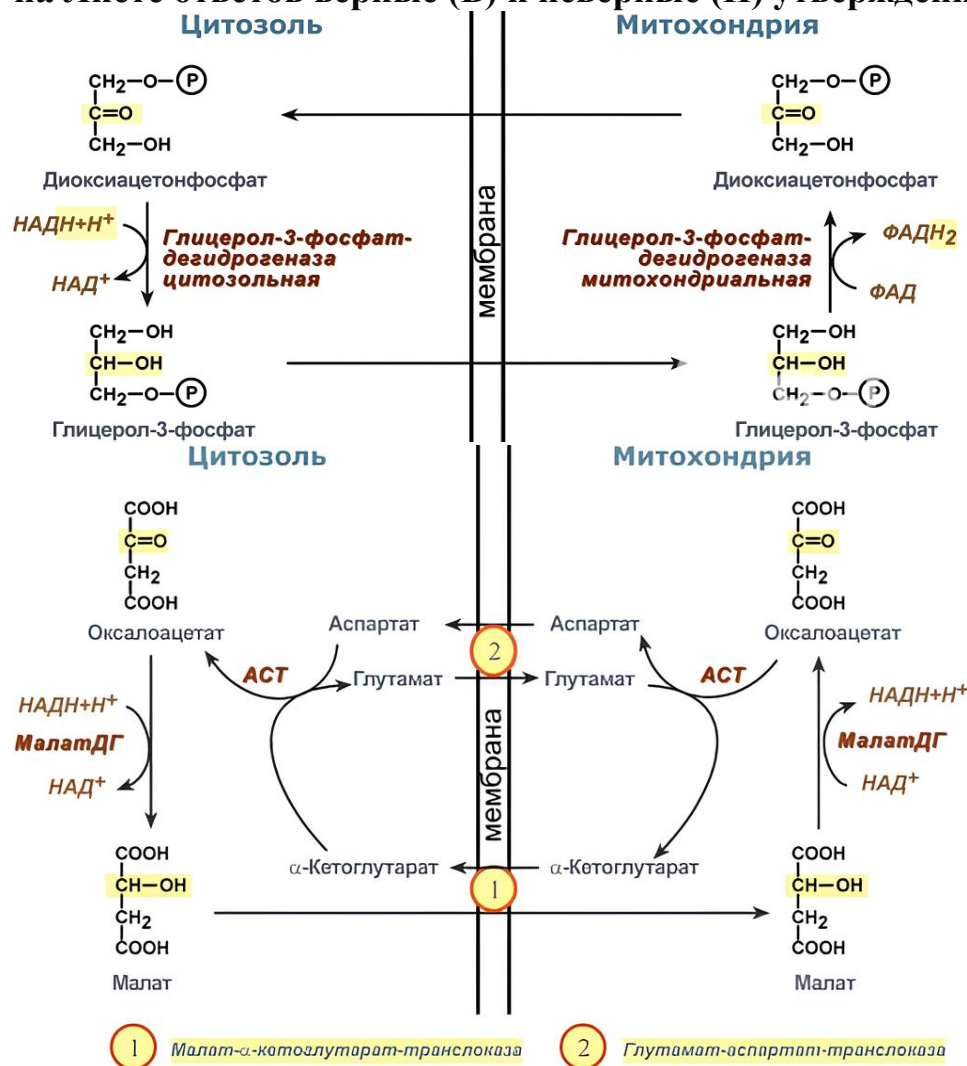
**17. Миофибробласты – основные клеточные элементы в процессе фиброзирования тканей. Они могут происходить из разных источников. Рассмотрите представленную схему и выберите верные (В) и неверные (Н) утверждения:**



- а) клетки, обладающие полярностью, не могут выступать в роли источников миофибробластов;
- б) миофибробласты можно получить из  $CD34^+$ -предшественников через эпителио-мезенхимальный переход;
- в) резидентные фибробласты должны быть активированы для перехода в миофибробласты;
- г) для дифференцировки в миофибробласты перициты нуждаются в трансформирующем факторе роста альфа;
- д) источниками миофибробластов могут служить клетки разной степени зрелости.

**18. Перед вами схемы челночных транспортных механизмов: глицеролфосфатного и малат-аспартатного. АСТ –**

аспартатаминотрансфераза, МалатДГ – малатдегидрогеназа. Выберите на Листе ответов верные (В) и неверные (Н) утверждения.



- более энергетически выгодным является малат-аспартатный челнок;
- митохондриальная аспартатаминотрансфераза переносит аминогруппу с глутаминовой кислоты на аспарагиновую кислоту;
- цитозольная аспартатаминотрансфераза переносит аминогруппу с аспарагиновой кислоты на α-кетоглутаровую;
- глицерол-3-фосфат переносится через внутреннюю мембрану митохондрии с помощью пассивного транспорта;
- НАДН, в отличие от ФАДН<sub>2</sub>, не может быть транспортирован из цитозоля в матрикс митохондрии.

