25–27 ноября 2022

МЕЖДУНАРОДНАЯ БИОЛОГИЧЕСКАЯ УНИВЕРСИАДА

Письменный тур

Не открывайте задания до сигнала

Время выполнения — 210 минут
Сумма баллов — 100

МГУ имени М.В. Ломоносова

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

1. В быстрых мелких ручьях складываются характерные сообщества беспозвоночных, обладающих схожими адаптациями. В одном таком исследованном водотоке наблюдаются высокая скорость движения воды, высокая концентрация кислорода, каменистое дно. Какие адаптации характерны для беспозвоночных (не обязательно всех, но многих), обитающих в этом ручье?

А. Приспособления для удержания в течении, например, прикрепительные диски.
Б. Приспособления к дыханию атмосферным воздухом, например, дыхательные трубки, способность набирать воздух под надкрылья.
В. Защита хрупких органов дыхания от попадания ила.
Г. Фильтрационный тип питания.
Д. Свободно плавающие ресничные личинки.
Е. Роющие конечности для создания нор в грунте.

2. Филогенетика изучает эволюционную историю разных групп организмов. Методы филогенетики позволяют строить филогенетические деревья (кладограммы) – диаграммы, иллюстрирующие родственные связи между видами или более крупными таксонами. Филогенетика связана с систематикой: доминирует мнение, согласно которому таксоном (единицей биологической систематики) может быть только монофилетическая группа – такая, которая объединяет всех потомков общего предка.

На рисунке представлены три варианта кладограмм для позвоночных-амниот: две из них построены по данным морфологии, одна – по данным последовательностей нуклеиновых кислот. Выберите утверждения, которые следуют из представленных данных.

А. В анализ были включены только ныне живущие группы амниот.
Б. Разные наборы данных показывают разное филогенетическое положение черепах относительно других групп амниот.
В. Рептилии в узком понимании (крокодилы, лепидозавры, черепахи) не могут считаться таксоном.
Г. Рептилии в широком понимании (крокодилы, лепидозавры, черепахи, птицы) не могут считаться таксоном.
Д. По молекулярным данным, ближайшие родственники млекопитающих – лепидозавры.
Е. Все данные указывают на то, что ближайшие современные родственники птиц – крокодилы.

3. Представьте, что вы принимаете участие в экспедиции по поиску новых, пока ещё не описанных животных. Вы попали на какой-то тропический архипелаг, где обитающие там туземцы, узнав о ваших интересах к животному миру, начинают рассказывать всякие занимательные байки про различных представителей местной фауны. Ниже представлены несколько таких туземных описаний представителей фауны. Выберите среди них те, которые не соответствуют никаким реальным животным, а являются плодом фантазии местных жителей (отметьте в матрице ответов такие пункты как верные).

А. «Птицы эти выкапываются из земли. Никто и никогда не видел, чтобы эти птицы насиживали яйца, как делают все нормальные птицы. Просто в какой-то момент из какой-нибудь тёплой кучи песка выкапываются вдруг маленькие птенцы, уже покрытые перьями и умеющие бегать и даже перелетать с места на место. И живут они дальше сами, без родительского присмотра и заботы».

Б. «В глубоких и тёмных пещерах, куда совсем не проникает солнце, живут маленькие птички. Эти птички кормят целый мир – они носят в пещеры насекомых, которых ловят в воздухе, а на остатках от еды этих птичек и на их экскрементах кормятся разные другие насекомые и даже змеи. А гнёзда свои эти птички делают из слюны, которую они лепят к отвесным стенам пещеры. И слюна эта столь крепка, что выдерживает вес птички и двух её птенцов».

