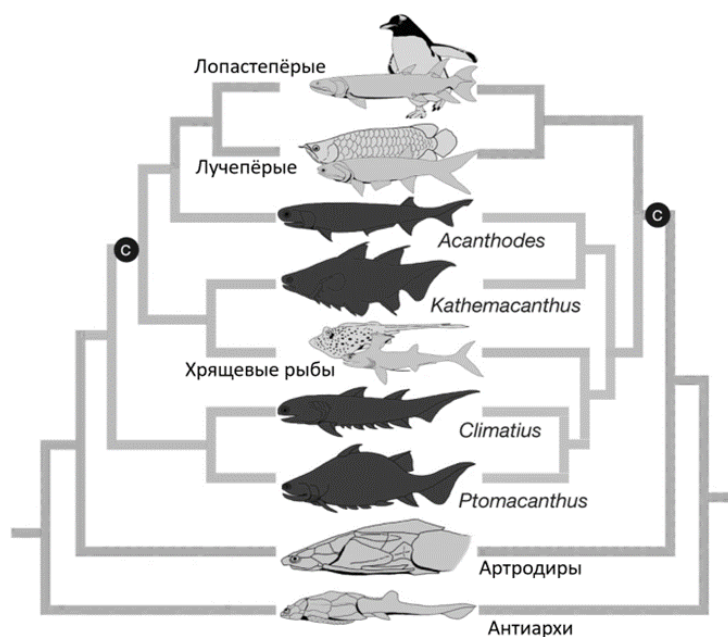


Часть I. Тестовые задания с несколькими правильными ответами (42 балла)

1. Современная систематика основывается на представлениях о родственных связях организмов, которые можно изобразить в виде филогенетических деревьев. Таксоном (единицей в систематике) может быть только монофилетическая группа, то есть такая, которая объединяет всех потомков общего предка (фактически, это одна ветвь дерева целиком). Перед вами два гипотетических варианта дерева челюстноротых позвоночных животных. Отмечены две группы панцирных рыб (антиархи и артродиры), четыре представителя рыб-акантод (*Acanthodes*, *Kathemacanthus*, *Climatius*, *Ptomacanthus*, их рисунки выделены чёрным), хрящевые рыбы, лучепёрые рыбы (к ним относится большинство костных рыб) и лопастепёрые (некоторые костные рыбы, а также все амфибии, рептилии, птицы и млекопитающие). Выберите утверждения, которые следуют из представленных данных.



А. Названия полностью вымерших таксонов написаны на дереве справа, а названия таксонов с современными представителями – слева;

Верно. Перечисленные справа таксоны не содержат ныне живущих представителей.

Б. Акантоды не являются монофилетической группой ни на одном из двух деревьев;

Верно. На левом дереве монофилетической группой была бы группа, включающая кроме акантод еще и хрящевая рыб, а также лопастеперых (в широком смысле) и лучеперых рыб. На правом дереве монофилетической была бы группа, включающая кроме акантод еще и хрящевых рыб.

В. Из представленных групп ближайшими родственниками артродир являются антиархи;

Неверно. Антиархи – это внешняя группа на обоих деревьях. Сестринской группой для артродир является на обоих деревьях группа, включающая всех остальных перечисленных животных, кроме антиарх.

Г. Все рыбы в их классическом понимании (включая акантод, панцирных, хрящевых и костных, исключая амфибий, рептилий, птиц и млекопитающих) составляют таксон;

Неверно. Указанная группа не является монофилетической, а потому не может считаться таксоном.

Д. Согласно обеим гипотезам, лучепёрые и лопастепёрые приходятся друг другу ближайшими родственниками;

Верно. Эти группы на обоих деревьях являются сестринскими.

Е. Ближайшим родственником хрящевых рыб является представитель акантод.

Верно. На левом дереве это представитель *Kathemacanthus*, а на правом – представитель таксона *Climatius+Ptomacanthus*. Эти таксоны, согласно условию, относятся к акантодам.

2. Муха цеце (*Glossina*) – живородящее насекомое, представитель так называемых куклородных мух. Самка вынашивает личинок вплоть до их полного созревания, а после рождения они попадают в почву, где окукливаются, не получая дополнительного питания. За свою жизнь самка рождает 8-10 личинок. Взрослая муха, вышедшая из куколки, питается кровью крупных млекопитающих, в первую очередь различных полорогих, бородавочников, кистеухих свиней. В кишечнике цеце живёт бактерия *Wigglesworthia glossinidia*, синтезирующая необходимые мухе витамины группы В, которые насекомое не может получать из крови. С кровью цеце переносит трипаносом – возбудителей сонной болезни и других опасных заболеваний. Выберите верные утверждения.

А. Как и большинство насекомых, муха цеце – r-стратег;

Неверно. Муха цеце оставляет относительно немногочисленное потомство, так как тратит много ресурсов для его содержания (на развитие до стадии куколки). Это признак K-стратегов.

Б. По-видимому, бактерия *W.glossinidia* и муха цеце – мутуалисты;

Верно. Согласно условию, оба организма получают выгоду от такого взаимодействия, что по определению соответствует мутуализму. Муха цеце получает витамины, а бактерия – среду и питательные вещества для жизни.

В. Если ввести бородавочникам, обитающим в ареале цеце, некоторую метку (например, с тяжёлыми изотопами), то её через некоторое время можно будет обнаружить в куколках цеце в почве;

Верно. Муха цеце будет питаться кровью бородавочников и передавать питательные вещества, содержащие тяжёлые изотопы, личинкам. Личинки сразу после рождения попадают в почву, где окукливаются.

Г. Для борьбы с сонной болезнью может быть эффективно внесение в почву кишечных инсектицидов;

Неверно, так как ни взрослая муха, ни ее личинки не питаются с почвы.

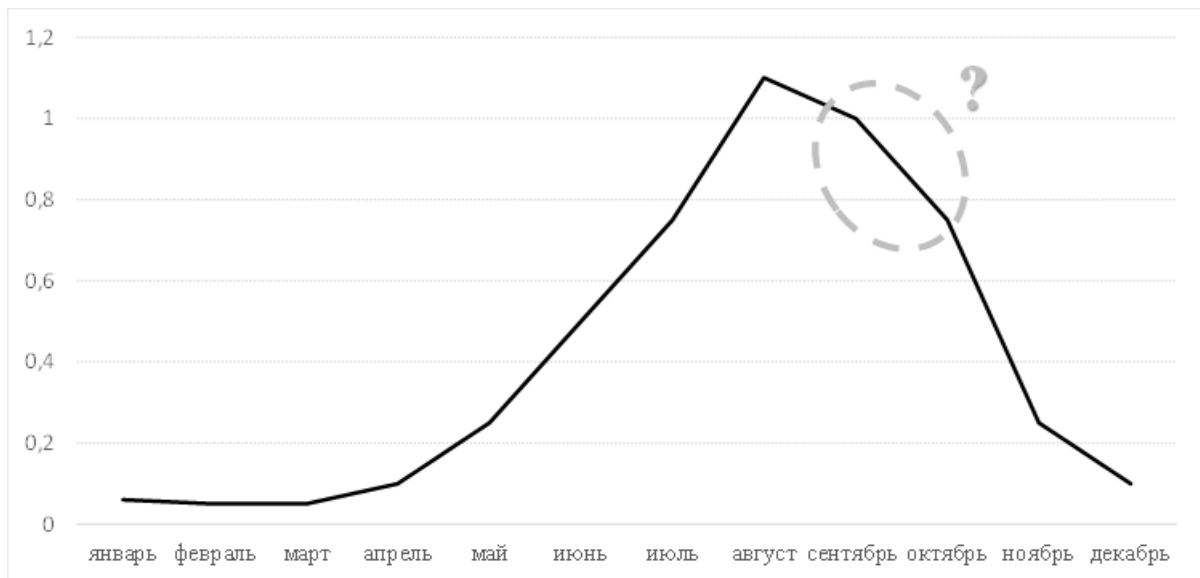
Д. В популяциях цеце низкая смертность на личиночной стадии по сравнению с мухами, откладывающими яйца;

Верно, так как организм матери защищает личинок от неблагоприятных условия окружающей среды и обеспечивает их питанием, что снижает их смертность.