19. Перед вами схема MAP-киназного сигнального пути, который можно сравнить с «эстафетой фосфорилирования». Обозначения:

Shc (Src (homology 2 domain containing) transforming protein 1) – белок семейства src-киназ;

**Grb-2 (growth factor receptor bound protein) – белок, связывающийся с рецептором фактора роста**

**Ras – белок из семейства ГТФ-аз;**

**GAP (GTPase activating factor) – белок, активирующий ГТФ-азную активность белка Ras;**

**GEF (GTF exchange factor) – белок, ускоряющий диссоциацию комплекса Ras-ГДФ;**

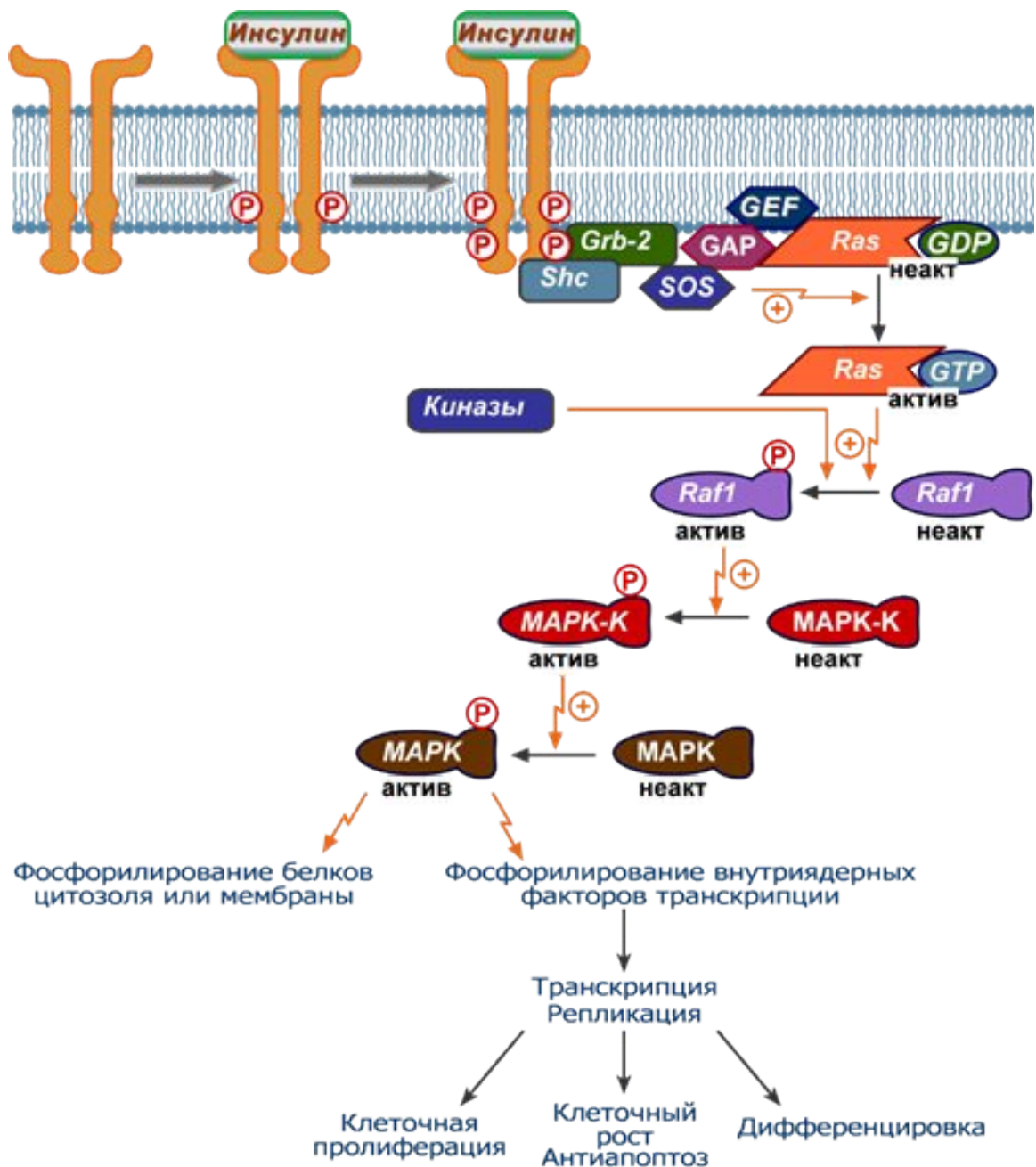
**SOS (son of sevenless) – белок, участвующий в обмене ГДФ на ГТФ;**

**Raf1 – белок, относящийся к семейству серин-треониновых протеинкиназ;**

**МАРК (mitogen-activated protein kinase) – митоген-активируемая протеинкиназа;**

**МАРК-К (mitogen-activated protein kinase kinase) – киназа митоген-активируемой киназы.**

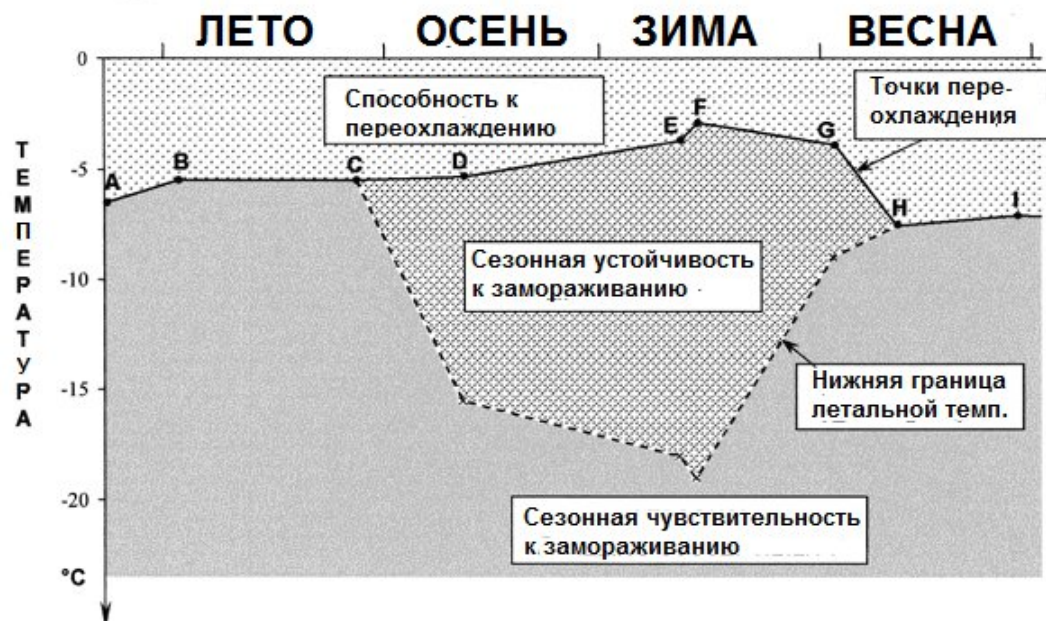
**Рассмотрите схему сигнального пути и выберите на Листе ответов верные (В) и неверные (Н) утверждения.**



