

6–8 декабря 2024

**МЕЖДУНАРОДНАЯ
БИОЛОГИЧЕСКАЯ
УНИВЕРСИАДА**

Письменный тур

Не открывайте задания до сигнала

Время выполнения — 180 минут

Сумма баллов — 84

Часть I. Тестовые задания с несколькими правильными ответами (36 баллов)

Число верных ответов (верных сопоставлений В и Н) переводилось в баллы прогрессивной шкалы следующим образом:

6 верных – 3 балла

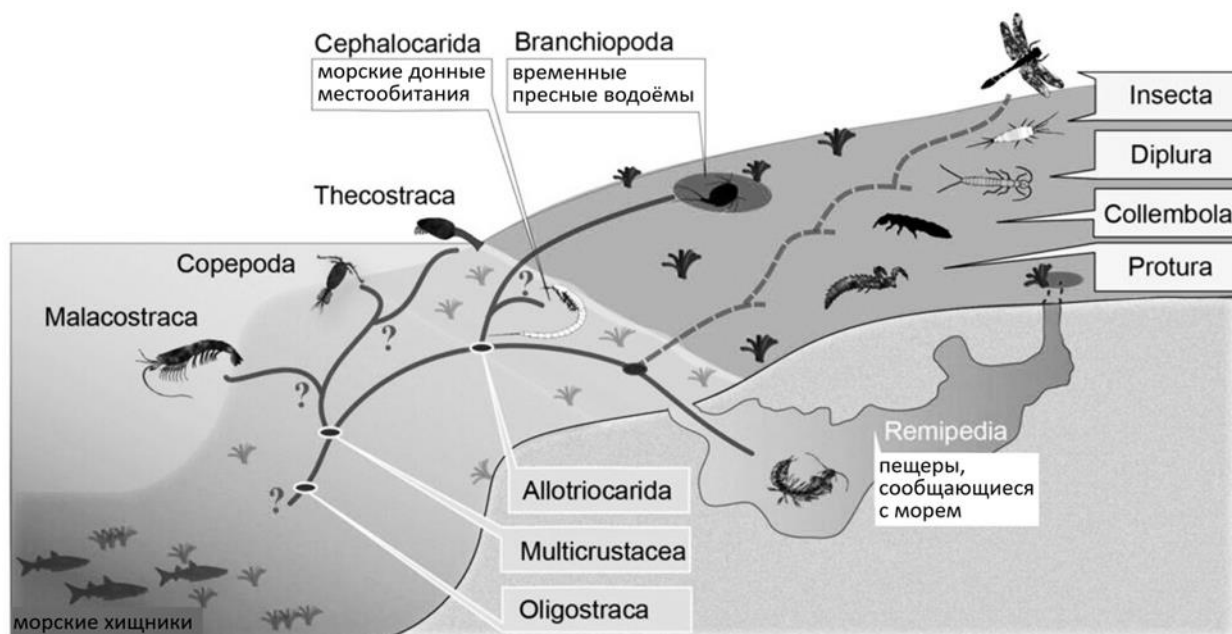
5 верных – 2 балла

4 верных – 1 балл

3 верных – 0,5 балла

<3 верных – 0 баллов

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 филогенетическое дерево ракообразных и насекомых (шестиногих), в котором современные группы наложены на их типичные естественные местообитания, а линии предков – на те среды, в которых, по версии авторов, обитали предковые виды. Ветви дерева, ведущие к ракообразным, показаны сплошными линиями, к шестиногим – пунктирными. Длины ветвей условные. Для каждого утверждения ниже укажите, является оно верным или неверным.



А. Remipedia – ближайшие родственники насекомых (Insecta) среди ракообразных;

Верно. Ближайшие родственники насекомых – это Diplura, Collembola и Protura, которые не относятся к ракообразным и формируют вместе с насекомыми кладу шестиногих. Шестиногие являются сестринской группой ремипедий, которые относятся к ракообразным. Другие ракообразные приходятся более дальними родственниками шестиногим.

Б. Шестиногие (Protura + Collembola + Diplura + Insecta) являются монофилетической группой;

Верно. Четыре перечисленные таксона вместе формируют такую группу, которая включает всех потомков их последнего общего предка, что делает её монофилетической.

В. Ракообразные (Malacostraca + Copepoda + Thecostraca + Cephalocarida + Branchiopoda + Remipedia) являются монофилетической группой;

Неверно. Группа ракообразных в составе перечисленных таксонов не включает шестиногих, которые тоже происходят от последнего общего предка ракообразных, поэтому ракообразных нельзя считать монофилетической группой.

Г. По версии авторов, последний общий предок насекомых и жаброногих (Branchiopoda) обитал в пресных водоёмах;

Неверно. На схеме последний общий предок насекомых и жаброногих (на него указывает подпись Allotriocarida) помещён в море, в пресных же водоёмах обитают современные жаброногие.

Д. Европейский омар (представитель Malacostraca) приходится более близким родственником циклопу (Copepoda), чем морскому жёлудю (Thecostraca);

Неверно. Таксоны Copepoda и Thecostraca, являясь сестринскими группами, приходятся друг другу более близкими родственниками, чем любой из них – таксону Malacostraca.

Е. Среди современных ракообразных в морских пещерах встречаются ремипедии.

Верно. На схеме ремипедии помещены в морскую пещеру.

2. Известно, что гороховая тля (*Acyrtosiphon pisum*) кормится на различных бобовых растениях. В свою очередь тлей может заражать наездник *Aphidius ervi*. Самки наездника откладывают яйца в живых тлей, а вылупившиеся из яиц личинки поедают хозяина изнутри, после убивают, выходят из него и окукливаются. Взрослые наездники ведут свободный образ жизни. У тли *A. pisum* есть внутриклеточный сожитель – бактерия *Hamiltonella defensa*. Тли, несущие *H. defensa*, справляются с личинкой *A. ervi* и остаются живы после заражения в 80% случаев, тогда как тли, не несущие бактерию, только в 6%. Установлено, что токсины, действующие на *A. ervi*, закодированы не в геноме *H. defensa*, а в геноме вируса APSE (*A. pisum* secondary endosymbiont), поражающего бактерию *H. defensa*. Когда вирус находится в лизогенном состоянии, то есть встроен в геном бактериальной клетки, он позволяет всей системе в составе *A. pisum*, *H. defensa* и APSE бороться с *A. ervi*. Стоит отметить, что бактерии, заражённые APSE, в отсутствие наездника проигрывают конкуренцию незаражённым бактериям того же вида, а тли, несущие заражённых бактерий, проигрывают тлям, несущим незаражённых бактерий.

В рамках эксперимента учёные синтезировали токсины, закодированные в геноме APSE, и опрыскивали бобовые растения на поле жидкостью, содержащей эти вещества. Обработку продолжали в течение двух месяцев, после чего перестали. В течение всего эксперимента на поле присутствовало некоторое число особей *A. ervi*. Для каждого утверждения ниже укажите, является оно верным или неверным.

А. Наездник *A. ervi* – паразитоид тли;

Верно. По определению термина «паразитоид»;

Б. Всю систему отношений *A. pisum*, *A. ervi*, *H. defensa* можно назвать симбиозом в широком смысле;

Верно. Симбиоз в широком смысле – тесное взаимодействие, сожительство организмов. Хотя APSE может повышать, а может и снижать конкурентоспособность тли, а о пользе бактерии без вируса ничего не сказано, такого рода сожительство всё равно подходит под одно из определений симбиоза, поэтому назвать отношения этим термином можно.