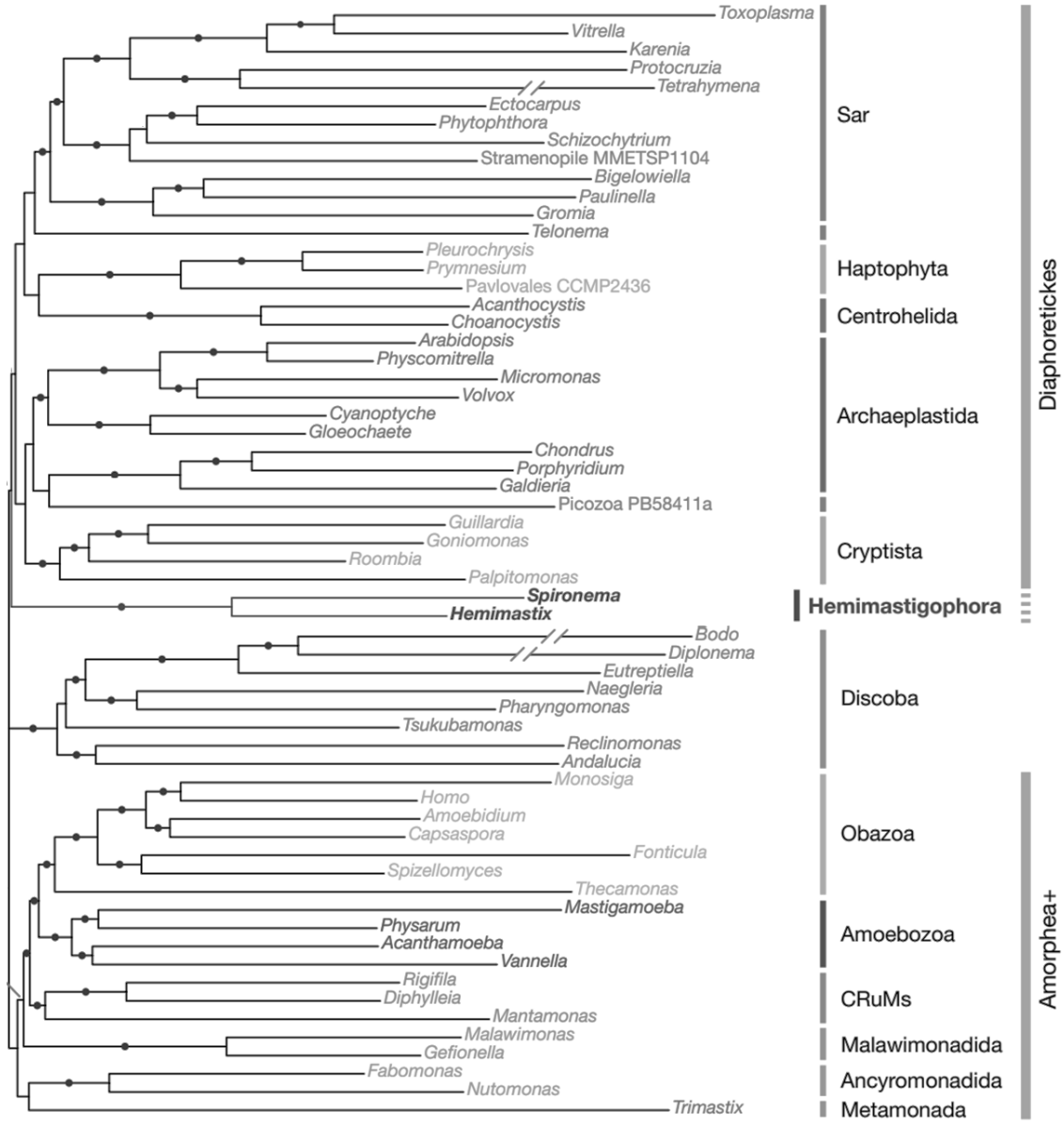
В. «Этот небольшой и пушистый зверь живёт под землёй и никогда не выходит на поверхность. Глаза его полностью скрыты под кожей, он абсолютно слеп. Охотится он на разную мелочь, живущую в длинных и разветвлённых ходах, которые он сам и выкапывает при помощи длинных и крепких клыков».

Г. «Эти звери ядовиты и могут убить своего обидчика ударом ядовитой задней ноги. Добычу свою они находят чудесным образом: ведь когда эти звери охотятся, особая складка кожи закрывает им на голове полностью и уши, и глаза, и ноздри. А ещё эти звери потеют молоком и эту жидкость слизывают их детёныши».

Д. «Живёт за дальними островами морской змей. У этого морского змея тело и хвост сплющены с боков, а внутри тела есть длинный пузырь, заполненный воздухом, этот пузырь помогает змею плавать. А ещё этот змей выплёвывает солёную слюну, более солёную, чем вода в море. Маленькие змеёныши у этого морского змея не вылупляются из яиц, а рождаются живыми, как поросята или щенята».

Е. «Когда наступает сезон дождей, маленькие пятнистые лягушки, живущие на островах, начинают переплывать с одного острова на другой. Они громко кричат, призывая сородичей, и ищут для откладки икры самую лучшую, самую тёплую и спокойную лагуну».

4. На рисунке приведено эволюционное древо, полученное в результате анализа транскриптомов эукариот. Рассмотрите дерево и выберите правильные утверждения:



А. Царство Дискоба (Discoba) является сестринской группой для Метамонад (Metamonada), т.к. раньше они входили в один таксон – Экскаваты (Excavata).

Б. Cryptista и Haptophyta – сестринские группы, т.к. они входили в царство Хакробия (Hacrobia).