Е. В случае резкого сокращения популяции муха цеце способна восстановить численность быстрее, чем яйцекладущие мухи.

Неверно. Поскольку муха цеце тратит много ресурсов на выращивание потомства, ее потомство в среднем будет менее многочисленным, чем у яйцекладущих мух.

3. На рисунке представлено изменение численности обыкновенной бурозубки (*Sorex araneus*) на модельном полигоне в течение года (по оси Y – число поимок на 100 ловушко-суток). Выделенная на графике пунктиром область соответствует данным по численности в сентябре-октябре. Внимательно ознакомьтесь с утверждениями ниже. Какие из них будут справедливы для выделенного временного промежутка?



- А. В ловушки при отлове попадают, в основном, взрослые половозрелые особи бурозубок;
Неверно. Осенью у короткоживущих мелких млекопитающих, к которым и относятся бурозубки, половозрелых особей практически не остаётся: они все погибают. В этот период популяция состоит, в основном, из неполовозрелых особей-сеголеток.
- Б. Основная часть пойманных зверьков – молодые особи, не достигшие половозрелости;
Верно. Неполовозрелые сеголетки в это время года составляют основную часть популяции и массово попадают в отловах.
- В. По данным индивидуального мечения и прослеживания перемещений, в популяции основная часть особей – нетерриториальный расселяющийся молодняк;
Верно. Неполовозрелые особи в это время года нетерриториальны, у них ещё нет своих индивидуальных участков обитания, и они активно расселяются на новые территории.
- Г. На модельном полигоне в этот период отмечается большое число территориальных конфликтов между особями;
Неверно. Расселяющегося молодняка территориальность не выражена, все особи находятся в сходных условиях и конфликтовать им не за что. Выраженные территориальные конфликты возникают, когда хозяева стабильных индивидуальных участков сталкиваются с мигрантами или соседями, влезавшими на чужие участки. В нашей же ситуации такие стабильные участки и хозяева, готовые отстаивать свою территорию, просто отсутствуют.
- Д. На модельном полигоне в этот период остаются, преимущественно, осёдлые взрослые особи;
Неверно. Взрослых (половозрелых) особей в этот период года в популяции уже практически не осталось, а молодняк ещё не осел на постоянных участках и активно расселяется.
- Е. В этот временной отрезок, скорее всего, не удастся отловить ни одной взрослой самки, размножавшейся в этом сезоне.
Верно. Как уже неоднократно упоминалось выше, половозрелых особей в этот момент времени в популяции уже практически не осталось, так что если и сохранились какие-то единичные половозрелые самки, то их численность настолько мала, что отловить их вряд ли получится.

4. Лабораторный биолог, благополучно пропустивший мимо ушей на первом курсе университета всю зоологию позвоночных вместе с разнообразием млекопитающих, был приглашён в продвинутую биошколу прочитать лекцию по работе рибосомальных белков для старшекласников. И раскладывая на столе в кабинете биологии свой ноутбук с презентацией, он случайно толкнул шкаф с коллекцией разных тушек млекопитающих. Несколько коробок с тушками упали, раскрылись, хранившиеся в них экземпляры рассыпались и перемешались. Лабораторный биолог честно попытался исправить содеянное и разложить тушки обратно по их коробкам. Но вот беда – в коробке с надписью

«Млекопитающие пустынь» ещё есть несколько пустых мест, а перед лабораторным биологом лежат 6 непонятных, абсолютно ему незнакомых тушек. Помогите биологу выбрать из этого набора пустынных жителей.

Итак, лабораторному биологу надо из этих тушек выбрать пустынных жителей. С какими неблагоприятными факторами среды обычно приходится сталкиваться животным в пустыне? В первую очередь, это высокие дневные температуры, нехватка воды, рыхлый сыпучий субстрат под ногами. Попытаемся поискать на тушках какие-то морфологические адаптации к этим факторам.

А. Маленький пушистый шарик с большими кожистыми ушами, мохнатыми лапками и утолщенным в основании хвостом;

Верно. Пушистый шарик – это нам ни о чём не говорит, но вот большие кожистые уши – это вполне себе приспособление к сбросу избытка тепла, в умеренном и холодном климате с ними будет тяжело, а вот в пустыне – отлично! Утолщенный в основании хвост вполне может указывать на наличие в нём жировых запасов, так пустынные млекопитающие часто хранят жировые отложения для обеспечения не только энергией, но и метаболической водой. Наш лабораторщик держит в руках тушку жирнохвостого тушканчика, *Salpingotus crassicauda*, типичного обитателя аридных местностей северной части Центральной Азии.

Б. Зверюга с туповатой мордочкой, короткими ушами и длинным, практически лысым, сплюснутым с боков хвостом;

Неверно. Туповатая мордочка и короткие уши этого зверька ничего важного нам не дадут, но вот лысый и сплюснутый с боков хвост – это очень характерная адаптация к плаванию, зверек в воде будет перемещаться за счет боковых изгибов этого хвоста-весла. Однозначно не пустынный вариант, а так – вполне обыкновенная для почти всей территории России ондатра, *Ondatra zibethicus*.

В. Очень глазастое и ушастое создание с лапками с очень длинными кожистыми цепкими пальцами;

Неверно. Глазастые и ушастые живут, в том числе, и в пустынях, но вот длинные кожистые и цепкие пальцы – это очень характерное приспособление к древесному образу жизни, с такими лапками хорошо лазить по тонким веточкам и стволикам деревьев где-нибудь в джунглях, но никак не среди барханов. Школа, однако, очень продвинутая и в руках у нашего героя тушка какого-то долгопята, *Tarsius sp.*

Г. Непропорционально длинная мохнатая сосиска на коротких лапках и с коротким хвостом;

Неверно. В описании этого зверька, при всей его лаконичности, отсутствуют какие-либо адаптации к пустынному образу жизни, да и вообще нет ничего, особенно бросающегося в глаза. Но всё же жаль, что наш лабораторный биолог не смог узнать самую обычную ласку, *Mustela nivalis*.

Д. Небольшой короткоухий зверёк с обликом среднестатистического грызуна, с довольно облезлым шёрстным покровом, но с густым опушением пальцев длинных задних конечностей;

Верно. Длинные задние лапки этого зверька сразу указывают на его принадлежность к семейству Тушканчиковые. И да, сильно не всегда у тушканчиков длинные уши, бывают и вполне себе короткоухие представители. Облезлый шёрстный покров, безусловно, может свидетельствовать о небрежном отношении школьников к этому коллекционному экземпляру, но, в целом, для шерстного покрова пустынных жителей в летний сезон характерно очень небольшое количество подшерстка, вплоть до полного его вылинивания, из-за чего зверек выглядит потрёпанным. Ну и самая бросающаяся в глаза черта в облике этого зверька – опушение пальцев задних конечностей. Это такой вариант «пескоступов», позволяющий зверьку легко передвигаться прыжками по рыхлым пескам. Тут наш лабораторный биолог держит в руках мохноногого тушканчика, *Dipus sagitta*, обитающего в пустынных районах юга Алтайского Края и далее почти по всей Средней Азии.

Е. Нечто копытное, небольшое, на изящных длинных ножках, но с торчащими из пасти клыками.

Неверно. Изящные длинноногие копытные, безусловно, встречаются в пустынях как Азии, так и Африки, но вряд ли в школьном шкафу поместится кто-то вроде джейрана, дзерена или египетской песчаной газели. К тому же торчащие из пасти клыки характерны для очень небольшого числа видов. Тут наш лабораторщик столкнулся либо с кабаргой (*Moschus moschiferus*), живущей в горной тайге юга Сибири, либо с кем-то из оленьков (сем. *Tragulidae*), живущих в тропических лесах Юго-Восточной Азии и Западной Африки.