В. Содержание вируса APSE для *H. defensa* и тлей не вызывает увеличения расхода ресурсов хозяев по сравнению с отсутствием сожителя;

Неверно. Содержание вируса APSE, судя по экспериментальным данным, вызывает расход дополнительных ресурсов бактериями и тлями, из-за чего они проигрывают конкуренцию особям, не несущим APSE.

Г. При повышении на полях численности *A. ervi*, вероятно, увеличится урожай гороха;

Верно. Наездники снизят численность тлей, которые потребят меньше ресурсов растений.

Д. Во время опрыскивания препаратом в рамках описанного эксперимента на поле вырастет доля тлей, несущих *H. defensa* и APSE;

Неверно. При опрыскивании описанным препаратом тли, несущие *H. defensa* и APSE, потеряют своё преимущество перед теми, у которых нет APSE, и проиграют им конкуренцию, то есть доля тлей, несущих *H. defensa* и APSE, за время эксперимента должна понизиться.

Е. После завершения опрыскивания популяция тлей, вероятно, будет более восприимчива к воздействию наездников, чем до начала эксперимента.

Верно. Из пункта Д следует, что после опрыскивания на поле останется меньше тлей, несущих бактерию с вирусом, а такие тли более восприимчивы к воздействию наездников.

3. В окрестностях биологического факультета МГУ не каждый год, но довольно регулярно остаются зимовать (по 1-2 особи) представители перелётных в норме видов птиц: чёрных дроздов (*Turdus merula*) и зарянок (*Erithacus rubecula*). И на протяжении всей зимы их можно встретить как по одиночке в кустах и на газонах вокруг биофака, так и в стайках синиц, прикормленных студентами и сотрудниками, у кормушек во внутреннем дворе факультета. Как вы думаете, какие из перечисленных ниже ситуаций могут негативно отразиться на успешности зимовки дроздов и зарянок (вплоть до их гибели)?

А. Студенты и сотрудники погрязли в сдаче зачётной сессии и годовых отчётов и перестали подсыпать семечки и хлеб в кормушки;

Неверно. Кормушки – это хорошо, вот только семечки и хлебные крошки не входят в рацион дроздов и зарянок, эти птицы, даже зимой, питаются зимующими под опавшей листвой и в верхнем слое почвы насекомыми и прочими беспозвоночными, а дрозды ещё и оставшимися в зиму плодами типа мелких яблок, боярышника или рябины. Так что пустые кормушки не повлияют на состояние и успешность зимовки этих видов птиц.

Б. Из-за аварии теплосетей все тепловые магистрали, проходящие по территории кампуса у биофака, оказались отключены, горячая вода по ним в здания не подаётся;

Верно. Зимой именно горячие трубы теплотрасс обеспечивают дроздов и зарянок возможностью ковыряться на проталинах в опаде, траве и верхнем непромороженном в камень слое почвы. А вот остывшие трубы означают исчезновение проталин и промерзание почвы на них.

В. В связи с глобальным потеплением климата в Москве выдалась абсолютно бесснежная зима, снеговой покров так и не установился;

Неверно. Бесснежная зима как раз работает в плюс для дроздов и зарянок, давая им возможность свободного доступа к зимующим в опаде и верхнем слое почвы беспозвоночным.

Г. Работники «Жилищника» с осени выгребли со всех газонов и из-под всех кустов абсолютно всю опавшую листву, оставив только идеально чистые газоны и голую почву;

Верно. Выгребание листового опада очень сильно снижает количество доступной пищи – зимующих в опаде и верхнем слое почвы беспозвоночных, да и дополнительно ведёт к большему промерзанию верхнего слоя почвы.

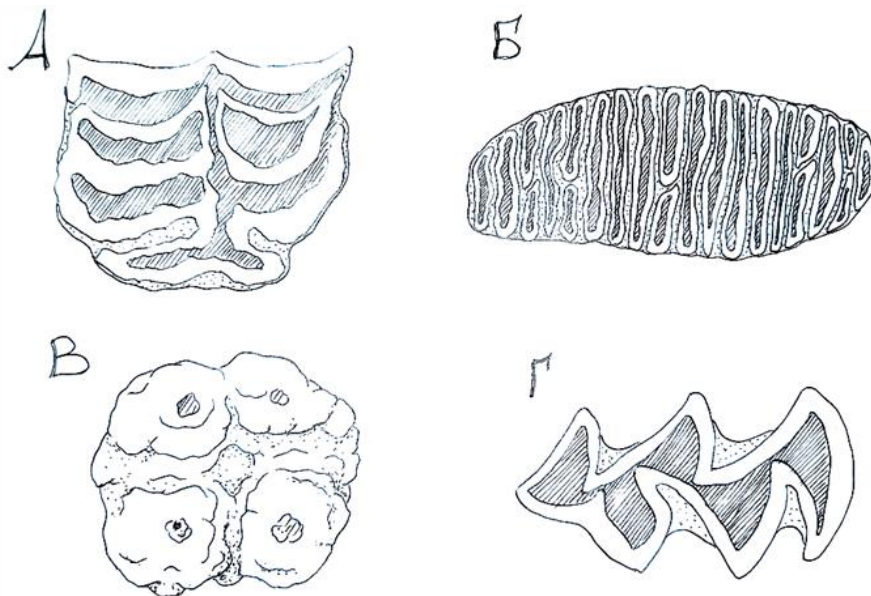
Д. Несмотря на глобальное потепление (а может быть, и именно из-за него) в Москве ударили аномальные морозы, и в течение пары дней ночные температуры держались на уровне -25 - -30 градусов;

Неверно. Сами по себе низкие ночные температуры воздуха для птиц с их отличнейшей перьевой теплоизоляцией не страшны, при наличии доступа к корму этот фактор негативного влияния не оказывает.

Е. В расположенном через дорогу от биофака Ботаническом саду МГУ случилось нашествие мышей, для борьбы с ними на территорию ботсада были запущены несколько десятков кошек.

Верно. Находящиеся на вольном выгуле кошки – это, пожалуй, самый значимый фактор хищничества для мелких воробьиных птиц, особенно гнездящихся/кормящихся на земле. С территории ботанического сада кошки беспрепятственно будут прочёсывать в поисках любой добычи весь кампус в окрестностях биофака и не только (совершенно нормальные для кошек охотничьи выходы – за 1-2 км от места жительства).

4. На рисунке приведены жевательные поверхности (взаимодействующие с пищей) верхних моляров (коренных зубов) четырёх разных млекопитающих. Верхняя сторона каждого изображения – щёчная, прилегающая к щеке, нижняя – лингвальная, прилегающая к языку. Правый край – передний, левый – задний. Белым показана эмаль, штриховкой – дентин, точечкой – зубной цемент. Масштаб не соблюден, в реальности эти зубы очень разного размера. Внимательно рассмотрите рисунок и, исходя из него, укажите для каждого утверждения ниже, является оно верным или неверным.