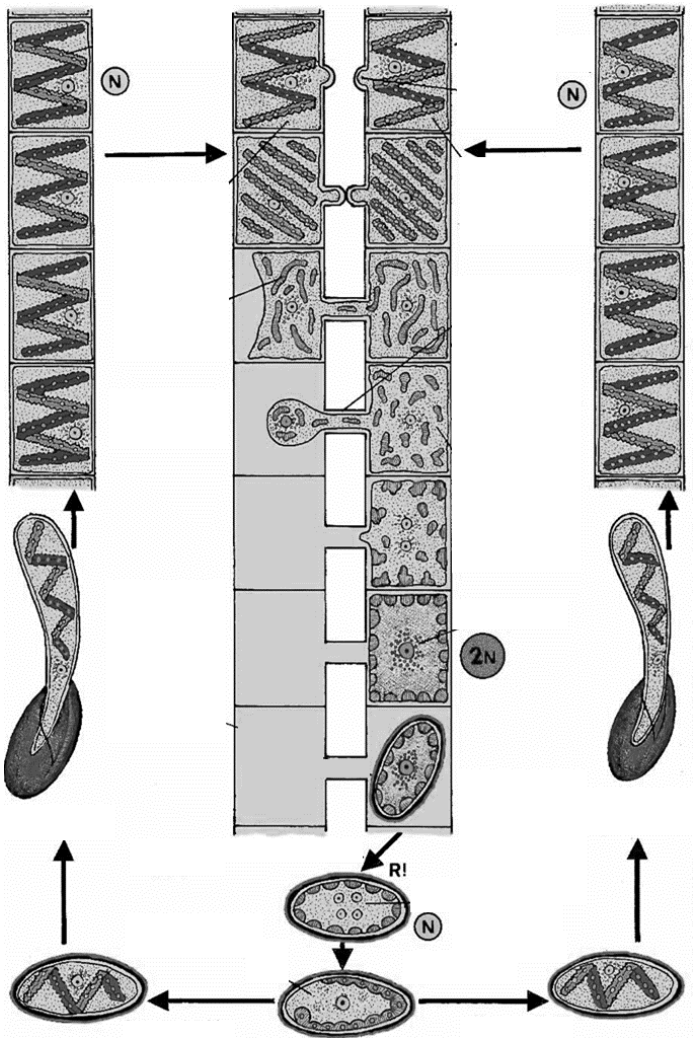
В. Бурые водоросли и оомицеты образуют монофилетический таксон.

Г. *Telonema* является сестринской группой для Haptophyta.

Д. Зеленая линия (Chlorophyta и Streprophyta) и красная линия (Rhodophyta) образуют монофилетический таксон.

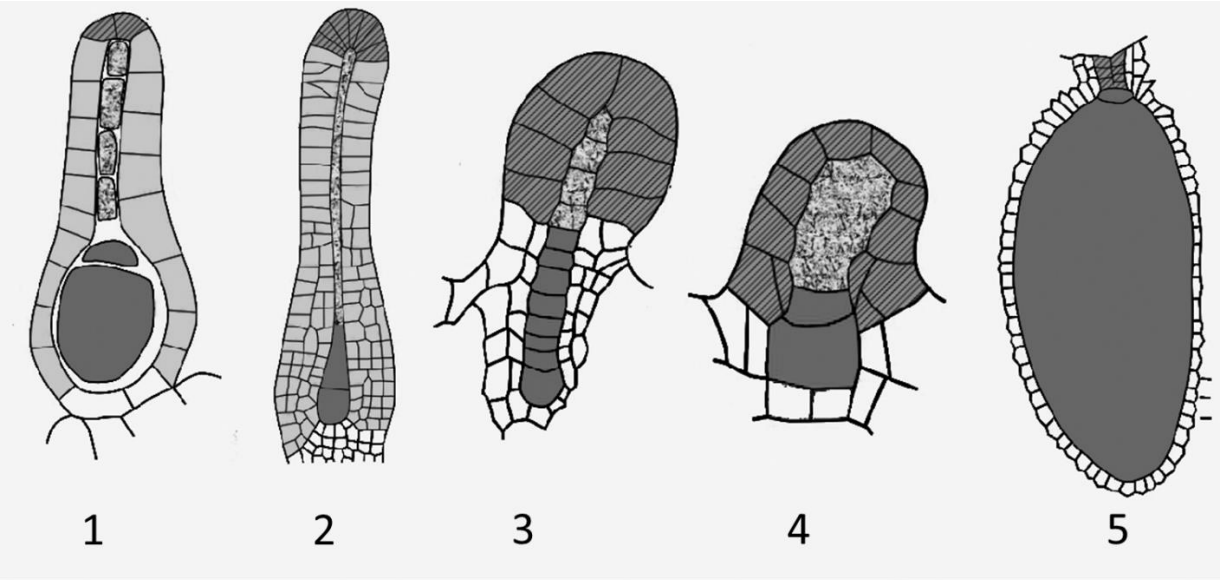
Е. Гаптофитовые водоросли (Haptophyta) – сестринская группа для солнечников (Centrohelida), но не для криптофитовых водорослей (Cryptista).

5. На рисунке представлен жизненный цикл зигнемофициевой водоросли. Рассмотрите его и выберите правильные утверждения:



А. Жизненный цикл этой водоросли – гаплобионтный с зиготической редукцией.
Б. После мейоза три ядра отмирают, и зигота прорастает одним проростком.
В. Половой процесс – конъюгация, при которой происходит обмен генетическим материалом.
Г. Половой процесс – гетерогамный, т.к. зиготы формируются только в одной нити.
Д. В вегетативных клетках по 5 хлоропластов.
Е. Вегетативные клетки одноядерные.

6. На рисунках 1–5 изображены в продольном разрезе архегонии различных представителей высших растений. В скобках после латинского названия вида указан класс, к которому принадлежит растение. Обратите внимание, что гомологичные клетки изображены одинаковым тоном (точковкой, штриховкой).