5. Для некоторой водоросли характерен следующий жизненный цикл. В начале формируется небольшая клетка с одним диплоидным ядром. Эта клетка живет в течение нескольких месяцев, увеличивается в размерах, но при этом ядро не делится. Когда размер клетки достигает определенных значений, в клетке происходит мейоз, а затем множественные митозы. В результате образуется огромное количество ядер, которые отправляются в верхнюю часть клетки. Спустя еще несколько месяцев, вокруг каждого ядра обособляется оболочка и формируются жгутиконосные гаметы, которые выходят наружу, попарно сливаются и образуют подвижную диплоидную зиготу, которая оседает на дно и без периода покоя прорастает в небольшую диплоидную клетку. Таким образом, жизненный цикл водоросли замыкается. Выберите правильные утверждения:

А. В некоторых случаях эту водоросль можно охарактеризовать как обладающую сифональным типом дифференциации таллома;

Верно. В вопросе описан жизненный цикл существующей водоросли – *Acetabularia* из отдела *Chlorophyta*. Однако, даже не зная названия и систематического положения, можно определить верность этого утверждения (см. комментарий к пунктам В и Д).

Б. Эта водоросль, скорее всего, живет в морях, а не в пресных водоемах средней полосы России;

Верно. В задании сказано, что зигота прорастает без периода покоя в новый диплоидный организм. Это означает, что у данной водоросли, по сути, отсутствуют покоящиеся стадии. Следовательно, она живет в относительно стабильных условиях, которые не предполагают длительного периода пересыхания или замерзания водоема, а также приостановки вегетирования. Такие условия, скорее всего, будут складываться в теплых морях, а не в водоемах Европейской части России.

В. Жизненный цикл этой водоросли можно рассматривать как гаплодиплобионтный с соматической редукцией;

Верно. Если жизненный цикл рассматривать как гаплодиплобионтный с соматической редукцией, то тогда спорофит диплоидный и характеризуется коккоидным типом дифференциации таллома, а потом непосредственно в вегетативном теле происходит мейоз (соматическая редукция) и формируется долго живущая гаплоидная стадия, характеризующаяся сифональным типом дифференциации таллома.

Г. Жизненный цикл этой водоросли можно рассматривать как диплобионтный с гаметиической редукцией;

Верно. Если жизненный цикл рассматривать как диплобионтный с гаметиической редукцией, то вегетативное тело диплоидное и имеет коккоидный таллом, в то время как гаплоидная стадия – лишь растянутый во времени процесс формирования гамет.

Д. Жизненный цикл этой водоросли можно рассматривать как гаплобионтный с зиготической редукцией;

Верно. Если жизненный цикл рассматривать как гаплобионтный с зиготической редукцией, то тип дифференциации таллома сифональный, а диплоидную коккоидную стадию можно рассматривать как зиготу, которая просто увеличивается в размерах.

Е. Жизненный цикл этой водоросли можно рассматривать как гаплодиплобионтный со спорической редукцией и гетероморфной сменой поколений.

Неверно. Если бы жизненный цикл можно было рассматривать как гаплодиплобионтный со спорической редукцией и гетероморфной сменой поколений, то мейотическое деление должно было бы предшествовать формированию спор бесполого размножения. Однако в условии сказано, что после мейоза происходит развитие многоядерной стадии. Таким образом, спор бесполого размножения не формируется, а, следовательно, говорить о спорической редукции не корректно.

6. При приготовлении подкисленных твердых питательных сред лимонную кислоту стерилизуют отдельно и добавляют уже в стерильную, слегка охлажденную питательную среду с температурой 60-80 °С. Почему так делают?

А. Если лимонную кислоту добавлять сразу, на питательной среде образуется контаминация чужеродных микроорганизмов;

Неверно. Добавление стерильной лимонной кислоты никак не может повлиять на процедуру автоклавирования, поэтому дополнительной контаминации чужеродных организмов возникнуть не может.

Б. Если лимонную кислоту добавлять сразу, будет невозможно оценить кислотность полученной среды и добиться повторяемости эксперимента;

Неверно. Лимонная кислота практически не деградирует в процессе автоклавирования, поэтому в любом случае можно будет оценить кислотность полученной среды.

В. Если лимонную кислоту добавлять сразу, питательная среда не застынет;

Верно. Известно, что агар, используемый для приготовления твердых питательных сред, является полисахаридом со сложной структурой, который гидролизуется в кислой среде. В процессе автоклавирования питательная среда нагревается до температуры около 120 °С в течение получаса. Если добавить большое количество лимонной кислоты в агаризованную питательную среду, а потом провести автоклавирование, то агар гидролизуется и потом уже не будет застывать. Если же простерилизовать лимонную кислоту отдельно, а лишь потом добавить в охлажденную питательную среду (до 60-80 °С), то гидролиз агара не произойдет и среда застынет.

Г. Если лимонную кислоту добавлять сразу, на питательной среде не будут расти никакие микроорганизмы;

Неверно. Отдельная стерилизация и последующее добавление лимонной кислоты в питательную среду никак не может повлиять на способность организмов расти на данной питательной среде.

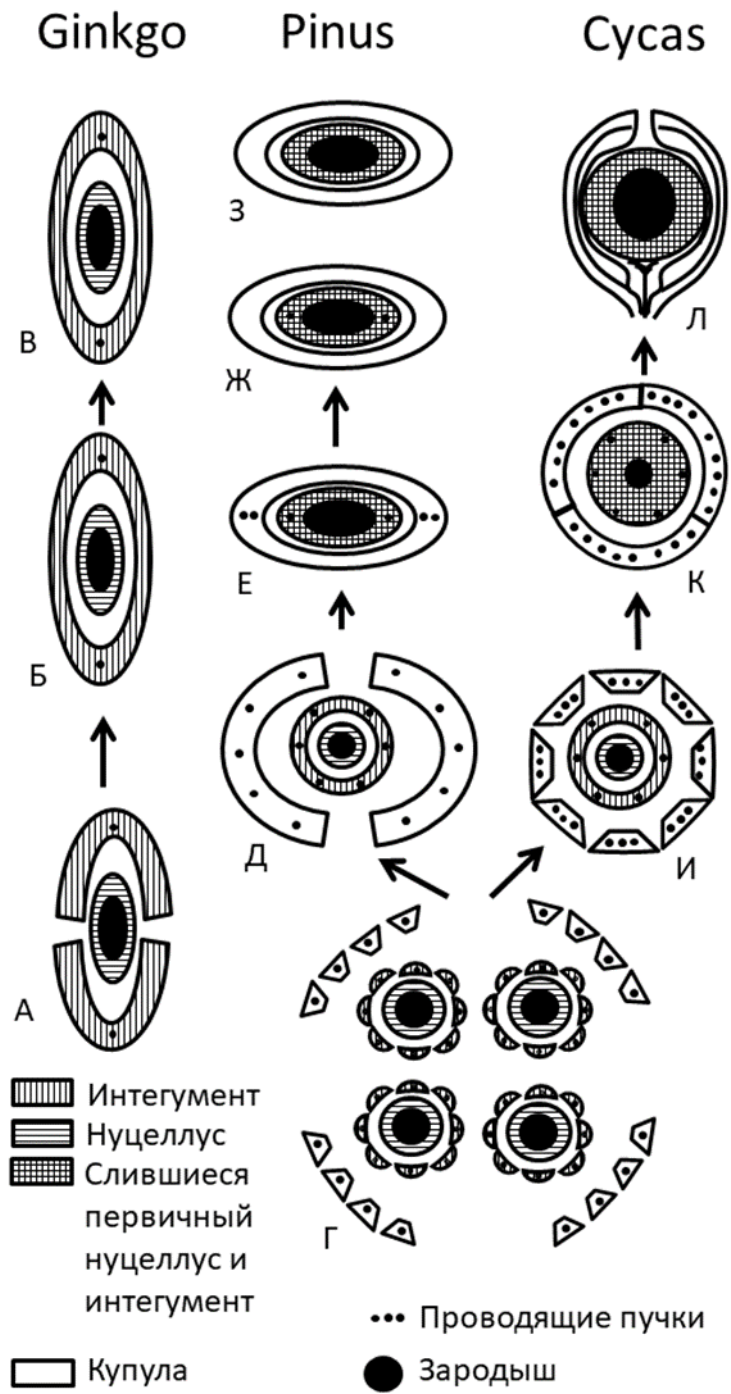
Д. Если лимонную кислоту добавлять сразу, при повышении температуры среда вскипит, выбьет пробку и разольется по автоклаву;

Неверно. Добавление лимонной кислоты не может привести к вскипанию питательной среды внутри автоклава, поскольку она находится там под избыточным давлением.