А. В питании всех этих животных преобладает грубая растительная пища, их всех можно смело угощать морковкой и зелёными побегами;

Верно. Все 4 зуба на картинке вполне способны (хоть и с разной эффективностью) работать с растительной пищей. Даже самый неспециализированный бугорчатый зуб (на рисунке – под буквой В, это зуб кабана) вполне годится для обработки сочных стеблей, корневищ, плодов, семян и пр.

Б. Для каждого из этих животных свойственен свой тип питания, одним и тем же их кормить нельзя;

Неверно. Как сказано в предыдущем пункте, все эти зубы, как складчатые, так и бугорчатые, подходят для обработки растительной пищи.

В. В зубной системе всех этих животных присутствуют клыки;

Неверно. Клыки есть не у всех млекопитающих с этого рисунка. Зуб А – это коренной зуб лошади/осла/зебры, клыки у представителей семейства Лошадиные имеются (у самцов они вполне выражены на обеих челюстях). Зуб Б – это щёчный зуб слона, клыки у слонов отсутствуют (бивни – это гипертрофированные резцы). Зуб В – это коренной зуб кабана, клыки, как верхние, так и нижние, у Свиных хорошо развиты. Зуб Г – это щёчный зуб серой полёвки; как и у всех грызунов, клыки у полёвок полностью отсутствуют.

Г. Несмотря на название «коренные зубы» хотя бы один из этих зубов может быть полностью лишён корней;

Верно. Представленный на рисунке под буквой Г зуб принадлежит виду из рода серых полёвок, *Microtus*. Для этих грызунов характерна редукция корней щёчных зубов для обеспечения их постоянного, пожизненного роста, чтобы компенсировать стирание рабочей поверхности при интенсивном перетирании зелёных стеблей.

Д. Животное, чей зуб обозначен буквой В, может питаться животной пищей, в т.ч. и падалью;

Верно. Представленный под буквой В зуб – это коренной зуб кабана. Бугорчатая форма жевательной поверхности у всех млекопитающих свидетельствует о всеядности. Для представителей семейства Свиные характерно, в отличие от прочих парнокопытных, включение в рацион большого количества самой разной животной пищи, в т.ч. и падали. И именно

неспециализированная бугорчатая форма жевательной поверхности позволяет такому зубу работать как с растительной, так и животной пищей.

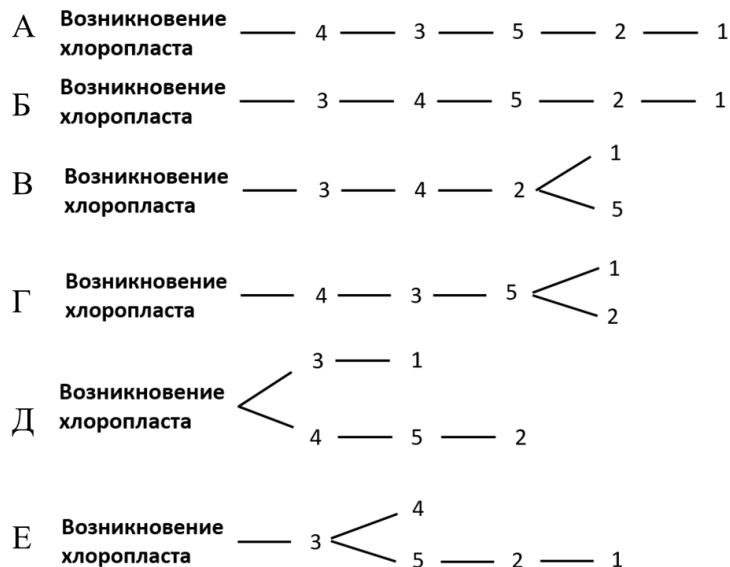
Е. Все зубы на рисунке принадлежат животным из одного отряда млекопитающих.

Неверно. Зубы на рисунке принадлежат представителям 4 разных отрядов: зуб А – отряд Непарнокопытные (лошадь/осел/зебра), зуб Б – отряд Хоботные (слон), зуб В – отряд Парнокопытные (кабан), зуб Г – отряд Грызуны (полёвка).

5. Хлоропласты – уникальные органеллы, которые участвуют в процессе фотосинтеза. Считается, что первые из них возникли около 1,1 млрд лет назад. У разных групп фотосинтезирующих организмов хлоропласты претерпевали значительные изменения и модификации. Однако, к сожалению, до нас дошли далеко не все представители. Основываясь на строении хлоропластов (1-5), выберите возможные пути их эволюции (А-Е).

- 1) Пятимембранные хлоропласты, ламеллы трехтилакоидные, опоясывающая ламелла имеется.
- 2) Четырехмембранные хлоропласты, ламеллы трехтилакоидные, опоясывающая ламелла имеется; наружная мембрана хлоропласта переходит в хлоропластную эндоплазматическую сеть и связана с наружной мембраной ядра.
- 3) Двухмембранные хлоропласты, тилакоиды располагаются по-отдельности.
- 4) Двухмембранные хлоропласты, тилакоиды располагаются по-отдельности, между мембранами находится муреиновая оболочка.
- 5) Четырехмембранный хлоропласт, ламеллы двух- или трех тилакоидные, опоясывающей ламеллы нет, между второй и третьей мембраной хлоропласта находится нуклеоморф.

Варианты путей эволюции показаны ниже (А-Е). Для каждого укажите, является он верным (возможным) или нет.



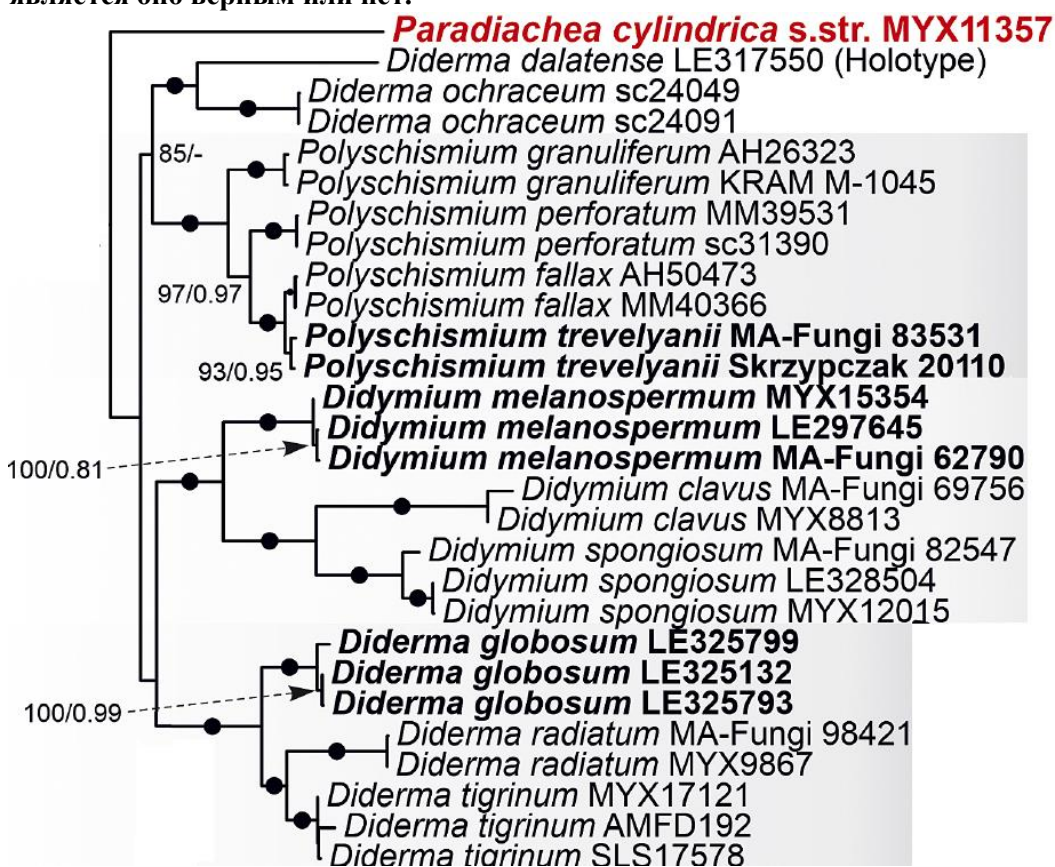
Верные варианты: А и Г. Эволюцию хлоропласта объясняют теорией эндосимбиогенеза. Предполагается, что они возникли в результате длительного процесса коэволюции древнего эукариотического организма и клетки цианобактерии. У цианобактерий произошла редукция части генов, они потеряли способность к самостоятельному существованию, а регуляцией их размножения стала управлять эукариотическая клетка. Постепенно у эндосимбионта произошла редукция собственной клеточной стенки, которая у бактерий содержит муреин. До настоящего времени дошла лишь одна небольшая группа Glaucophyta, представители которой содержат это вещество между двумя мембранами внутри хлоропласта. У других водорослей дополнительная клеточная стенка из муреина полностью редуцировалась. Результатом этого стало формирование двухмембранного хлоропласта. Такие хлоропласты встречаются у Rhodophyta (красные водоросли), Chlorophyta (зеленые водоросли) и группы Streptophyta (Харовые водоросли и высшие растения).