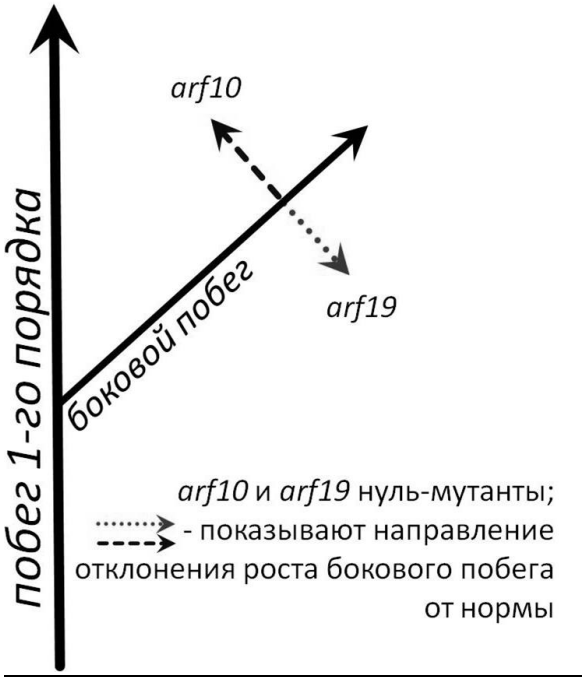


1 – ***Marchantia polymorpha*** **(Marchantiopsida)**
2 – ***Sphagnum subsecundum*** **(Sphagnopsida)**
3 – ***Diphasiastrum complanatum*** **(Lycopodiopsida)**
4 – ***Diplazium expansum*** **(Polypodiopsida)**
5 – ***Picea abies*** **(Pinodsida)**

Основываясь на данных изображениях, выберите верные утверждения о строении архегониев высших растений:

А. У папоротников в архегонии отсутствует брюшная канальцевая клетка.
Б. Шейка архегония у мхов и печеночников не гомологична шейке архегония у сосудистых растений.
В. У плаунообразных растений развивается от 4 до 8 яйцеклеток в одном архегонии.
Г. Брюшко архегония у мохообразных растений имеет стенку из одного слоя клеток.
Д. У семенных растений в шейке архегония отсутствуют канальцевые клетки.
Е. Брюшко архегония у сосудистых растений погружено в ткань гаметофита.

7. Известно, что побег обладает отрицательным гравитропизмом. Но если бы направление роста боковых побегов определялось только вектором гравитации, они должны были бы расти параллельно главному побегу. Есть гипотеза о существовании антигравитропической составляющей в росте боковых побегов. Согласно ей, эта составляющая противоположна направлению гравитропической компоненты. В гравитропическом ответе участвуют ауксины, ведь именно они запускают механизм роста растяжением, который и позволяет побегу «изгибаться» в нужном направлении. Транспорт ауксина идет от апекса бокового побега к основанию, а гравитропический ответ вызывается перераспределением ауксина на нижнюю сторону бокового побега. Важнейшим компонентом системы ответа клетки на ауксин являются транскрипционные факторы ARF (Auxin Response Factors). На рисунке представлены фенотипы побеговой системы нуль-мутантов *arf10* и *arf19*, у которых меняется направление роста боковых побегов по сравнению с диким типом, что отражено при помощи пунктирных стрелок. Считайте, что ARF10 и ARF19 могут только активировать рост растяжением, но не могут его подавлять. Выберите верные утверждения:



А. В побеге гравитропическая компонента направлена вверх, а вот антигравитропическая – вниз.

Б. Поскольку в побеге гравитропизм отрицательный, то фенотип нуль-мутанта *arf19* говорит об отсутствии (либо снижении) гравитропического ответа, тогда как *arf10* – антигравитропического ответа.

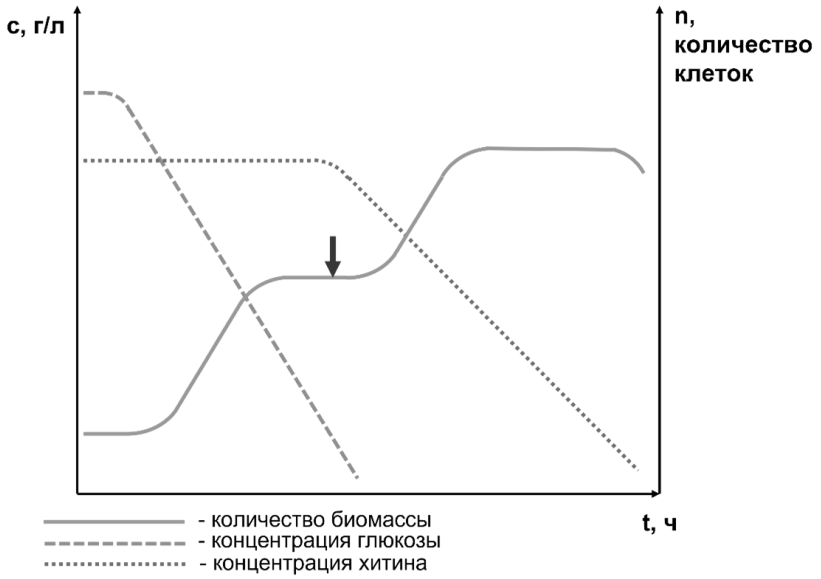
В. Исходя из результатов эксперимента можно предположить, что, скорее всего, ARF19 связан с антигравитропической, а ARF10 – с гравитропической компонентой.

Г. Если поместить растения в клиностат (прибор, который снимает одностороннее воздействие силы тяжести), то они будут демонстрировать изменение направления роста боковых побегов в сравнении с нормой. Данное изменение будет связано с тем, что антигравитропическая и гравитропическая компоненты будут компенсировать друг друга.