- а) инсулиновый рецептор обладает киназной активностью;
- б) Ras-GTP является неактивной формой белка Ras;
- в) киназа MAPK-K напрямую фосфорилирует белок MAPK;
- г) активация этого сигнального пути предотвращает клеточную гибель;
- д) для активации сигнального пути белок Raf1 должен быть дефосфорилирован.

20. Известно, что многие животные, в частности, насекомые и их личинки, могут переносить низкие температуры в зимний период, сохраняя жизнеспособность. Есть две основные стратегии выживания в зимний период: способность переносить переохлаждение и устойчивость

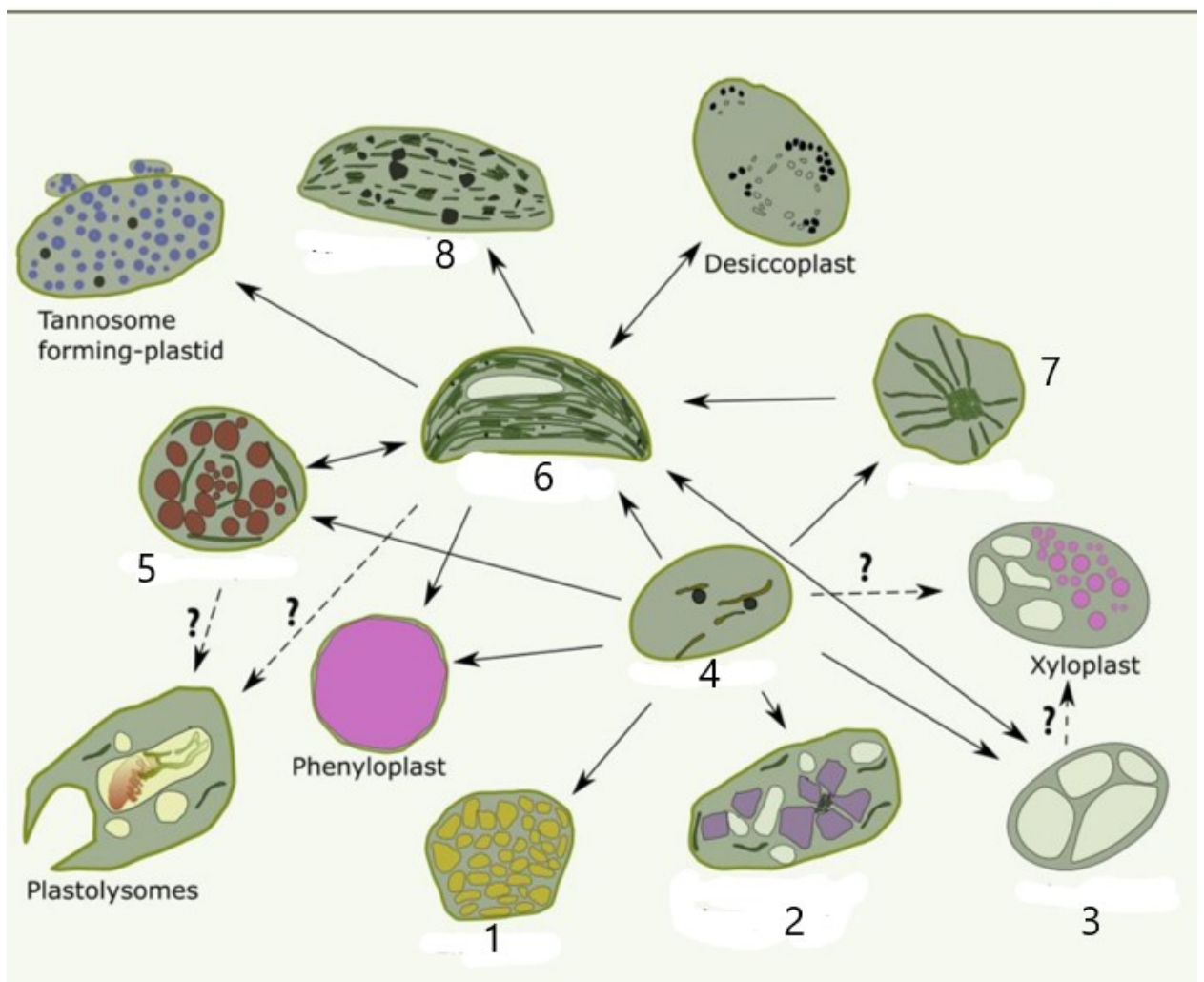
к замораживанию. В первом случае, при переохлаждении даже при очень низких температурах в теле животного не происходит образования льда и все жидкости находятся в переохлажденном состоянии. Такая способность обеспечивается как накоплением низкомолекулярных антифризов (трегалоза, глицерин, сорбитол и др.), так и синтезом специальных высокоэффективных белков-антифризов. У устойчивых к замораживанию животных, наоборот, наблюдается синтез специфических белков – центров кристаллизации льда. При этом образуются мелкие кристаллы льда, которые растут медленно и не повреждают клеточные мембраны. Лед образуется только в межклеточной жидкости, цитоплазма клеток остаётся жидкой за счет высокой концентрации в ней антифризов. На рисунке ниже показаны сезонные адаптации личинок жука-отшельника *Osmoderma eremita* S. (Coleoptera: Cetoniidae) к низким температурам. Ось X – времена года (лето, осень, зима, весна). Ось Y – температуры °C. Личинки зимуют в древесине, охлаждающейся до температуры окружающего воздуха. Внимательно рассмотрите приведенный рисунок и ответьте, являются ли следующие утверждения верными или неверными. Внимательно рассмотрите приведенную картинку и ответьте, являются ли следующие утверждения верными (В) или неверными (Н).