Е. Если лимонную кислоту добавлять сразу, она не растворится в колбе.

Неверно. Лимонная кислота хорошо растворяется в воде, поэтому предположение о том, что она не растворится в колбе также является неверным.

7. Рассмотрите реконструкцию эволюции семян голосеменных растений, разработанную Сергеем Викторовичем Мейеном (1935–1987). На рисунке изображены семена ископаемых и современных представителей классов Ginkgoopsida, Pinopsida и Cycadopsida. Семена показаны в поперечном (А–К) и продольном (Л) разрезах, где видны проводящие пучки, нуцеллус, интегумент и купула (ортотропноеместилище семязачатков). На основе данной реконструкции можно сформулировать несколько морфологических тенденций и фактов, а именно:



А. В линии эволюции хвойных происходит редукция проводящей системы в покровах семени; Верно. На картинках под буквами Д, Е, Ж, З мы видим эволюционную линию, приводящую к современным хвойным (Pinus). В этой последовательности хорошо видно, что проводящие пучки (черные точки) присутствуют в купуле (Д, Е, Ж) и даже в первичном эндосперме (видно как минимум на картинке Д), тогда как у современной сосны такие пучки отсутствуют.

Б. Васкуляризованный нуцеллус образуется в результате срастания нуцеллуса и купулы; Неверно. Васкуляризованный нуцеллус действительно возникает на некоторых стадиях эволюции Саговниковых (картинка К). Но из иллюстрации видно, что образуется он в результате слияния нуцеллуса и первичного интегумента, но без участия купулы.

В. Интегумент у древнейших семян в разной степени расчленен, тогда как у более молодых голосеменных доли интегумента срастаются; Верно. Данный эволюционный тренд просматривается во всех трех представленных линиях эволюции. У Гингковых на рисунке А интегумент двулопастный, тогда как на рисунке В (у Гингко) он является единой структурой. Аналогично, на рисунке Г мы видим расчлененный интегумент у

каждого из четырех семязачатков, тогда как далее в эволюции Хвойных и Саговниковых встречаются только цельные интегументы.

Г. Первичный интегумент в ходе эволюции в разной степени срастается с купулой;

Неверно. В ходе эволюции первичный интегумент срастается с нуцеллусом, но не с купулой.

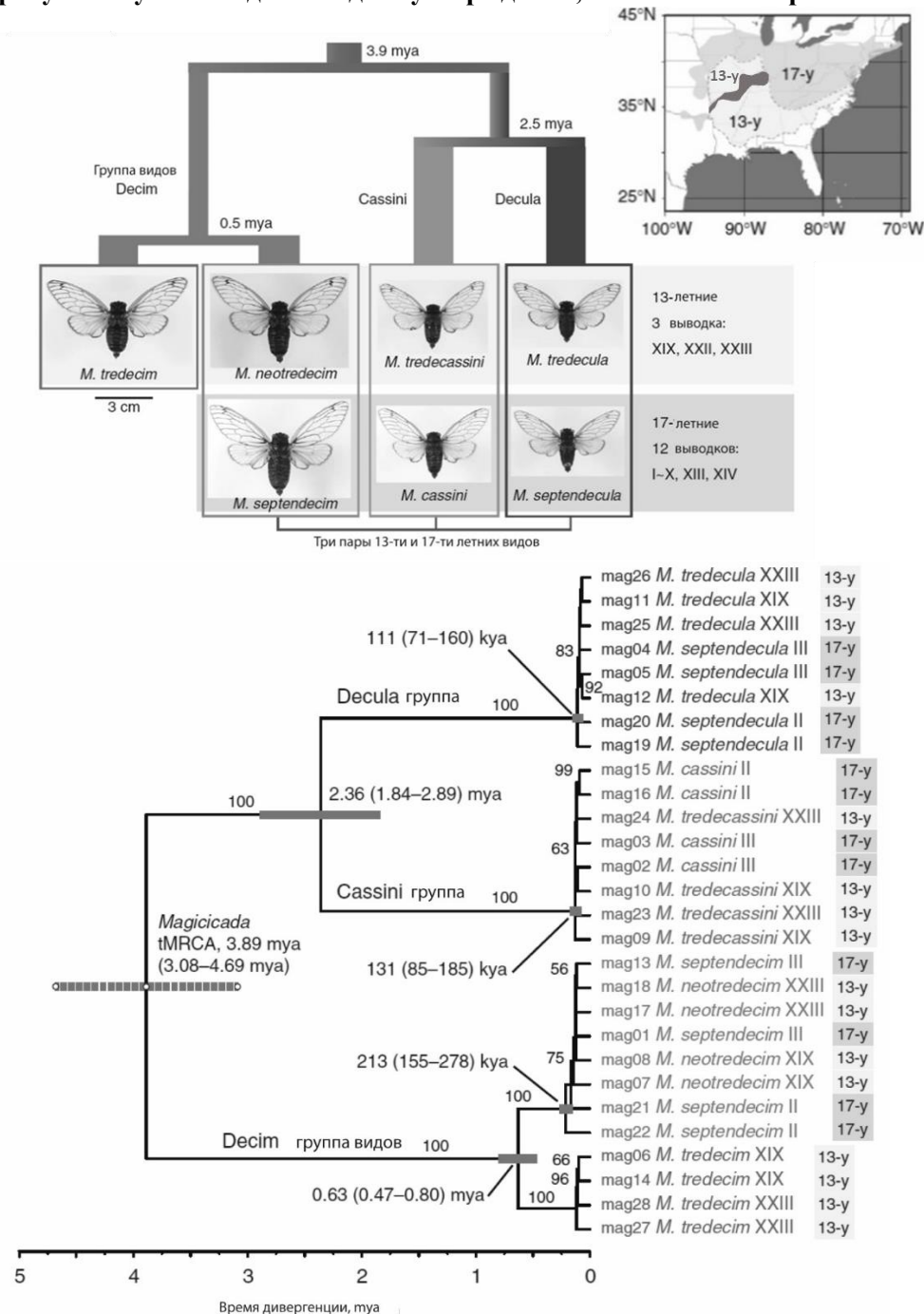
Д. Эволюция саговниковых шла от многосемянных купул к односемянным;

Верно. На картинке Г мы видим четыре семязачатка, объединенные одной купулой. У более молодых форм Саговниковых (И, К, Л) внутри купулы расположен только один семязачаток.

Е. Современные голосеменные полностью утратили билатеральную симметрию семян, заменив ее на радиальную.

Неверно. У современных Гингко (В) и Сосны (З) семена билатерально симметричны (овальные в сечении), а вот семена Саговников (Л) действительно радиально симметричны.