Д. Один из возможных механизмов, который реализуется при гравитропическом ответе в побеге, может быть следующий. Поток ауксина от верхушки бокового побега имеет ответвления на нижнюю сторону бокового побега, вызывая активацию гравитропической компоненты, и на верхнюю сторону бокового побега, вызывая активацию антигравитропической компоненты.

Е. Можно предположить, что ARF19 и ARF10 экспрессируются на нижней и верхней сторонах бокового побега, соответственно, и специфически активируют гены, связанные с ростом растяжением на нижней и верхней сторонах бокового побега.

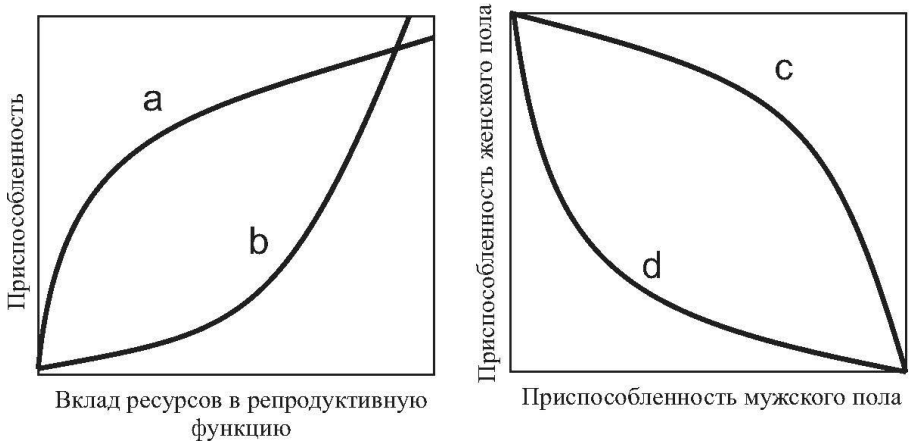
8. В лабораторных условиях при работе с микроорганизмами чаще всего изучают свойства периодических культур, т.е. популяций микроорганизмов, рост которых обусловлен ограниченностью объёма питательной среды и единоразовым внесением питательных веществ. На рисунке показана кривая роста периодической культуры бактерий в питательной среде, содержащей глюкозу и хитин в качестве источников углерода. Стрелкой обозначен момент начала синтеза культурой промышленно значимого вещества. Выберите верные утверждения:



А. Глюкоза в среде ингибирует усвоение хитина бактериями за счет катаболитной репрессии.
Б. У представленной культуры отсутствует фаза отмирания при периодическом культивировании на среде, содержащей только глюкозу в качестве источника углерода.
В. Черной стрелкой обозначено начало синтеза бактериального антибиотика тетрациклина.
Г. Черной стрелкой обозначено начало синтеза хитиназ.
Д. Хитин является более предпочтительным субстратом для роста культуры, чем глюкоза.
Е. В данных условиях рассматриваемая культура не способна к синтезу гидролаз.

9. На графике слева представлены два варианта влияния на приспособленность вклада ресурсов в размножение тем или иным полом. Кривая «a» отражает ситуацию, когда при высоких вкладах ресурсов в размножение дополнительные инвестиции слабо влияют на приспособленность, тогда как кривая «b» отражает ситуацию, когда только высокий уровень инвестиций в репродуктивную функцию приводит к значительному увеличению приспособленности.

Разные варианты вклада ресурсов на приспособленность приводят к разным эволюционным компромиссам (trade-offs) между полами, которые изображены на графике справа. Кривая «c» означает, что перераспределение вклада ресурсов на альтернативный пол не сильно снижает приспособленность другого пола. Кривая «a» на левом графике соответствует кривой «c» на правом графике, так как при снижении роста приспособленности от дополнительных инвестиций в размножение отбор будет благоприятствовать инвестированию ресурсов в другой пол, кривая «b» соответствует кривой «d».



Выберите верные утверждения:

А. Самооплодотворяющиеся животные размножаются вдвое быстрее, чем раздельнополые, поэтому гермафродитизм выгоден для всех организмов.

Б. Для кривой «c» оптимален гермафродитизм, потому что он дает наибольшую общую приспособленность, полученную от обоих полов.

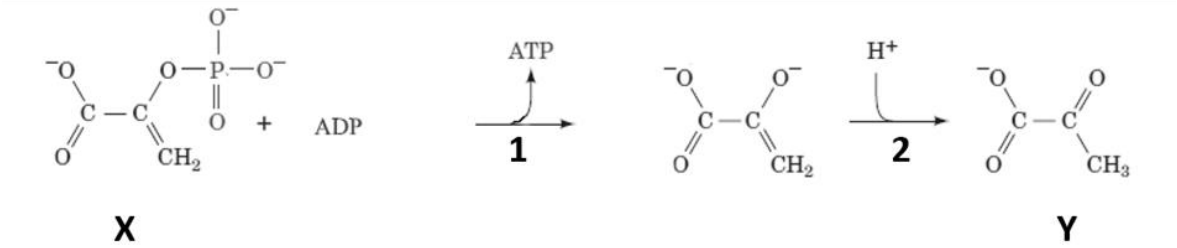
В. Если дополнительные инвестиции слабо влияют на приспособленность (кривая «a»), оптимальным является либо мужской, либо женский пол, но не гермафродитизм.