В случае с хлоропластом можно наблюдать примеры и вторичного эндосимбиоза, когда гетеротрофная эукариотическая водоросль постепенно превращает автотрофного эукариота в своего эндосимбионта, а потом и в хлоропласт. Это также очень длительный процесс, который предполагает постепенную редукцию ядра эндосимбионта. В некоторых случаях, даже у ныне живущих водорослей сохраняется хлоропласты с четырьмя мембранами, между которыми присутствует сильно редуцированное ядро (нуклеоморф). Такие хлоропласты встречаются у Cryptophyta (Криптофитовых) и Chlorarachniophyta (Хлорарахниофитовых) водорослей. Однако постепенно нуклеоморф редуцируется и формируются четырехмембранные хлоропласты, как, к примеру у группы Ochrophyta sensu lato (Охрофитовые водоросли в широком смысле).

Интересно, что описаны случаи и третичного эндосимбиоза. Они встречаются у отд. Dinophyta (Динфитовые водоросли). Представители этого отдела получали хлоропласты как минимум пятью различными способами, однако для некоторых из них описан пятимембранный хлоропласт, который возник в результате третичного эндосимбиоза.

Исходя из предложенной схемы невозможно установить, в какой именно момент произошла редукция нуклеоморфа: до формирования пятимембранного хлоропласта или после. Оба варианта могли произойти. Таким образом, верными являются и варианты А и Г.

6. Перед Вами филогенетическое дерево, построенное методом максимального правдоподобия, на основании объединения данных частичных последовательностей трех генов. Для получения данных о доверительных значениях, был проведен Байесовский (первое значение) и сверхбыстрый бутстреп (второе значение) анализы. Ветви со стопроцентной поддержкой обоими методами отмечены черными точками. Ветви с поддержкой менее 0,8 не показаны или отмечены прочерком. Типовые виды рода отмечены жирным курсивом. Рассмотрите это филогенетическое дерево и укажите для каждого утверждения ниже, является оно верным или нет.



А. Род *Diderma* в классическом понимании является полифилетичным таксоном;

Верно. При рассмотрении филогенетического дерева мы видим, что представители рода *Diderma* располагаются в его разных частях. Таким образом, этот таксон, в современном понимании, объединяет потомков разных предков. Такой таксон называется полифилетичным.

Б. Поскольку *Didymium melanospermum* представляет собой комплексный вид, образцы LE 297645 и MA-Fungi 62790 можно описать в качестве нового вида;

Неверно. *Didymium melanospermum* действительно, судя по всему представляют собой комплексный вид. Однако поддержки не являются стопроцентными, поэтому это утверждение должно быть сформулировано осторожнее. Есть большая вероятность того, что при добавлении в анализ большего числа образцов, будут найдены переходные формы. Таким образом требуется дополнительные исследования. Вторая часть утверждения совершенно не верна. Для того, чтобы описать новый таксон, нужно знать, какой из образцов наиболее близок к типу, а какой от него отличается. Если мы сравниваем нуклеотидные последовательности, то необходимо сравнить последовательности типового образца с имеющимися в нашем распоряжении. А этого проведено не было. Если типовый образец не доступен (или типом является иллюстрация), тогда должно быть проведено сравнения морфологических признаков исследуемых образцов с протологом (оригинальным описанием), а этого сделано не было. Поэтому сказать, какой из образцов (LE 297645 и MA-Fungi 62790) или (MXX 15354) ближе к типовому на основании исследования данного филогенетического дерева невозможно, равно как и описать новые виды преждевременно.

В. Можно предполагать, что *Paradiachea cylindrica* обладает наибольшим набором апоморфных признаков;

Неверно. *Paradiachea cylindrica* находится в основании группы и в данном случае была выбрана как внешняя группа. Представителей внешней группы выбирают по наличию плезиоморфных признаков (наиболее «примитивных», общих для всех исследованных видов). Таким образом, можно предполагать, что *Paradiachea cylindrica* обладает наибольшим набором не апоморфных (уникальных), а плезиоморфных (общих для всех представителей клады) признаков.

Г. Полученные данные о представителях рода *Didymium* дают основание предполагать, что этот таксон является монофилетическим;

Верно. Утверждение является верным, поскольку изученные представители рода *Didymium* формируют монофилетическую кладу с максимальной поддержкой.

Д. Есть основания предполагать, что *Diderma delatense* и *D. ochraceum* являются близкими к роду *Polyshismium*;