- антифризы присутствуют в гемолимфе личинок жука в течение всего года;
- концентрация антифризов в зимние месяцы меньше, чем весной и летом;
- синтез белков – центров кристаллизации льда начинается в конце лета и продолжается до начала весны;
- белки – центры кристаллизации – льда сдвигают точку замерзания примерно на 5 °C сторону более высоких температур;
- жуки *Osmoderma eremita* не обитают в тех регионах, где температура зимой опускается ниже -20°C.

**Часть 4.** Вам предлагаются тестовые задания, требующие установления соответствия. Максимальное количество баллов, которое можно набрать 41 балл. Заполните матрицы ответов в соответствии с требованиями заданий.

1. [4 балла] Пластиды — это органеллы, присутствующие у всех высших растений, включая паразитические виды. Пластиды растений можно разделить на зеленые и незеленые типы, причем последние встречаются в корнях, семенах, клубнях и некоторых плодах. Рассмотрите рисунок (Renna L. et al, 2026, *Journal of Experimental Botany*, V. 77, I. 1, P. 63–85) и выберите для пластид, обозначенных цифрами на рисунке, предлагаемые описания (А – 3).

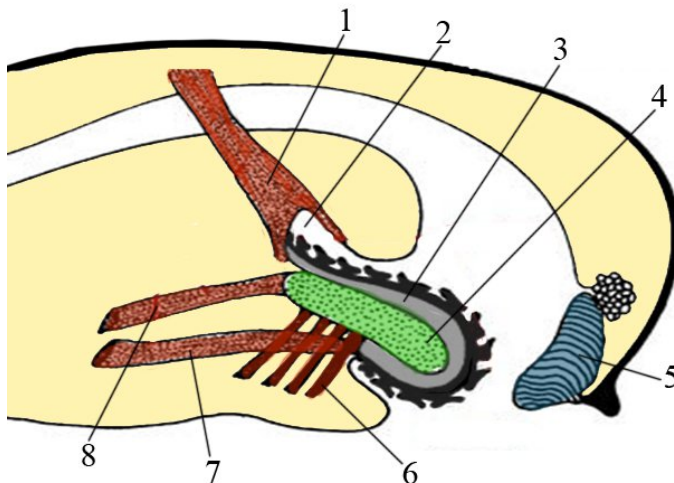


*Описания:*

А) Окрашенные пластиды, содержащие каротиноиды, играющие решающую роль в экологических механизмах, таких как привлечение опылителей или отпугивание травоядных. Их можно найти в плодах, цветках, листьях и корнях. Они могут образовываться как из зеленых, так и незеленых пластид, но могут и реверсировать обратно в зеленые пластиды;

- Б) Неокрашенные пластиды, которые специализируются на синтезе и хранении крахмала; они обычно содержат крупные крахмальные зерна. В клетках корневого чехлика функционируют как «статолиды»;
- В) Недифференцированные незеленые пластиды, их внутренние мембраны обычно не содержат хлорофилла. Идентифицировано два основных типа - зародышевые и клубеньковые. Зародышевые обнаруживаются в развивающихся меристемах, делящихся зонах, репродуктивных тканях и недифференцированных тканях (например, культурах клеток и каллусах). Клубеньковые играют жизненно важную роль в фиксации азота;
- Г) Переходные пластиды, развиваются в лишенных света фотосинтезирующих тканях. Они содержат проламеллярные тела, характерны для этиолированных побегов, выращенных в темноте, но не для других тканей, лишенных света, таких как корни;
- Д) Фотосинтетически активные, наиболее изученные и лучше всего описанные пластиды, расположенные в основном в клетках листьев или зеленых стеблях. Большинство из них находятся в клетках мезофилла, хлоренхимных тканях, замыкающих клетках или клетках зародыша;
- Е) Неокрашенные пластиды, приспособленные для синтеза и хранения масел и производящие специфические жирные кислоты;
- Ж) Развиваются из зеленых пластид в процессе старения. Считается, что они регулируют разрушение фотосинтетического аппарата и вмещающих его мембран путем формирования и накопления пластоглобул, содержащих продукты деградации тилакоидных мембран. В них тилакоиды остаются упакованными в граны и не исчезают во времени;
- З) Неокрашенные пластиды, участвуют в синтезе и хранении белка. Они накапливают крупные белковые структуры, часто сферические или кристаллоподобные, окруженные мембраной.

2. [4 балла]. Соотнесите обозначения на рисунке (1-8) с названиями структур (А-З).