Г. Согласно данной схеме, отбор должен благоприятствовать развитию двудомности у растений, семена которых распространяются животными, так как для распространения животными, как правило, необходим достаточно большой вклад ресурсов в развитие плодов.

Д. Развитие гермафродитизма не может быть выгодно ни при каких условиях, так как в этом случае возможно самооплодотворение, которое приводит к накоплению генетического груза.

Е. Если только высокий уровень инвестиций в репродуктивную функцию приводит к значительному увеличению приспособленности (кривая «b»), то эволюционно-стабильной стратегией будет гермафродитизм.

10. Ученый выделил фермент Ф, который катализирует реакцию, представленную на рисунке. Далее он планирует изучать свойства этого фермента. У ученого отсутствует техническая возможность напрямую детектировать концентрацию вещества Y в растворе. Поэтому он дополнительно добавляет в реакционную систему НАДН и фермент лактатдегидрогеназу, который восстанавливает вещество Y и окисляет НАДН до НАД$^+$, что можно детектировать с помощью спектрофотометра. В такой сопряженной системе было изучено, как влияет ингибитор (I) на скорость реакции, катализируемой ферментом Ф. Результаты представлены в таблице. Выберите верные утверждения.



Концентрация X (мкМ):	**0**	**5**	**10**	**30**	**50**	**100**	**200**	**500**	**1000**	**10000**
Состав реакции:	**v (у.е.):**									
X	0	6	11	30	45	74	108	149	171	197
X + 1 мМ I	0	3	6	18	29	50	80	125	154	194
X + 1,7 мМ I	0	2	4	11	18	33	57	100	133	190
X + 3,3 мМ I	0	1	2	6	10	18	33	67	100	182

А. В физиологических условиях клетки человека представленная на рисунке реакция необратима и протекает в указанном на рисунке направлении. При этом необратимость достигается лишь за счет экзергоничности ($\Delta G < 0$) второго (2) этапа реакции, тогда как первый (1) этап не является экзергоничным.

Б. Ионы магния скорее всего будут ингибировать представленную на рисунке реакцию.

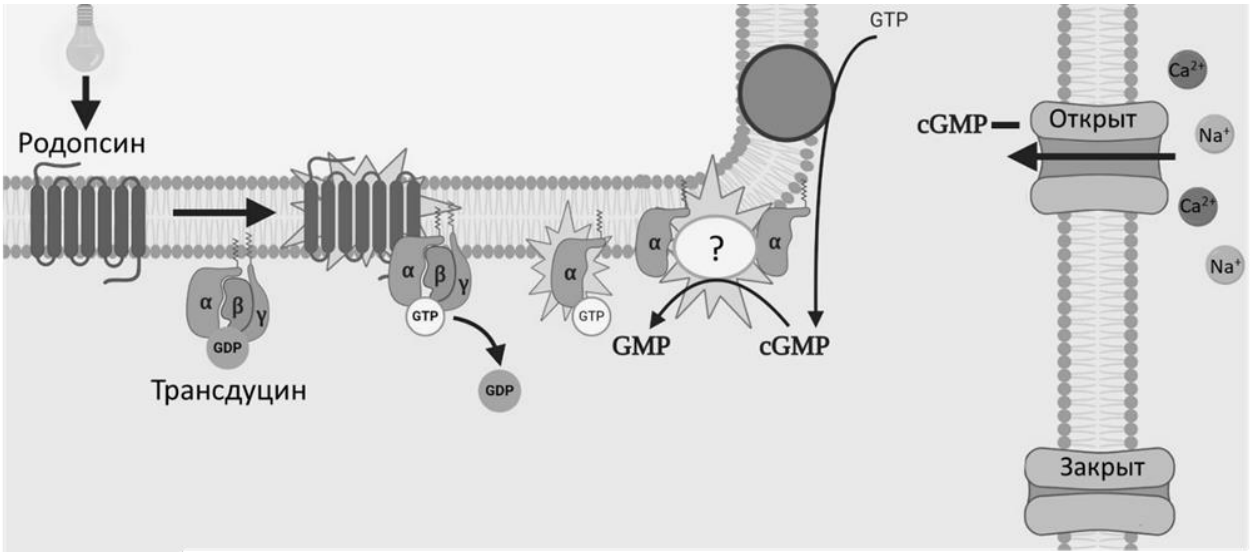
В. Для успешного измерения активности фермента Ф лактатдегидрогеназа и НАДН должны быть в недостатке относительно вещества X и изучаемого фермента Ф, иначе активность последнего не будет зависеть от концентрации субстрата, что сделает невозможным проведение кинетических тестов.

Г. Ингибитор I скорее связывается со свободным ферментом, чем с фермент-субстратным комплексом.

Д. Другими известными ингибиторами фермента Ф являются АТФ, аланин и длинноцепочечные жирные кислоты.

Е. В отличие от растений, у человека атомы углерода из соединения Y могут быть включены лишь в состав синтезируемых углеводов, но не жирных кислот.