8. Периодические цикады (*Magicicada*) – насекомые с необычной длительностью жизненного цикла. Личинка развивается 13 или 17, т.е. простое число лет. Периодические цикады классифицируются на 30 так называемых «выводков», начиная с того года, когда они появляются. Выводки пронумерованы с использованием римских цифр. На первом рисунке вы можете видеть дендограмму, включающую семь видов этого рода, образующие три групп видов (Decim, Cassini и Decula). Также приведена оценка времени дивергенции узла в миллионах лет назад («mya»). Сестринские виды в рамках одной группы видов морфологически и по акустическим сигналам крайне слабо различаются между собой. На карте приведены ареалы распространения 13-ти и 17-ти летних цикад. Ареалы 13-ти летних цикад *M. neotredicim* и *M. tredicim* группы Decim пересекаются, образуя зону контакта (темная область на карте внутри ареала 13-ти летних цикад). На втором рисунке представлена филогенетическая реконструкция для отдельных особей, у которых секвенировались транскриптомы. Приведено время дивергенции узлов в миллионах и тысячах лет назад («mya» и «kya») и поддержки (bootstrap) для основных узлов. Рассмотрите предложенные рисунки и укажите для каждого утверждения, является оно верным или неверным:



А. Одной из причин появления длительных жизненных циклов у периодических цикад может быть адаптация к избеганию паразитов и хищников;

Верно. Это довольно известный случай. Такая стратегия, вероятно, служит как средство против видоспецифичных эктопаразитов и специализированных хищников. Какой толк адаптироваться к добыче, которую придется ждать 13/17 лет? Также именно поэтому число простое. Допустим, цикл развития жертвы занимал бы 4 года. Тогда хищник/паразит подстроили бы свой жизненный цикл так, чтобы давать поколение каждые два года, а в промежуточные года питаться на другой жертве/хозяине.

Б. Во всех трех группах видов конвергентно (независимо) происходила дивергенция 13-ти и 17-ти летних видов;

Верно. Для этого достаточно посмотреть на первый рисунок, где во всех трех группах есть 13-ти и 17-ти летние виды.

В. 13-ти и 17-ти летние виды (по крайней мере, некоторые) могут потенциально скрещиваться;

Верно. Потенциально, раз в 221 год ($13 \cdot 17$), представители одной группы могут выродиться в один и тот же год. Также можно предположить и сбой в развитии, смещения жизненного цикла у части особей. В условии сказано, что представители одной группы слабо отличаются между собой, что допускает возможность гибридизации. На дереве, где представлены транскрипты, мы не видим строгой сегрегации 13-ти и 17-ти летних видов. Это может быть как «incomplete lineage sorting» у недавно разошедшихся видов, так и признак гибридизации.

Г. Виды группы *Decim* являются наиболее близкородственными;

Неверно. Если поспешить, то можно посмотреть лишь на первый рисунок, и увидеть цифру «0.5 млн. л. н.» в основании узла группы *Decim*. Однако чтобы ответить на этот вопрос, нужно посмотреть на вторую картинку и сравнивать время дивергенции узлов там.

Д. Виды *M. tredecim* и *M. neotredecim*, вероятно, скрещиваются;

Неверно. *M. tredecim* и *M. neotredecim* - два вида 13-ти летних цикад из близкородственной группы видов, имеющих перекрывающийся ареал. Однако на второй реконструкции образцы *M. tredecim* образуют монофилетический кластер, и никаких указаний на реальную гибридизацию нет.

Е. На представленной реконструкции все обсуждаемые виды образуют монофилетические кластеры.

Неверно. Монофилетическую группу образуют только представители *M. tredecim* (вторая картинка).

9. Явление понижения нуклеотидного разнообразия вокруг положительно отбираемой мутации называется *selective sweep*, что означает «выметание отбором» полиморфизмов из популяции. При этом различают жёсткое выметание отбором (быстрое распространение одного нового адаптивного аллеля в популяции, что приводит к значительному снижению локального нуклеотидного разнообразия) и мягкое выметание отбором (одновременное увеличение частоты нескольких адаптивных аллелей, которые могут присутствовать в популяции до начала отбора или независимо возникать через новые мутации). Выберите верные ответы:

А. Быстрые адаптации может обеспечить только жесткое выметание отбором, в то время как мягкое выметание отбором редко встречается в природных популяциях и может приводить к адаптациям только при очень длительном действии отбора по данному признаку;

Неверно. Возникновение полезной мутации, значительно повышающей приспособленность организма - редкое событие, для этого нужно время. А вот природной псевдонейтральной (или скрытой) изменчивости в популяциях, как правило, запасено много, и именно она используется для быстрых адаптаций, например, развития устойчивости к инсектицидам или к антибиотикам.

Б. Ситуация, когда скорость фиксации мутаций выше скорости возникновения новых адаптивных мутаций, способствует мягкому выметанию отбором;

Неверно. Ситуация, когда скорость фиксации мутаций выше, чем скорость возникновения новых адаптивных мутаций, способствует жёсткому выметанию отбором, а не мягкому. В случае жёсткого выметания отбором один аллель быстро фиксируется в популяции из-за его значительного преимущества в приспособленности. Напротив, мягкое выметание отбором происходит, когда

несколько адаптивных аллелей одновременно увеличивают свои частоты в популяции, что требует наличия разнообразных адаптивных мутаций. Если новые адаптивные мутации возникают медленно, это снижает вероятность мягкого выметания, так как не будет достаточного разнообразия аллелей для параллельного распространения.

В. Если в популяции присутствует множество различных адаптивных аллелей до начала давления отбора, это увеличивает вероятность мягкого выметания отбором;

Верно. В ситуации, когда в популяции уже существует генетическое разнообразие в виде разных адаптивных аллелей, мягкое выметание отбором становится более вероятным, так как несколько адаптивных аллелей могут одновременно увеличить свои частоты, поддерживая генетическое разнообразие. Это контрастирует с жестким выметанием отбором, где один новый аллель быстро становится доминирующим, уменьшая генетическое разнообразие.

Г. При жестком выметании отбором новые варианты закрепившегося адаптивного гаплотипа, возникающие из-за мутации или рекомбинации, имеют низкие частоты, в то время как при мягком выметании отбором адаптивные гаплотипы обычно имеют схожие частоты;

Верно. В случае жесткого выметания отбором обычно наблюдается один доминирующий адаптивный гаплотип, который быстро увеличивает свою частоту в популяции. Новые варианты этого гаплотипа, возникающие из-за мутации или рекомбинации в процессе скачка, обычно имеют низкие частоты, так как они появляются позже и не успевают накопить большую частоту. В случае мягкого выметания отбором, можно ожидать наличие нескольких адаптивных гаплотипов с схожими частотами. Это указывает на то, что несколько аллелей независимо увеличивают свои частоты, внося вклад в адаптацию популяции.

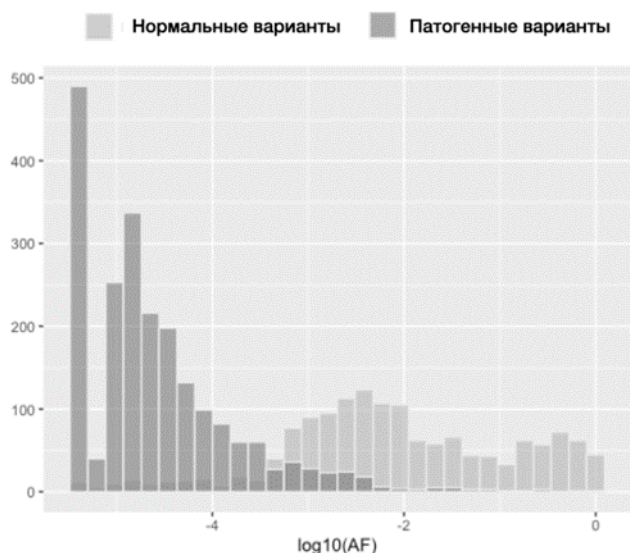
Д. Мягкое выметание отбором часто наблюдается в структурированных популяциях, где разные адаптивные аллели могут быть выгодными в разных подпопуляциях;

Верно. Возможна ситуация, когда один аллель является адаптивным в одной подпопуляции, а другой аллель — в другой. В результате оба эти аллеля распространяются в своих соответствующих подпопуляциях, что ведет к мягкому выметанию отбором на уровне всей популяции.

Е. В популяциях с низкой численностью более вероятно мягкое выметание отбором, чем жесткое. Неверно. В маленьких популяциях может быть ограничено генетическое разнообразие (и также новые мутации возникают с меньшей вероятностью), что снижает вероятность мягкого выметания отбором, требующего наличия множества различных адаптивных аллелей.