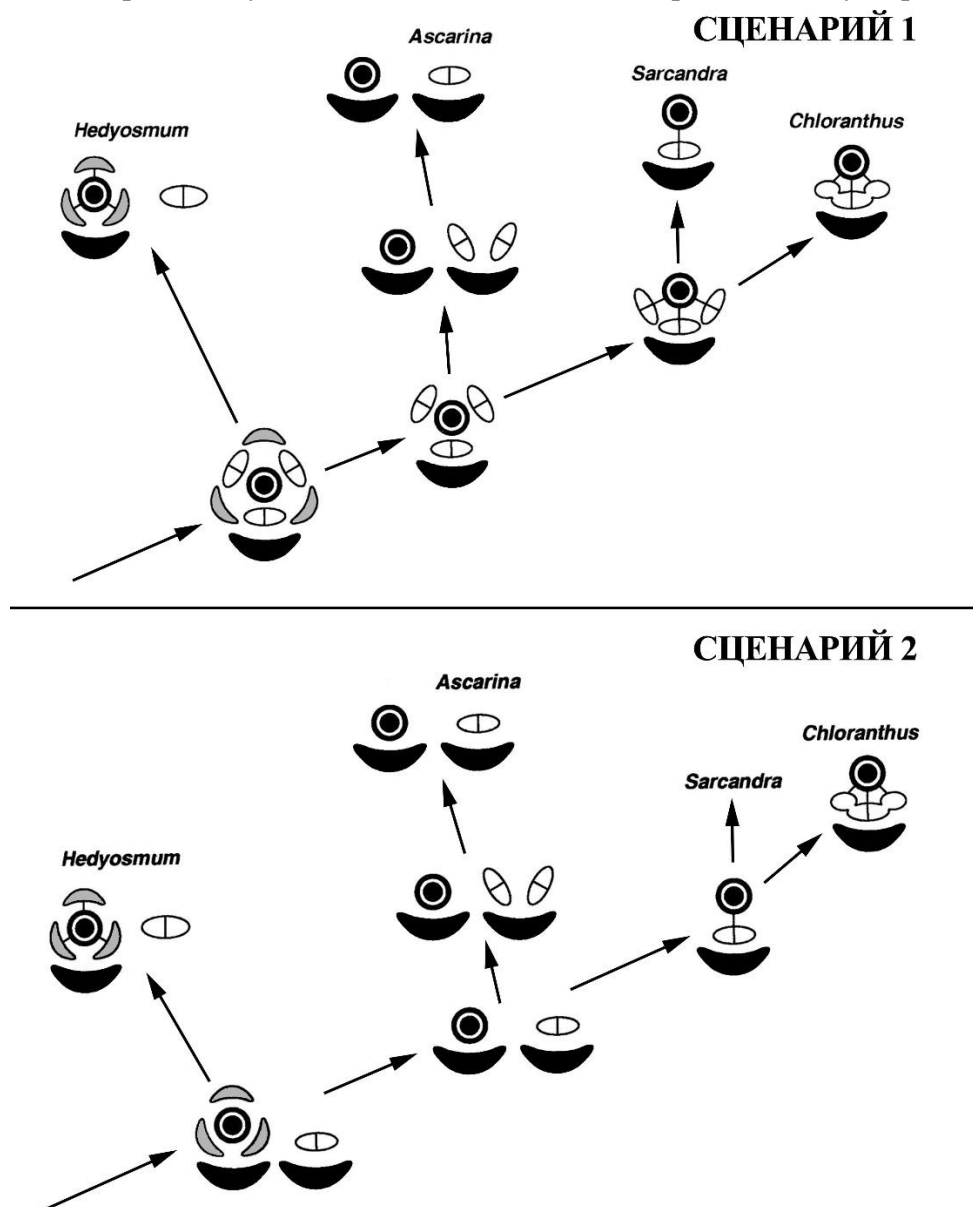
Верно. Да, такое утверждение является небезосновательным. Однако поддержка клады является довольно низкой, а, следовательно использовать это утверждение необходимо с большой осторожностью, что и было сделано в предложенной формулировке утверждения. При добавлении в анализ дополнительных данных, топология дерева в этом месте может измениться.

Е. Полученные данные достаточны, чтобы перенести *Diderma delatense* и *D. ochraceum* в род *Polyschismium* и предложить новые номенклатурные комбинации: *Polyschismium delatense* и *Polyschismium ochraceum*.

Неверно. Именно по причине того, что нынешняя топология дерева имеет очень низкие поддержки, полученные данные являются недостаточными для того, чтобы предлагать для этих таксонов новые комбинации в пределах рода *Polyshismium*, однако, поскольку клада из этих двух видов является монофилетической, ее представителей можно описать в статусе отдельного рода в том случае, если для них удастся предложить соответствующий диагноз, позволяющий отличить их морфологические признаки от представителей других родов.

7. Хлорантовые (*Chloranthaceae*) – семейство цветковых растений, представители которого в ископаемом состоянии известны с раннего мела и отличаются сильно редуцированными цветками. В современном объеме семейство насчитывает четыре рода и около 70 видов. У хлорантуса (*Chloranthus*) цветки расположены на соцветии в пазухах кроющих чешуй, двуполые, без околоцветника, имеют три тычинки с тычиночными нитями, прикрепленными к одногнездной завязи. На рисунке ниже изображены два возможных сценария эволюции цветка в семействе *Chloranthaceae*. Сценарий 1 демонстрирует происхождение цветков

современных хлорантовых от исходно обоеполого цветка, а сценарий 2 от разнополых цветков общего предка. Изучив особенности данных сценариев, можно утверждать, что:



Прежде всего надо внимательно прочитать задание и рассмотреть схемы. Описание цветка хлорантуса в задании должно позволить понять условные обозначения на диаграммах цветков, из которых состоят эволюционные сценарии. Сравнив описание с диаграммой, можно понять, как изображены тычинки, гинецей, околоцветник и кроющая чешуя, кроме того, заметить, что дополнительной линией отмечено прирастание элемента к гинецею. Также задание кратко и внятно объясняет, что изображено на прилагаемых схемах, помогая быстро и эффективно их изучить.

А. Согласно обоим сценариям ближайший общий предок *Sarcandra*, *Ascarina* и *Chloranthus* имел простой околоцветник;

Неверно. Это был либо обоеполый цветок без околоцветника, расположенный в пазухе кроющей чешуи (сценарий 1); либо это были разнополые цветки также лишенные околоцветника, но имеющие кроющую чешую (сценарий 2).

Б. Цветок современного *Hedyosmum* относительно исходного общего для семейства предка претерпел больше морфологических изменений в сценарии 1, чем в сценарии 2;

Верно. В сценарии 1 эволюционный путь от общего предка к современному *Hedyosmum* предполагает следующие преобразования: возникновение однополых цветков, потерю части тычинок, потерю кроющей чешуи мужского цветка, срастание листочков околоцветника с

гинецеем. Тогда как в сценарии 2 данный путь предполагает лишь: потерю кроющей чешуи мужского цветка и срастание листочков околоцветника с гинецеем.

В. Согласно обоим сценариям цветок общего предка *Sarcandra* и *Chloranthus* имел одну или несколько тычинок, прикрепленных к завязи;

Верно. В сценарии 1 это был тримерный андроцей, а в сценарии 2 – мономерный, однако в обоих случаях тычинки были прикреплены к завязи, о чем говорят соединяющие завязь и тычинки линии на диаграммах.

Г. Согласно сценарию 1 в эволюционной линии, ведущей к *Ascarina*, происходила редукция числа тычинок, тогда как в сценарии 2 все предки *Ascarina* имели мужские цветки с одной тычинкой;

Неверно. Первая часть утверждения верна, но, согласно сценарию 2 (и сценарию 1 тоже), в эволюционной линии *Ascarina* присутствует стадия с более чем одной тычинкой (с двумя тычинками) в мужском цветке.

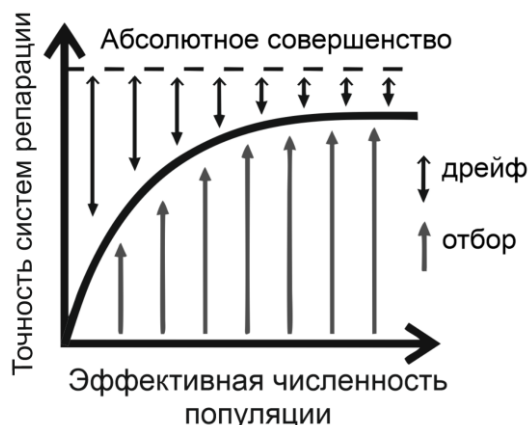
Д. Среди современных хлорантовых обоеполые цветки встречаются только у представителей рода *Chloranthus*;

Неверно. Обоеполые цветки встречаются в двух современных родах: *Chloranthus* и *Sarcandra*.