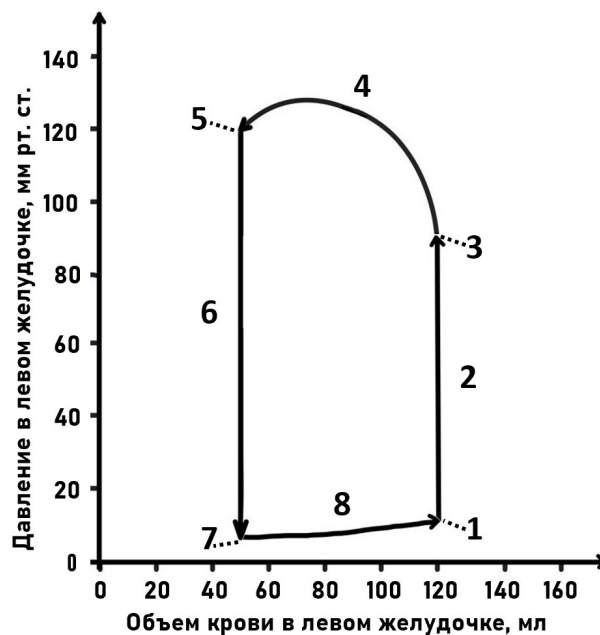


Названия структур:

- А) Радулярная лента;
- Б) Челюстная пластинка;
- В) Одонотофор (язык);
- Г) Ретрактор одонтофора;
- Д) Протрактор одонтофора;
- Е) Ретрактор радулы;
- Ж) Протрактор радулы;
- З) Радулярный мешок.

3. [4 балла]. Установите соответствие между участками графика «Изменение давления и объема крови в левом желудочке» (1-8) и характеристиками событий сердечного цикла (А-М). Для каждого участка графика выберите только одну, наиболее подходящую, букву из списка.

График:

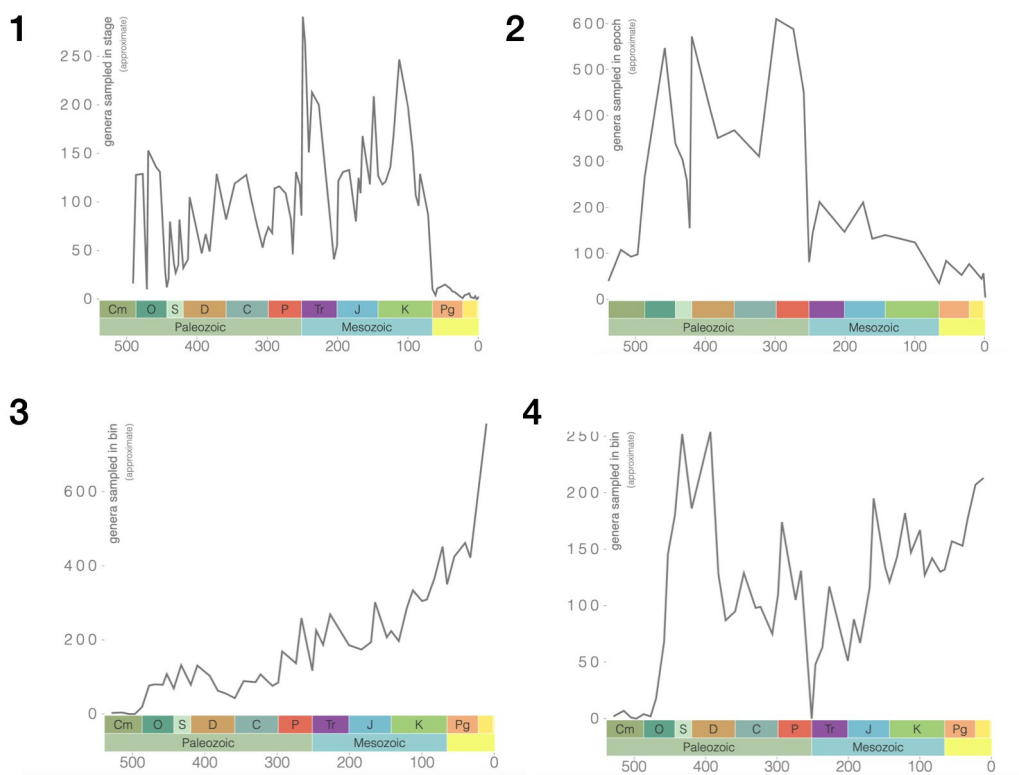


Характеристики событий сердечного цикла:

- А) Фаза изоволюмического расслабления желудочков;
- Б) Закрытие трехстворчатого клапана;
- В) Реполаризация желудочков;
- Г) Давление в левом желудочке начинает превышать давление в аорте;
- Д) Обуславливает появление дикротического зубца;
- Е) Объем крови в левом желудочке достигает конечного диастолического объема;
- Ж) Фаза имеет наименьшую длительность;
- З) Открытие двустворчатого клапана;

- И) Объем крови в левом желудочке в 5-6 раз выше, чем в правом;
- К) Фаза заканчивается закрытием митрального клапана;
- Л) Фаза изгнания крови из желудочка в аорту;
- М) Деполяризация предсердий.

**4. [4 балла] На графиках показано изменение количества родов в фанерозое для некоторых таксонов (1–4).**



*Таксон:*

- А) Головоногие моллюски (Cephalopoda);
- Б) Двустворчатые моллюски (Bivalvia);
- В) Млекопитающие (Mammalia);
- Г) Птицы (Aves);
- Д) Коралловые полипы (Anthozoa);
- Е) Брахиоподы (Brachiopoda).