10. Для оценки патогенности различных мутаций у человека зачастую используют не клинические данные, которые трудно получать, а популяционные и эволюционные данные. Так, благодаря большому количеству секвенированных экзонов (совокупности кодирующих элементов ДНК) человека можно оценить патогенность варианта, анализируя величину $\log_{10}(AF)$ – десятичный логарифм частоты аллеля в популяции. На изображении А представлена гистограмма распределения частот аллелей большой совокупности разных генов, для которых уже была измерена патогенность. По оси Y отложено количество аллелей с соответствующей частотой. На изображении Б показано множественное выравнивание белковых последовательностей определенного гена человека (строка QUERY). В качестве групп для сравнения в выравнивании показаны некоторые виды приматов. Выберите верные ответы:

А



Б

QUERY	1	10	20	30	40	50	60	70	80
sp P28681#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp Q68J47#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp Q864C3#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAX		
sp P02700#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp Q769E8#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGLVFTW	VMALACAAP		
sp P02699#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp G58YE3#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp O62791#1	LYTSL	AYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGLVFTW	VMALACAAP		
sp F7F231#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp Q6W3E1#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACAAP		
sp O62798#1	LYTSL	AYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGLVFTW	VMALACAAA		
sp O62792#1	LYTSL	AYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGLVFTW	VMALACAAP		
sp O62793#1	LYTSM	HAAYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGLVFTW	VMALACAAP		
sp A4Z158#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACALP		
sp G3WKC6#1	LYTSL	NGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGVAFTW	VMALACASP		
sp D2WK14#1	LYTSL	HGYFVFGPTGCN	EGFFATLGGETALWSLVLL	A	TERYVVVCK	MSNFRFGENHAIMGLVFTW	VMALACAAP		

А. Две случайные величины – частота патогенных и нормальных мутаций – имеют одинаковую функцию распределения;

Неверно. Из графика видно, что патогенные варианты, по-видимому, распределены по Пуассону (редкое событие), а нормальные варианты имеют другое распределение.

Б. Патогенные мутации, в среднем, реже встречаются в популяции, чем нормальные варианты, что может быть обусловлено действием естественного отбора;

Верно. Действительно, можно заметить, что математическое ожидание частоты встречаемости патогенных мутаций существенно смещено в область более низких значений. Патогенные мутации снижают приспособленность особи, она оставляет меньше потомков и такие мутации распространяются в популяции хуже нормальных или постепенно элиминируются.

В. Вероятность фиксации патогенной мутации в популяции существенно выше в малой популяции, чем в большой, поэтому зачастую в изолированных человеческих популяциях наблюдается увеличение частот различных заболеваний;

Верно. Действительно, за счет дрейфа генов и его следствий (эффект основателя, эффект бутылочного горлышка) в малых популяциях могут фиксироваться или иметь высокую частоту патогенные (вредные варианты). Другой причиной могут быть близкородственные браки в малых популяциях, которые переводят патогенные мутации из гетерозиготного состояния в гомозиготное.

Г. Исходя из множественного белкового выравнивания можно утверждать, что в данном участке гена отсутствовали мутации, вызывающие сдвиг рамки считывания при трансляции;

Верно. Можно заметить, что несмотря на существующие замены в белке общий паттерн последовательности аминокислот на большом промежутке сохраняется у разных видов, а значит рамка считывания не сдвигалась. Если бы рамка у одного вида была сдвинута, то аминокислотная последовательность у этого вида бы сильно отличалась.

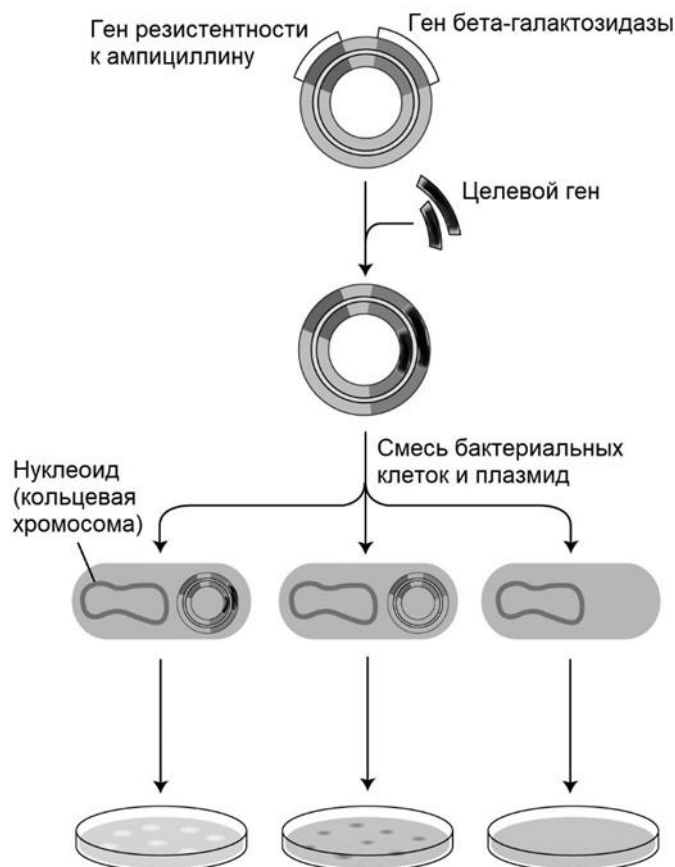
Д. Патогенные аллели будут, в среднем, существовать в человеческой популяции дольше, чем нормальные, так как мутации, происходящие в них, являются драйверными и способствуют сохранению и закреплению в популяции;

Неверно. Против патогенных аллелей действует отрицательный отбор (частоты таких аллелей, в среднем, ниже), а значит их среднее время жизни будет существенно ниже, чем у нормальных аллелей.

Е. Вероятность возникновения патогенного варианта ниже при замене аминокислоты в позиции 45, чем при замене аминокислоты в 46 позиции.

Верно. Позиция 45 менее консервативна, чем позиция 46 (встречаются замены, которые зафиксировались на уровне дивергенции видов приматов), следовательно для структуры эта позиция менее значимая и мутации в ней в теории могут быть менее патогенными.

11. Клонирование генов – процесс, требующий контроля за образуемыми продуктами на каждом этапе: от конструирования вектора до получения генно-модифицированного организма. На рисунке представлена схема бело-голубой селекции, которая позволяет убедиться в получении клеток-трансформантов, содержащих вектор с целевым геном. Среда, используемая для культивирования бактерий, содержит ампициллин и вещество X-gal, являющееся модифицированной галактозой, расщепляющейся под действием бета-галактозидаз с образованием производного индола, окрашенного в голубой цвет. Рассмотрите схему и выберите верные утверждения.



А. Использование диких штаммов бактерий для клонирования генов не может привести к ложноположительным или ложноотрицательным результатам бело-голубой селекции;

Неверно. При использовании диких штаммов, которые обладают активной бета-галактозидазой, цвет колоний всегда будет голубым при добавлении X-gal. Кроме того, некоторые штаммы бактерий обладают устойчивостью к антибиотикам.

Б. Колонии бактерий, окрашенные в синий цвет, состоят из клеток, содержащих вектор с целевым геном;

Неверно. При вставке в вектор целевого гена ген бета-галактозидазы становится нефункциональным и такие колонии не будут окрашены.

В. Неспособность бактерий расти на среде с ампициллином говорит о том, что трансформация (поглощение клеткой ДНК) не прошла;

Верно. Бактерии, которые получили плазмиду в процессе трансформации, будут устойчивы к ампициллину. Бактерии без такой плазмиды погибнут на среде с антибиотиком.

Г. Встраивание целевого гена в вектор приводит к неспособности клеток бактерий синтезировать функциональную бета-галактозидазу;

Верно. См. комментарий к пункту Б.