Е. В мужских цветках современных представителей рода *Hedyosmum* отсутствует не только околоцветник, но и кроющая чешуя цветка.

Верно. Цветки *Hedyosmum* разнополые, женский цветок состоит из гинецея, околоцветника и имеет брактею, тогда как мужской цветок состоит из одной тычинки, лишенной даже кроющей чешуи (брактеи).

8. Естественный отбор не всегда может бесконечно улучшать признаки организмов. Считается, что на каком-то этапе этому мешает случайный генетический дрейф: даже если дальнейшее усовершенствование какого-либо признака могло бы дать небольшое селективное преимущество, это преимущество становится настолько малым, что дрейф нивелирует его своим случайным воздействием. Предел отбора, вызванный дрейфом («drift barrier»), описывает ту границу в совершенствовании функции, за которой случайность начинает доминировать над естественным отбором, препятствуя закреплению полезных или удалению вредных аллелей. Например, этот принцип применим к точности систем репликации и репарации: их улучшение становится неэффективным, когда преимущество от меньшего количества ошибок больше не превышает ограничения, вызванные дрейфом. Данная идея проиллюстрирована на рисунке ниже. Выберите утверждения, следующие из описанной гипотезы (отметьте их верными, остальные – неверными):



А. Можно ожидать, что в больших популяциях темп мутагенеза должен быть ниже, чем в маленьких популяциях;

Верно. В больших популяциях, как правило, действует более сильный отбор, что позволяет повысить точность систем репарации, в результате уровень мутагенеза снижается. В маленьких популяциях влияние отбора ослабляется, и возрастает влияние генетического дрейфа, что может привести к увеличению темпа мутаций.

Б. В популяциях с половым размножением уровень мутагенеза выше, чем в таких же по размеру бесполовых популяциях, так как рекомбинация снижает связь мутаторного аллеля (увеличивающего

частоту мутаций в геноме) с вызываемыми им вредными мутациями, снижая эффективность отбора против него;

Верно. Сила отбора против мутаторного аллеля снижается из-за рекомбинации: вредные мутации, возникающие из-за несовершенства механизмов репарации, недолго ассоциированы с мутаторным аллелем, что не позволяет отбору выбраковать его.

В. В больших популяциях с высокой частотой мутаций генетический дрейф в большей степени способствует возникновению полезных мутаций, чем вредных;

Неверно. Генетический дрейф случаен и приводит к закреплению полезных и вредных мутаций с одинаковой вероятностью.

Г. При сильном дисбалансе в соотношении полов снижается эффективная численность популяции, что может привести к снижению частоты мутаций;

Неверно. Дисбаланс в соотношении полов приводит к снижению эффективной численности -> низкая эффективная численность снижает влияние отбора (повышается роль дрейфа) -> менее эффективно снижается темп мутагенеза.

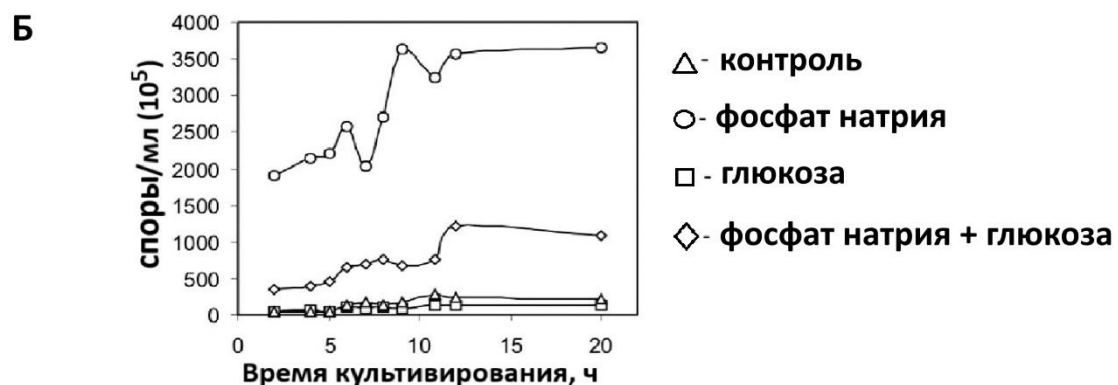
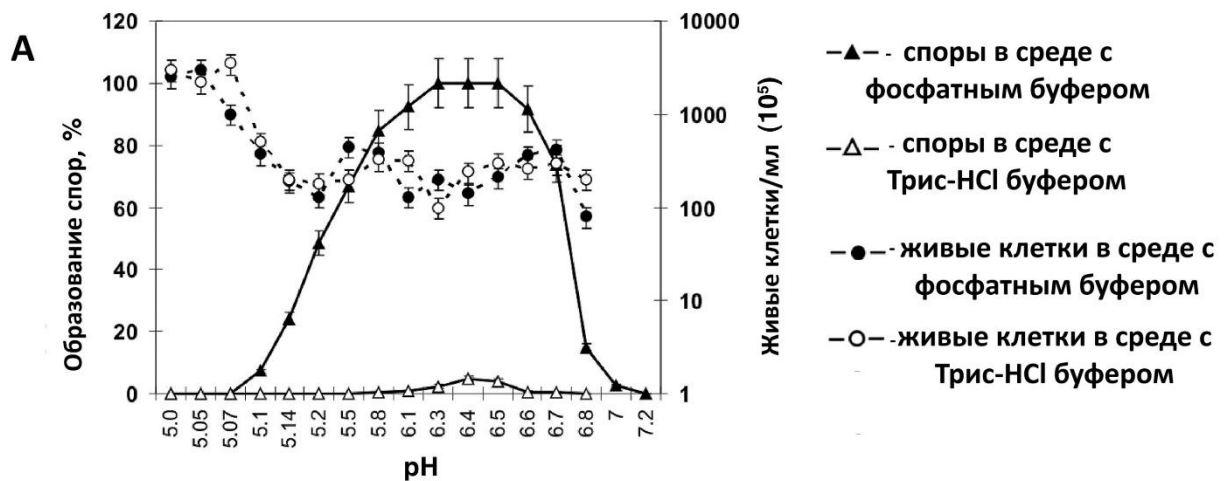
Д. Постоянное совершенствование работы систем репликации и репарации обязательно приводит к тому, что темп мутагенеза снижается до нуля, так как большинство мутаций вредны;

Неверно. Отбор не может снизить темп мутагенеза до нуля, так как селективное преимущество дальнейшего улучшения подавляется силой случайного генетического дрейфа.

Е. Отбор направлен на поддержание высокого уровня мутагенеза, так как в будущем мутации могут послужить источником генетического разнообразия необходимого для адаптации к новым условиям.

Неверно. Телеология. Отбор не заглядывает в будущее.