**5. [5 баллов] Глобальные массовые вымирания, по-видимому, обуславливаются сложным комплексом как биотических, так и абиотических причин. Однако в отношении пяти великих вымираний принято выделять несколько наиболее значимых причин и триггеров, их запустивших. Сопоставьте причины (А-Д) массовых вымираний с их названиями (1-5).**

*Вымирания:*

1. Ордовикско-силурийское;
2. Девонское (познедевонское);
3. Пермское;
4. Позднетриасовое;
5. Мел-палеогеновое .

*Причины:*

А) Глобальное похолодание, вызванное формированием новой зоны субдукции, с последующим формированием новой горной системы (Аппалачи);

Б) Сильное закисление океанов в результате массового извержения вулканов на территории Сибири (Сибирские траппы);

В) Падение Чиксулубского метеорита с последующим подъемом в атмосферу огромного количества пыли. Массовые извержения вулканов в Индии (Деканские траппы). Прогрессивное развитие цветковых растений и млекопитающих;

Г) Раскол Пангеи на Лавразию и Гондвану в результате формирования новой рифтовой зоны. Извержение вулканов по месту раскола Пангеи с последующим закислением моря. Формирование будущего Атлантического океана;

Д) Эвтрофикация водоёмов при увеличенном стоке минеральных веществ с материков, вызванная бурным развитием наземных сосудистых растений. Формирование заморных (бескислородных) зон в шельфовых морях.

**6. [5 баллов] Встречающиеся в живых организмах гидрофобные соединения имеют самую разнообразную химическую природу. Отнесите названные вещества (1–10) к одной из указанных групп органических соединений (А–Г):**

*Вещества*

- 1) ганглиозид;
- 2) кардиолипид;
- 3) кортизол;
- 4) пластохинон;
- 5) пчелиный воск;

*Группа соединений*

- А) лицерофосфолипиды;
  - Б) соединения изопреноидной природы;
  - В) нейтральные жиры;
  - Г) сфинголипиды.
-

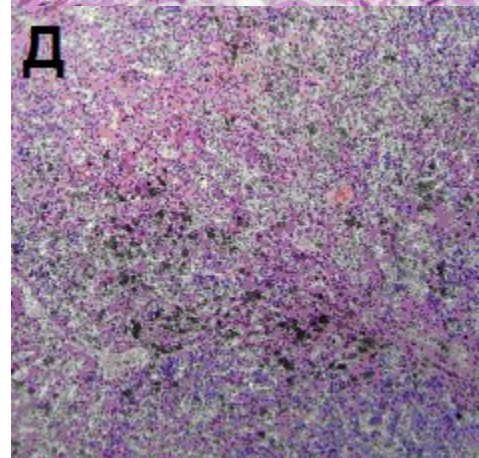
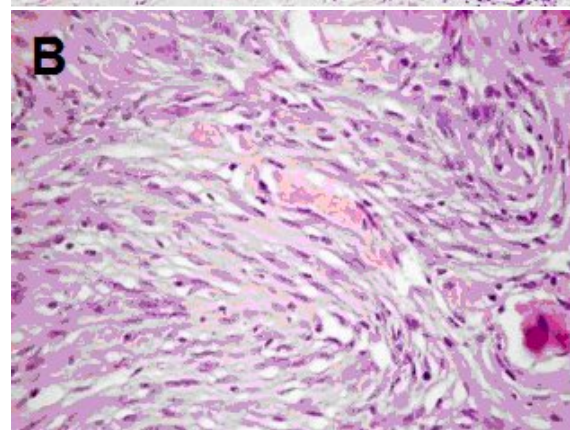
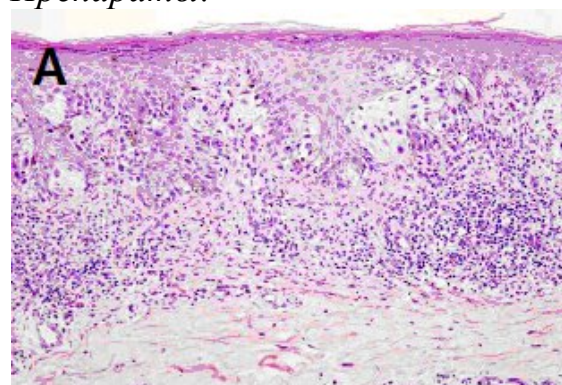
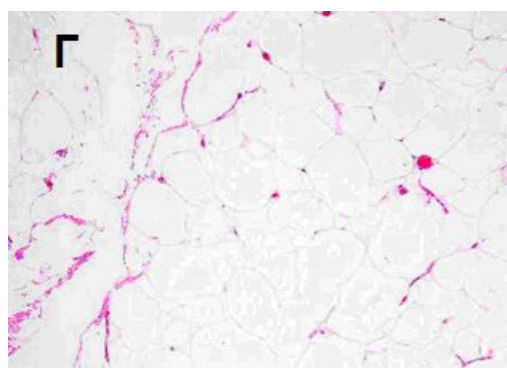
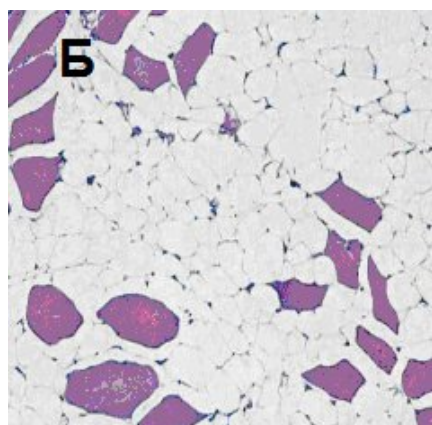
- 6) убихинон;
- 7) фосфатидилинозитолбисфосфат;
- 8) фосфатидная кислота;
- 9) холевая кислота;
- 10) керамид.