11. На рисунке показан механизм восприятия света палочками в сетчатке человека. При попадании квантов света родопсин стимулирует обмен GDP на GTP в белке трансдуцине, что запускает дальнейший сигнальный каскад. В мембране клетки присутствуют cGMP-зависимые катионные каналы, которые пропускают катионы Na^+ и Ca^{2+}.



Рассмотрите рисунок и выберите верные утверждения:

А. Активация одной молекулы альфа-субъединицы трансдуцина приводит к активации только одной молекулы белка, отмеченного знаком «?».

Б. Знаком «?» отмечена фосфодиэстераза.

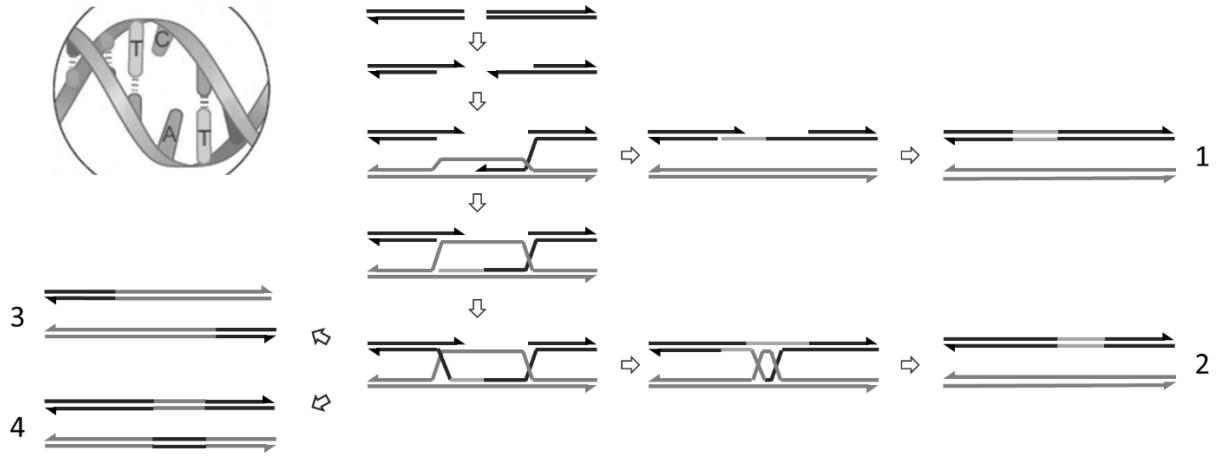
В. В темноте концентрация cGMP в фоточувствительной клетке выше, чем на свету.

Г. Плазматическая мембрана палочки проницаема только для ионов Na^+ и Ca^{2+}.

Д. На мембране фоточувствительной клетки отсутствует Na^+/K^+-АТФаза.

Е. При попадании квантов света на родопсин происходит деполяризация фоточувствительной клетки, то есть ее мембранный потенциал становится более положительным.

12. На рисунке представлены пути направляемой гомологией репарации двуцепочечного разрыва (ДЦР) ДНК. Отметим, что отдельные нуклеотиды у гомологичных хромосом могут все же отличаться, как, например, бывает при разных аллельных вариантах одного гена. Тогда при образовании ими гетеродуплекса возникают неспаренные основания – такой гетеродуплекс изображен слева на рисунке. Конверсией гена называют превращение его аллельного варианта в другой аллель, представленный на гомологичной хромосоме. Внимательно рассмотрите схему и выберите верные суждения:



А. В клетках млекопитающих эти пути репарации ДЦР чаще случаются в G1 фазе клеточного цикла, чем в G2.

Б. Путь 1 протекает преимущественно в профазе 1 мейоза.

В. Сближение структур Холлидея (путь 2) может осуществляться хеликазой.

Г. В пути 2 топоизомераза убирает супервитки, возникающие при сближении структур Холлидея.

Д. При репарации ДЦР по пути 4 возможна конверсия генов как на репарируемой хромосоме, так и на доноре гомологии.