9. Образование спор – распространенный способ пережить неблагоприятные условия среди грамположительных бактерий. Для изучения зависимости интенсивности спорообразования бактерии *Clostridium perfringens* от различных веществ, дикий штамм бактерии, выделенный из кишечника пациента, культивировали в жидкой модифицированной среде Дункана-Стронга (пептон, дрожжевой экстракт, тиогликолят натрия, гидрофосфат натрия, раффиноза). В первом эксперименте (график А) рН питательной среды предварительно подводили фосфатным или Трис-НСI буфером, во втором эксперименте (график Б) *C. perfringens* культивировали в 4 вариантах среды, приготовленных с использованием Трис-НСI буфера (рН 6.0): контроль, с глюкозой, с фосфатом натрия, со смесью глюкозы и фосфата натрия. Внимательно изучите графики и укажите для каждого утверждения, является оно верным или нет:



А. Наличие фосфатов в среде стимулирует бинарное деление *C. perfringens*;

Неверно. На верхнем графике видно, что на средах, которые были подтитрованы разными буферами, количество живых клеток значительно не отличалось.

Б. Уровень pH является основным сигналом для спорообразования *C. perfringens*;

Неверно. На средах, которые титровали Трис-НСI буфером, образование спор не превышало 5% вне зависимости от pH.

В. Глюкоза оказывает синергетическое действие с фосфатом на спорообразование *C. perfringens*;

Неверно. На нижнем графике видно, что количество спор уменьшается при добавлении в среду глюкозы и фосфата в сравнении со средой, содержащей только фосфат.

Г. Катаболитная репрессия, проявляющаяся при добавлении в питательную среду глюкозы, приводит к ингибированию спорообразования *C. perfringens*;

Верно. Количество спор уменьшается при добавлении в среду глюкозы и фосфата в сравнении со средой, содержащей только фосфат.

Д. Вероятно, выявленные в исследовании зависимости нельзя экстраполировать на процесс образования спор у бактерий рода *Streptomyces* в связи с иным механизмом спорообразования;

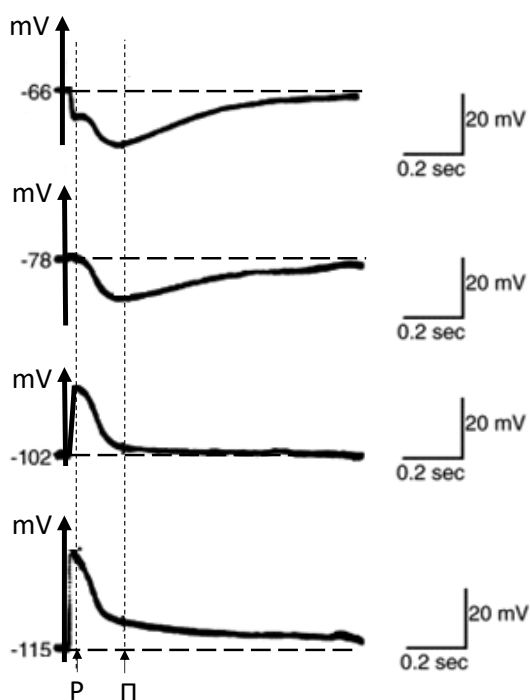
Верно. Бактерии рода *Streptomyces* образуют экоспores.

Е. Спорообразование некоторых энтеробактерий (*Enterobacteriales*), выделенных из кишечника человека, будет зависеть от тех же факторов, что и спорообразование бактерий *C. perfringens*.

Неверно. Энтеробактерии – грамтрицательные неспорообразующие бактерии.

10. Гамма-аминомасляная кислота – один из основных тормозных нейромедиаторов в ЦНС зрелого головного мозга млекопитающих. Обычно выделяют три класса рецепторов ГАМК: ионотропные ГАМК-А и ГАМК-С рецепторы (каналы этих рецепторов селективны к хлорид-ионам) и метаботропные ГАМК-В рецепторы (при активации этих рецепторов через цепочку вторичных посредников происходит открытие калиевых каналов). Исследователи изучали ГАМКергический синапс между нейронами X и Y (X→Y). Известно, что на постсинаптической мембране присутствуют ГАМК-В и ГАМК-С рецепторы. После

активации нейрона X на постсинаптической мембране нейрона Y возникают два разных ионных тока, при этом один появляется с некоторым запозданием по отношению к другому. Возникновение каждого из токов связано с активацией того или иного типа рецептора (ГАМК-В или ГАМК С). Вызванные этими токами изменения мембранного потенциала будем называть фазами (ранней и поздней) постсинаптического ответа. Потенциал покоя постсинаптической мембраны нейрона Y составляет -66 мВ. В ходе исследования путем введения постоянного гиперполяризующего тока в нейрон Y достигалась гиперполяризация мембраны до значений мембранного потенциала -78 мВ, -102 мВ, -115 мВ, как показано на графиках. Буквами Р и П показаны моменты времени, соответствующие пиковому току ранней и поздней фазы постсинаптического ответа соответственно. На этом фоне активировали нейрон X и регистрировали ответ нейрона Y. Проанализируйте, как в зависимости от исходного значения мембранного потенциала на постсинаптической мембране Y (-66 мВ, -78 мВ, -102 мВ или -115 мВ) изменяется каждая из фаз постсинаптического ответа, и определите, являются ли приведенные ниже суждения верными или неверными. Обозначения на графиках: mV – милливольты, sec – секунды.



А. Ранняя фаза постсинаптического ответа возникает в результате активации ГАМК-В рецепторов, а поздняя фаза – в результате активации ГАМК-С рецепторов;

Неверно. ГАМК-С рецепторы – ионотропные, ионные токи при их активации возникают быстрее, чем при активации метаботропных ГАМК-В рецепторов (т.к. должен реализоваться сигнальный каскад с участием вторичных посредников).

Б. При мембранном потенциале -78 мВ нет ранней фазы ответа, т.к. при этом значении мембранного потенциала не достигается критический уровень деполяризации, необходимый для открытия ионных каналов;

Неверно. В задании речь идет о лиганд-управляемых каналах, а не о потенциалзависимых.

В. При мембранном потенциале -115 мВ нет поздней фазы ответа, т.к. это значение мембранного потенциала соответствует равновесному потенциалу для ионов калия;

Неверно. По графику видно, что поздняя фаза имеется и представлена деполяризующим током.

Г. В условиях данного эксперимента концентрация хлорид-ионов во внеклеточной среде выше, чем в цитоплазме;

Верно. При значении мембранного потенциала -78 мВ ток ранней фазы равен нулю. Поскольку ранняя фаза связана с активацией ГАМК-С рецепторов, а ГАМК-С рецепторы, как указано в тексте, являются хлорными каналами, то -78 мВ соответствует равновесному потенциалу хлорид-ионов. С

учетом отрицательного заряда хлорид-ионов, отрицательное значение равновесного потенциала означает, что концентрация хлорид-ионов вне клетки больше, чем в цитоплазме.