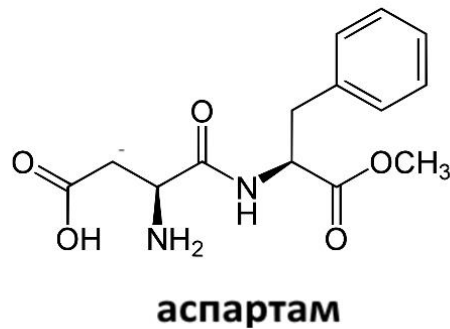
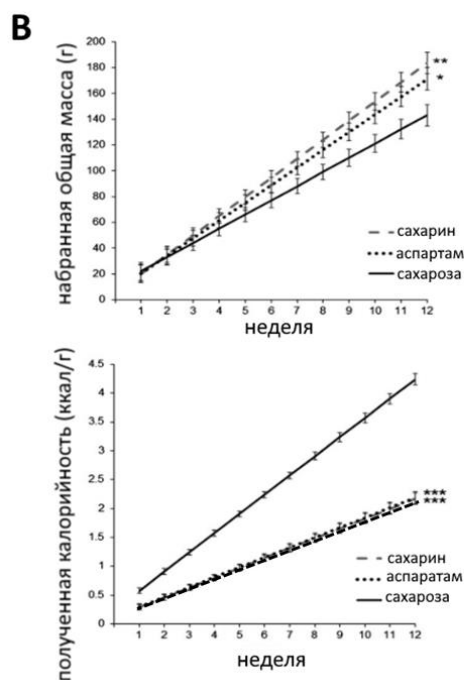
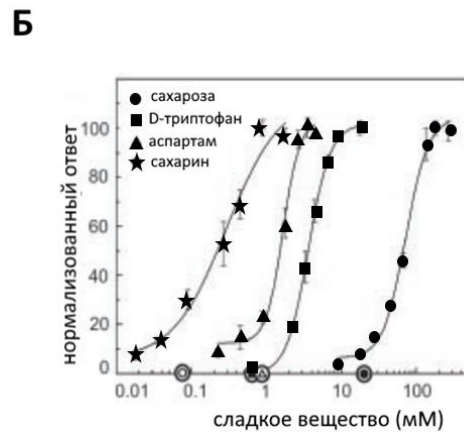
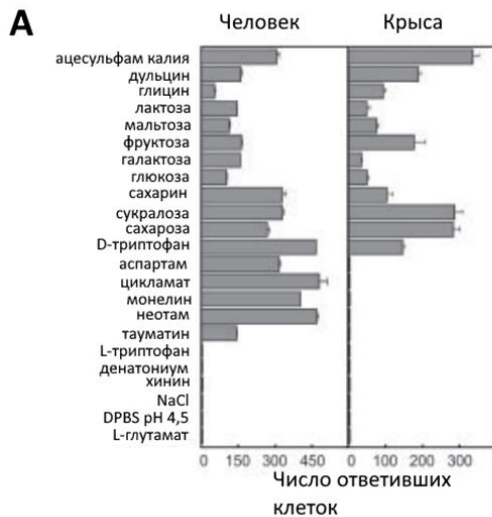
Д. При подборе культуры клеток для трансформации стоит выбирать те, что содержат ген резистентности к ампициллину в нуклеоиде;

Неверно. В этом случае не удастся отличить бактерии, которые получили плазмиду со вставкой, от бактерий, которые вообще не были трансформированы.

Е. Для дальнейшей работы исследователи в результате бело-голубой селекции отбирают неокрашенные бактерии, выросшие на среде с ампициллином и X-gal.

Верно. См. комментарий к пункту Б.

12. На рисунке изображена формула одного известного сахарозаменителя, аспартама. Предполагается, что его вкус, как и вкус других сладостей, таких как сахароза, узнается за счет распознавания рецепторами T1R2/T1R3. Для исследования этого распознавания Ли с соавторами трансфицировали культуры клеток человека или крысы, в норме не имевшие данных рецепторов, генами, кодирующими данные рецепторы того же вида, и анализировали увеличение концентрации внутриклеточного кальция в ответ на добавление в среду сладкой молекулы. На рисунке А представлено число ответивших клеток на присутствие молекул в средних концентрациях, используемых в продуктах. На рисунке Б представлен нормализованный средний ответ таких человеческих клеток в зависимости от концентрации сладкого вещества. Другая группа ученых в течение нескольких недель кормила группы крыс пищей, единственным подсластителем в которой была сахароза, сахарин или аспартам (в эквимолярном количестве). Они измеряли динамику изменения массы животных и полученной калорийности (рисунок В). Исходя из приведенных данных и общих знаний биохимии, выберите верные утверждения:



А. Молярная масса аспартама меньше, чем сахарозы;

Верно. Для решения оптимально определить брутто-формулу и просто сравнить сумму атомных масс элементов, которая даст молекулярную массу вещества, крайне близкую к молярной.

Б. В отличие от сахарозы, частью катаболизма аспартама в клетках печени является цикл мочевинообразования;

Верно. В составе аспартама, в отличие от сахарозы, есть атомы азота, которые у человека с затратами энергии выводятся в виде мочевины. Мочевина образуется в цикле мочевины, который идет в клетках печени.

В. Аспартам не рекомендуется употреблять лицам с фенилкетонурией;

Верно, так как в составе аспартама есть остаток фенилаланина, который дает токсичные продукты у людей с данной болезнью.

Г. Для человека аспартам приблизительно на два порядка (в 100 раз) слаще в сравнении с сахарозой (под сладостью понимается отношение нормализованного ответа клетки к количеству сладкого вещества);

Верно, так как по графику Б кажущаяся константа ассоциации аспартама примерно в 100 раз (на 2 порядка) меньше, чем для сахарозы.

Д. Результаты, полученные на крысах, можно полноценно экстраполировать на человека, так как ввиду их близкого родства можно ожидать, что все аспекты рецепции и метаболизма аспартама у них одинаковые;

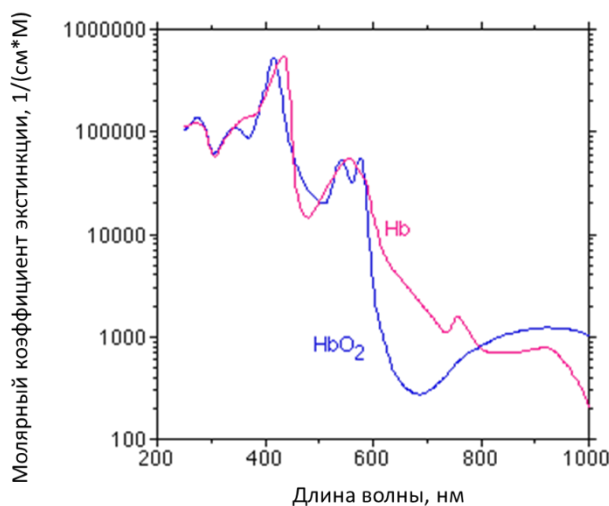
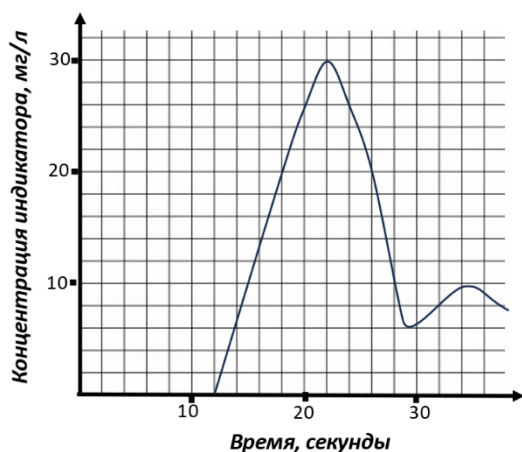
Неверно, так как из результатов на графике А можно заключить, что концентрация аспартама, на который человеческие рецепторы дают ответ, не вызывает никакого ответа на крысиных рецепторах, т.е. разница как минимум в эффективности рецепции присутствует.

Е. Хотя калорийность, полученная при потреблении аспартама, меньше, чем у сахарозы, замена в диете сахарозы на аспартам не обязательно приведет к потере веса.