7. [2,5 балла] Установите соответствие между опухолью человека (1–5) и ее гистологическим препаратом (А–Д).

*Опухоль:*

- 1) липома;
- 2) внутримышечная липома;
- 3) меланома в коже;
- 4) метастазы меланомы в печени;
- 5) менингиома.

*Препараты:*



**8. [3 балла] Для правильной работы трансгена важно подобрать адекватный тканеспецифический промотор. Соотнесите типы клеток, в которых должен работать трансген (1–6), и промоторы подходящих генов, кодирующих белки (А–Е).**

*Тип клеток:*

- 1) гепатоциты;
- 2) Т-лимфоциты;
- 3) альвеолоциты молочной железы;
- 4) миоциты (поперечнополосатые);
- 5) нейроны;
- 6) панкреоциты.

*Промотор гена:*

- А) креатинкиназы;
- Б) эластазы;
- В) CD4;
- Г) сывороточного альбумина;
- Д) нейрональной енолазы;
- Е) бета-лактоглобулина.

**9. [3 балла] Установите соответствие между белками человека (1–6) и заболеваниями, вызванными нарушениями их функции (А–Е).**

**Белок:**

- 1) красный иодопсин колбочек;
- 2) фактор свертывания крови VIII;
- 3) транскрипционный фактор TP53;
- 4) хлорный канал CFTR;
- 5) белок межклеточного матрикса фибриллин;
- 6) общая гамма-цепь цитокиновых рецепторов.






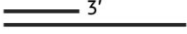


**Заболевание:**

- А) синдром Марфана (арахнодактилия);
- Б) синдром Ли-Фраумени (множественные опухоли);
- В) гемофилия;
- Г) тяжелый комбинированный иммунодефицит;
- Д) дальтонизм;
- Е) муковисцидоз (кистозный фиброз).

**10. [2,5 балла] Установите соответствие между белком саркомера (А-Д) и его функцией (1-5). Для каждой цифры в списке выберите только один, наиболее подходящий белок.**

<i>Функция</i>	<i>Белок</i>
1) связывает кальций и делает доступными сайты связывания миозина на актине;	А) титин;
2) фибриллярный белок, препятствующий связыванию актина с миозином в покое;	Б) альфа-актинин;
3) стабилизирует саркомер, влияет на чувствительность к кальцию, самый крупный белок саркомера;	В) тропомиозин;
4) является эластичным каркасом, способствует поддержанию саркомера;	Г) небулин;
5) формирует Z-диск.	Д) тропонин;

**11. [4 балла] На схеме показаны различные структуры нуклеиновых кислот, которые выступают субстратом для реакций, катализируемых различными ферментами. Обозначения: двуцепочечные или одноцепочечные фрагменты ДНК – черные линии, РНК – красные линии, гибридные двойные цепочки (ДНК-РНК) обозначены двумя цветами. Где это важно, отмечены 5'- и 3'-концы. Сопоставьте структуры из нуклеиновых кислот (А–З) и ферменты (1–8). Если фермент специфичен к определенной последовательности нуклеотидов, считайте, что она присутствует в изображенной структуре.**

А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З	<i>Фермент:</i>
								1. Рибонуклеаза H; 2. ДНК-полимераза I <i>E.coli</i> ; 3. 30S-субъединица рибосомы; 4. Бактериальная праймаза; 5. Бактериальная РНК-полимераза;
								6. Комплекс теломераза-теломеразная РНК; 7. Эндонуклеаза Dicer системы РНК-интерференции; 8. Комплекс белков рекомбинации человека BRCA2/RAD51.

### Часть 5. Расчётные задачи и «неформатные» задания.

Вам предлагаются расчетные задачи в формате Международной биологической олимпиады. В условиях задач содержатся все данные, которые наряду с базовыми знаниями будут необходимы и достаточны для установления верного ответа. Максимальное количество баллов, которое можно набрать – 19 баллов .

1. [3 балла]. Черная и рыжая окраска у котов наследуется как X-сцепленный кодоминантный признак, гетерозиготные самки с чернорыжими пятнами называются черепаховыми или ситцевыми, в зависимости от размера пятен. Вы приехали на небольшой остров и насчитали 24 рыжих, 14 черных и 12 черепаховых котов и кошек. К сожалению, Вы не могли точно определить их пол, поэтому предположили, что самцов и самок поровну, а частоты аллелей подчиняются закону Харди-Вайнберга. Найдите частоту аллеля рыжей окраски, укажите ее в виде доли единицы.

Ответ:

2. [5 баллов] Гены *A* и *B* расположены друг от друга на расстоянии 20 сантиморганид. Существуют рецессивные мутации *a* и *b*, приводящие к потере функции генов *A* и *B* соответственно. Скрестив гомозиготу *aabb* с особью дикого типа *AABB*, получили дигетерозиготу *AaBb*.