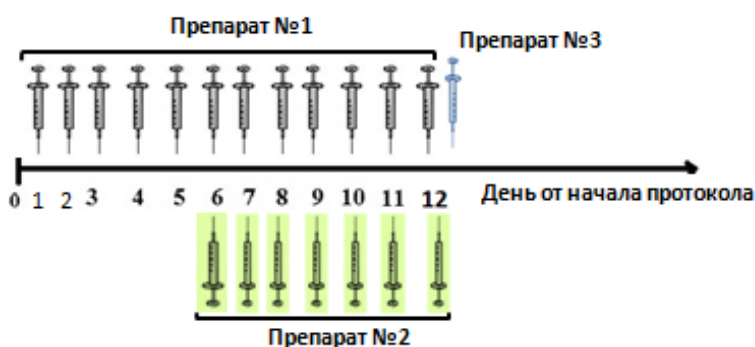
Д. В условиях данного эксперимента концентрации вне и внутри клетки для ионов калия отличаются в меньшее число раз, чем для хлорид-ионов;

Неверно. Равновесный потенциал для хлорид-ионов -78 мВ, для ионов калия -102 мВ. По модулю равновесный потенциал для ионов калия больше, а значит и вне- и внутриклеточные концентрации этого иона различаются в большее число раз.

Е. При мембранном потенциале -115 мВ в рамках постсинаптического ответа на нейроне Y сначала возникает выходящий ток хлорид-анионов, далее с некоторым запозданием – выходящий ток ионов калия.

Неверно. Из графика видно, что поздняя фаза ответа представлена деполяризующим током, а в контексте калиевого тока это означает, что возникает преимущественно входящий ток.

11. В ряде случаев бесплодие связано с тем, что у женщины по той или иной причине не происходит овуляции. В такой ситуации в рамках вспомогательных репродуктивных технологий овуляция может быть индуцирована путем введения тех или иных препаратов по определенному протоколу. Ниже приведена упрощенная схема одного из таких протоколов. На этой схеме показано, в какие дни следует вводить препараты №1-3, являющиеся синтетическими аналогами или антагонистами гормонов. Целью введения препаратов по предложенной схеме является стимулирование созревания фолликулов с последующей индукцией овуляции с помощью введения препарата №3. Через некоторое время после введения препарата №3 проводят забор яйцеклеток, искусственную инсеминацию и далее перенос эмбрионов в матку.



А. В качестве препарата №1 целесообразно вводить аналог лютеинизирующего гормона;

Неверно. Прежде чем индуцировать овуляцию необходимо стимулировать созревание фолликулов, в качестве препарата №1 подойдут аналоги ФСГ.

Б. В качестве препарата №2 целесообразно вводить аналоги прогестерона для подготовки матки к имплантации эмбриона;

Неверно. В случае успешной индукции овуляции остатки разорвавшегося фолликула станут желтым телом и обеспечат секрецию прогестерона естественным образом.

В. В качестве препарата №3 целесообразно вводить аналог хорионического гонадотропина человека;

Верно. ХГЧ действует через рецепторы ЛГ и его пиковые концентрации способны индуцировать овуляцию.

Г. Перед введением препарата №3 следует оценить уровень лютеинизирующего гормона в крови или моче для определения оптимального времени для индукции овуляции;

Неверно. Созревание фолликулов и готовность к непосредственной индукции овуляции следует оценивать по УЗИ. Оценка уровня ЛГ с учетом введения гормонов извне по строгой схеме неинформативна.

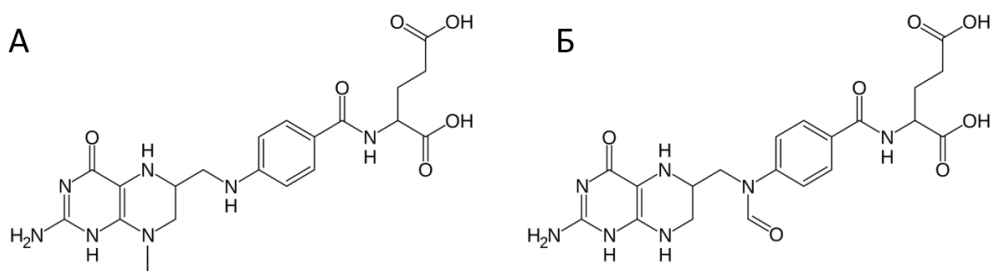
Д. В случае эффективности предложенного протокола перенос эмбрионов в матку можно планировать на 15-й день протокола;

Неверно. После индукции на 12й день сама овуляция происходит не мгновенно, а с задержкой в 12-36 часов. Кроме того, имплантация возможна лишь на стадии бластоцисты на 5й день развития (а не сразу после оплодотворения), поэтому перенос эмбрионов в матку на 15й день протокола (через 3 дня после индукции овуляции) невозможен.

Е. В качестве препарата №2 целесообразно использовать антагонисты гонадолиберина (гонадотропин-рилизинг-гормона).

Верно. В результате искусственной стимуляции созревания фолликулов может случиться эндогенная пиковая секреция ЛГ, как это происходит в норме. Для предотвращения такого пика ЛГ и, соответственно, преждевременной незапланированной овуляции с определенного момента протокола целесообразно тормозить эндогенный выброс ЛГ антагонистами гонадолиберина.

12. На рисунке представлены две формы одного из коферментов. Для каждого утверждения выберите, является оно верным или неверным:



А. Молекулярная масса формы кофермента Б составляет 473,44 кДа;

Неверно. Брутто-формула формы Б (N^{10} -формилтетрагидрофолат) составляет $C_{20}H_{23}N_7O_7$, что имеет молекулярную массу в 473,44 Да (не килодальтон!).

Б. Для превращения 1 моль формы кофермента Б в форму А требуется окислить 4 моль НАДФН;

Неверно. Разница в степени окисления атома углерода в присоединенных одноуглеродных фрагментах ($>N-C^{-2}H_3$ и $>N-C^{+2}(H)=O$) составляет 4, а одна молекула НАДФН переносит 2 электрона. Значит, для восстановления 1 моль формы Б (N^{10} -формилтетрагидрофолат) до формы А (N^5 -метилтетрагидрофолат) требуется 2 (а не 4) моль НАДФН.

В. Субстратом реакции, катализируемой метионил-тРНК формилтрансферазой, служит форма кофермента А;

Неверно. В этой реакции происходит перенос остатка формиата на атом азота (формилирование) остатка метионина, для этого используется форма Б (N^{10} -формилтетрагидрофолата), где одноуглеродный фрагмент как раз находится в форме остатка формиата.

Г. S-аденозилметионин (SAM) способен переносить одноуглеродный фрагмент в той же степени окисления, что и форма кофермента Б;

Неверно. SAM переносит $-S-C^{-2}H_3$ одноуглеродный фрагмент, чья степень окисления углерода соответствует фрагменту $>N-C^{-2}H_3$ в форме А (N^5 -метилтетрагидрофолат), но не фрагменту $>N-C^{+2}(H)=O$ в форме Б (N^{10} -формилтетрагидрофолат).

Д. В биосинтезе данного кофермента используется глутамат;

Верно. В биосинтезе фолата использует глутамат, остаток которого можно наблюдать в правой части структурной формул приведенных форм тетрагидрофолата.

Е. Дефицит данного кофермента (суммы его форм) может привести к мегалобластной анемии – состоянию, при котором эритроциты в крови заменяются небольшим количеством аномально больших эритроцитов, известных как макроциты – которая вызывается недостаточностью синтеза дезокситимидинмонофосфата.

Верно. Для синтеза дезокситимидинмонофосфата необходимо метилировать дезоксиуридинмонофосфат (известно, что тимин – это метилированный уридин), в чем участвует N^5,N^{10} -метилтетрагидрофолат, который может быть получен также из других форм тетрагидрофолата.