Верно, это напрямую наблюдается на графике на рисунке В, где полученная калорийность при употреблении аспартама заметно меньше, чем у сахарозы, но при этом вес набирается статистически значимо лучше.

13. Одним из методов измерения сердечного выброса является метод разведения индикатора. В периферическую вену одномоментно вводится известное количество флуоресцентного индикатора, при этом проводится непрерывное определение концентрации индикатора в крови в плечевой артерии. Индикатор не способен выходить из сосудистого русла в ткани, физиологически инертен и выводится с желчью. Прибор вычерчивает кривую изменения концентрации индикатора в крови во времени. При анализе полученных результатов стоит учитывать, что при первом прохождении по сосудистой системе индикатор экскретируется не полностью и какая-то его часть продолжит циркулировать по замкнутой кровеносной системе по второму кругу. Расчет сердечного выброса основан на следующей идее. Допустим, что испытуемому ввели x мг красителя. С одной стороны, через область детекции индикатора в плечевой артерии при первом прохождении пройдет $x \cdot k$ мг красителя, где x нам известно заранее, а k – доля сердечного выброса, распределенная в плечевую артерию. С другой стороны, это же количество красителя можно посчитать иначе – оно равно $S \cdot k \cdot$ сердечный выброс, где S – площадь под графиком. Приравняв эти два выражения, мы сможем найти сердечный выброс.

На рисунке слева представлены данные, полученные при проведении описанного выше исследования на добровольце после введения 12 мг индикатора (начальный момент времени соответствует моменту введения индикатора). На рисунке справа представлены спектры поглощения для окси- (HbO_2) и дезоксигемоглобина (Hb). Выберите верные суждения:



А. Появление второго, меньшего по амплитуде пика на графике связано с наличием дикротической (отраженной) волны пульса;

Неверно. Второй пик связан с замкнутостью кровеносной системы и рециркуляцией красителя (то есть тем, что краситель вместе с кровью проделал один оборот по замкнутому контуру кровеносной системы и пошел по повторным кругам).

Б. У испытуемого сердечный выброс находится в пределах 2,0-4,0 литров в минуту;

Верно. Воспользуемся формулой, данной в условии. Мы ввели 12 мг красителя. Площадь можно оценить приблизительно, прибегая к линейным аппроксимациям (график специально так построен, чтобы его было удобно заменять треугольниками/прямоугольниками), она равна примерно 280-300

(мг·с)/л (в зависимости от точности подсчетов). Получаем, что $12 \cdot k = 300$ (мг·с)/л·к-сердечный выброс. То есть сердечный выброс равен $12/300 = 0.04$ л/с = 2,4 л/мин.

В. У испытуемого сердечный выброс находится в пределах 4,0-6,0 литров в минуту;

Неверно. См. комментарий к пункту Б.

Г. Из полученных данных можно предположить, что доброволец был тренированным спортсменом;

Неверно. Во-первых, сердечный выброс надо соотносить с физическими размерами тела, полом и возрастом человека. Во-вторых, 2,4 л/мин – это достаточно низкое значение (в норме у среднестатистического взрослого человека около 4-5 л/мин).

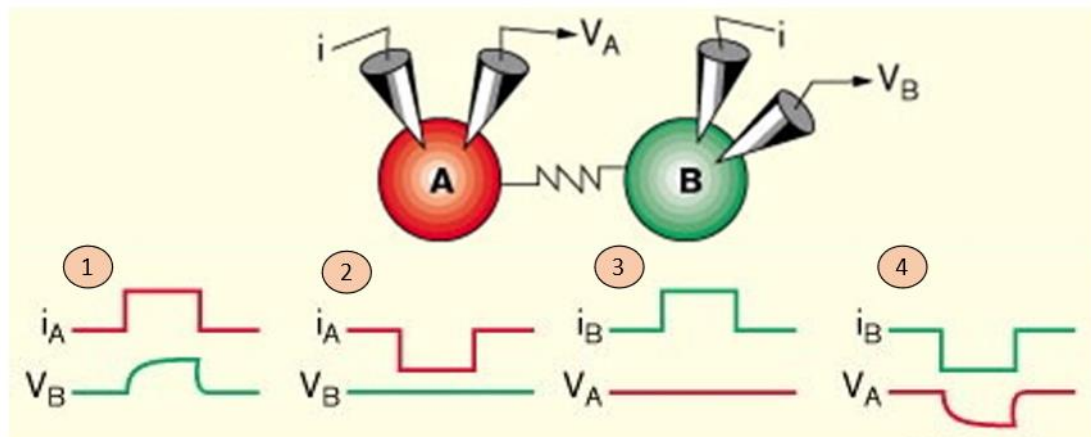
Д. В рамках этого исследования при прочих равных предпочтительнее использовать индикатор с максимумом поглощения при длине волны примерно 400 нм;

Неверно. Использование длины волны 400 нм неразумно, так как при этой длине волны поглощение излучения гемоглобином (как HbO_2 , так и Hb) максимально.

Е. Определение сердечного выброса было бы более точным (по сравнению с описанной методикой), если бы индикатор вводили в левое предсердие и непрерывно измеряли бы его концентрацию в правом предсердии, однако, эта методика слишком трудоемкая и поэтому не используется на практике.

Неверно. При такой постановке индикатор бы успел пройти весь большой круг кровообращения и подвергнуться частичной печеночной экскреции, прежде чем впервые попасть в правое предсердие (где производилась бы детекция красителя).

14. Исследователи изучали синапс между нейронами А и В. С помощью микропипеток они воздействовали на один из нейронов подпороговым деполяризующим (на рисунке графики №1 и 3) или гиперполяризующим (графики №2 и 4) током, при этом одновременно регистрировались изменения мембранного потенциала в другом нейроне. Результаты исследования представлены ниже (I – сила тока, V – мембранный потенциал). Выберите верные суждения:



А. Изучаемый синапс является химическим, так как после введения тока в один из нейронов мембранный потенциал в другом изменяется не мгновенно, что свидетельствует о наличии синаптической задержки, связанной с диффузией нейромедиатора через синаптическую щель;

Неверно. Замедленное изменение МП связано с емкостными свойствами мембраны, и не говорит ничего о типе синапса. Кроме того, представленный синапс не является химическим (см комментарий к пункту Г).

Б. Изучаемый синапс является химическим, так как проведение деполяризующего импульса возможно лишь в одном направлении;

Неверно. Одностороннее проведение деполяризующего импульса бывает и в электрических синапсах.

В. Вероятнее всего, использованное оборудование было неисправным, так как в эксперименте получены результаты, противоречащие современным представлениям о функционировании синапсов;

Неверно. Оборудование исправно (См. комментарий к пункту Г).

Г. Изучаемый синапс является электрическим, так как через химический синапс невозможно проведение подпороговых деполяризующих и гиперполяризующих стимулов ни в каком направлении;

Верно. Изучаемый синапс является электрическим, так как в химических синапсах невозможно проведение подпороговых деполяризующих и гиперполяризующих стимулов ни в каком направлении. В химических синапсах импульс передается, только если в пресинаптической мембране возбуждение достигло порога потенциала действия. Гиперполяризация через химический синапс не передается. При этом исследуемый синапс относится к выпрямляющим электрическим синапсам: деполяризация проводится в направлении $A \rightarrow B$, а гиперполяризация в направлении $B \rightarrow A$.

Д. Если бы были известны лишь данные, представленные под цифрами 1-2-3, то невозможно было бы определить, является ли синапс химическим или электрическим;

Неверно. Под цифрой 1 показано, что подпороговый деполяризующий стимул может передаваться $A \rightarrow B$, а в химическом синапсе такое невозможно, и возможно только в электрическом.

Е. Данный тип синапсов является смешанным, причем химическая передача осуществляется лишь в направлении $A \rightarrow B$, а электрический механизм передачи может быть реализован в обоих направлениях.

Неверно. Химическая передача не может реализоваться в направлении $A \rightarrow B$, так как в этом случае через химический синапс должен был бы передаваться подпороговый стимул, что невозможно.