2.1 Какая часть потомков этой дигетерозиготы будет дикого типа в анализирующем скрещивании? (1 балл)

2.2 Какая часть потомков этой дигетерозиготы будет дикого типа в скрещивании с другой точно такой же дигетерозиготой? (2 балла)

2.3 Какая часть потомков этой дигетерозиготы будет дикого типа в скрещивании с другой дигетерозиготой, у которой гены лежат в противоположной ориентации? (2 балла)

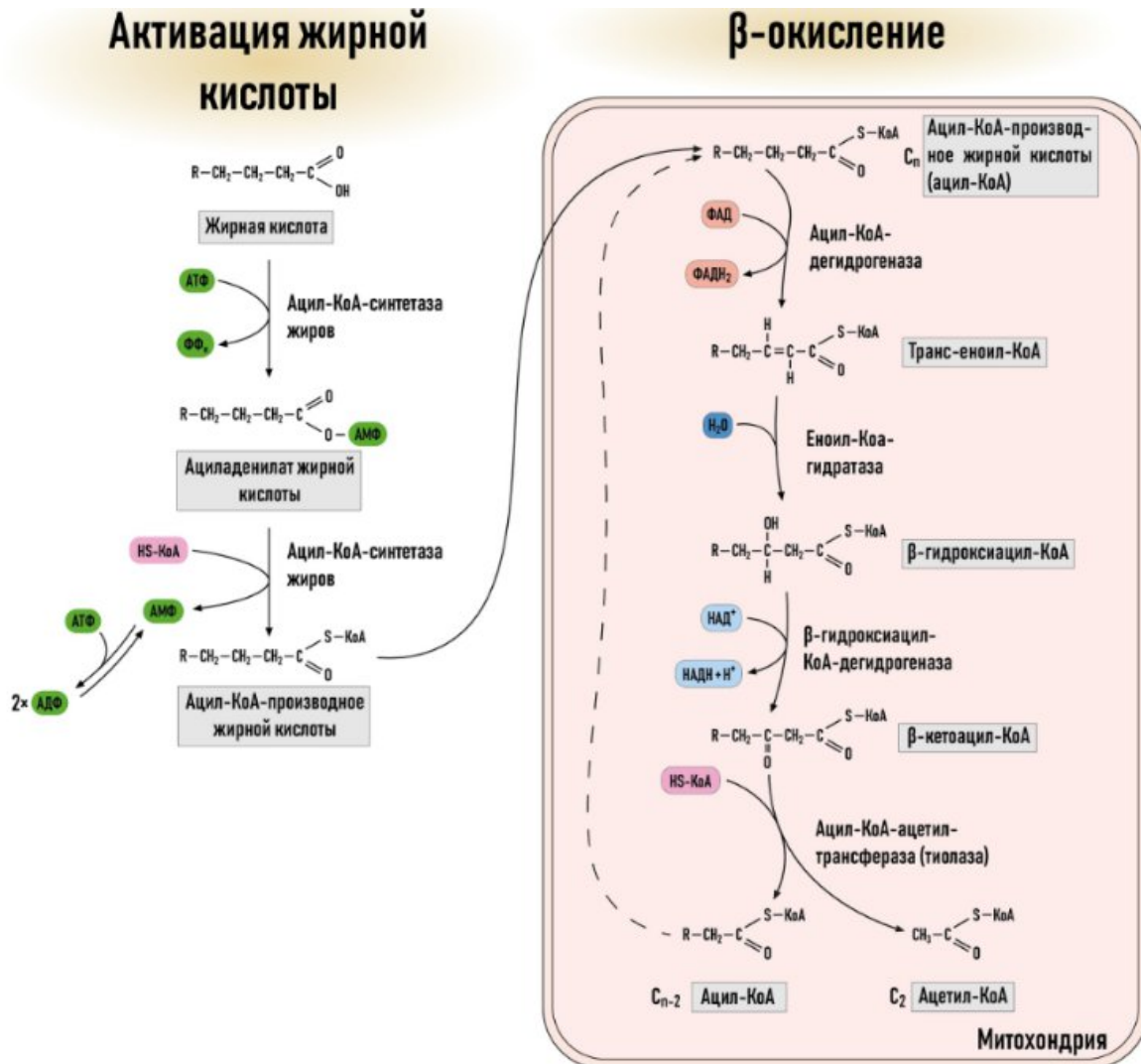
Все ответы дайте в процентах.

3. [3 балла] В капиллярах кожи человека в состоянии покоя фильтрация и реабсорбция уравнивают друг друга. Гидростатическое давление тканевой жидкости – 1 мм рт. ст., онкотическое давление плазмы крови – 25 мм рт. ст., онкотическое давление тканевой жидкости – 10 мм рт. ст. Чему равно гидростатическое давление плазмы крови в капилляре кожи?

Ответ запишите в виде целого числа.

Ответ:

4. [4 балла] Основными путями образования ацетил-КоА в клетках являются окислительное декарбоксилирование пирувата (пировиноградной кислоты), который образуется из глюкозы в процессе гликолиза, и бета-окисление жирных кислот. Далее ацетил-КоА вступает в цикл трикарбоновых кислот, где его углеродный скелет полностью окисляется до  $\text{CO}_2$ .



Рассчитайте, сколько молекул АТФ может получить клетка при полном окислении:

4.1 трех молекул глюкозы ( $\text{C}_6$ );

4.2 одной молекулы стеариновой жирной кислоты ( $\text{C}_{18}$ ).

5. [4 балла] Семена масличного растения Рыжик посевной (*Camelina sativa* (L.) Crantz, Brassicaceae) содержат значительное количество жирных кислот и используются для получения рыжикового масла и биотоплива. Массовая доля пальмитиновой ( $C_{16}H_{32}O_2$ ) и стеариновой ( $C_{18}H_{36}O_2$ ) кислот в семенах растения составляет 2,56% и 1,42% соответственно. Рассчитайте, сколько моль НАДН получится в глиоксисомах при полном  $\beta$ -окислении этих жирных кислот и сколько моль сахарозы получат проростки Рыжика посевного при полной конверсии этих жирных кислот в углеводы, учитывая, что вес семян – 100 грамм. Количество моль НАДН укажите с точностью 2-го знака, а количество моль сахарозы – до 4-го знака. Атомные массы С – 12, Н – 1, О – 16.

Ответ:

\_\_\_\_\_ моль НАДН

\_\_\_\_\_ моль сахарозы