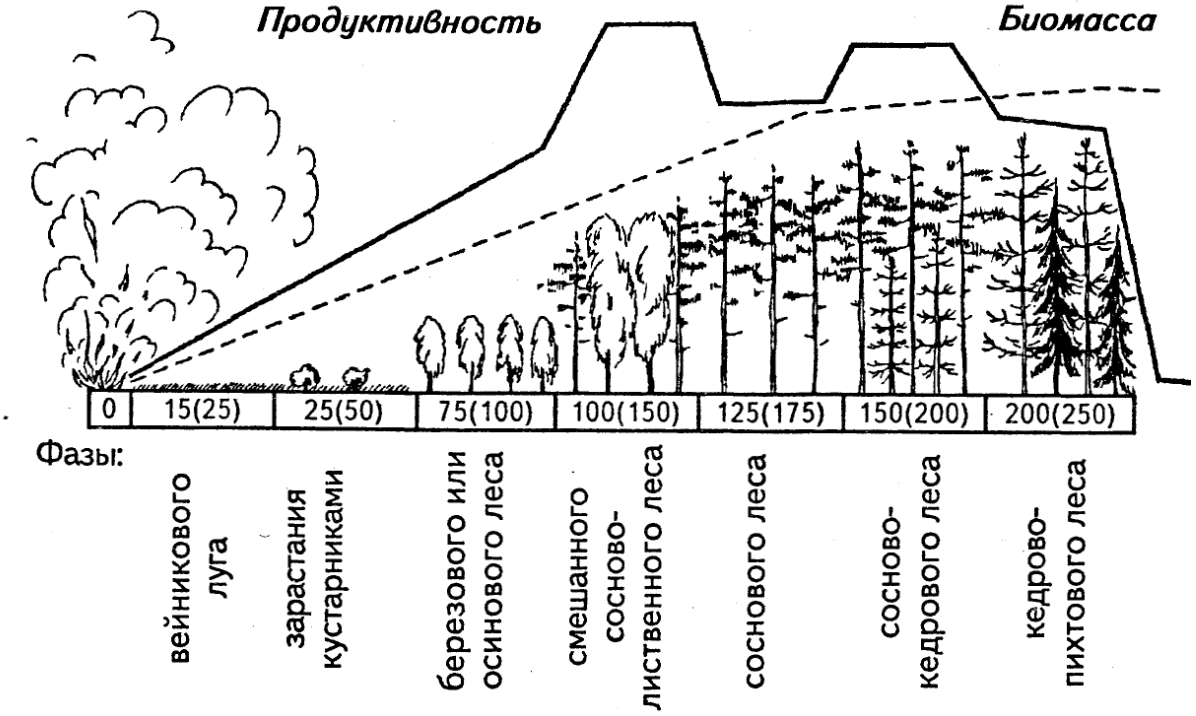
Е. При репарации ДЦР по пути 1 возможна конверсия генов как на репарируемой хромосоме, так и на доноре гомологии.

Часть II. Задачи с развернутым ответом

Задача 1 (16 баллов)

Сукцессия – последовательная закономерная смена одного биологического сообщества другим на определённом участке среды во времени в результате влияния природных факторов (в том числе внутренних сил) или воздействия человека. Термин введён Ф. Клементсом для обозначения сменяющих друг друга во времени сообществ, образующих *сукцессионный ряд (серию)*, где каждая предыдущая стадия (*серийное сообщество*) формирует условия для развития последующего. Если при этом не происходит вызывающих новую сукцессию событий, то ряд завершается относительно устойчивым при данных факторах среды сообществом. Такое сообщество Ф. Клементс назвал климакс.

Перед вами на схеме пример вторичной сукцессии: один из возможных сукцессионных рядов тайги. Вторичная сукцессия – сукцессия, осуществляющаяся на участке, где ранее существовавший растительный покров был уничтожен. На территории, где лес был уничтожен пожаром, сохранилась почва и семена. Уже на следующий год формируется травяное сообщество, которое затем сменяется кустарниками. Первыми деревьями становятся береза или осина, которые затем сменяются соснами. Под пологом сосен начинают расти темнохвойные теневыносливые породы (ель, кедр, пихта), которые в конкурентной борьбе вытесняют любые светолюбивые породы. На схеме также приведены графики: 1) изменения валовой продуктивности сообщества – скорости образования биомассы на единицу площади за единицу времени (до вычета затрат на дыхание) и 2) его биомассы.



1.1. Какими адаптациями (морфологическими, физиологическими, экологическими) должны обладать древесные растения, доминирующие на ранних этапах сукцессии?

1.2. Почему продуктивность смешанных (переходных) сообществ, например, смешанного хвойно-лиственного леса, выше, чем у климаксного сообщества в рассматриваемом сукцессионном ряду?

1.3. На каких этапах сукцессии будут выше темпы фиксации углекислого газа и выделения кислорода и почему?

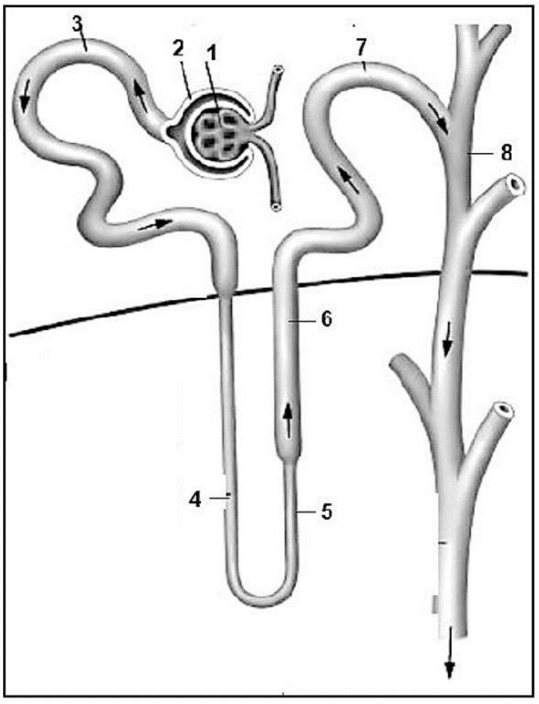
1.4. Известно, что сукцессия может происходить с разной скоростью, причем не только в разных природных зонах, но и в пределах одного региона. От какой(-их) характеристики(-к) сообществ в наибольшей степени зависит скорость и, следовательно, длительность вторичной сукцессии? Какие экологические факторы могут ее ограничивать?

1.5. *Теория r / K-отбора* определяет две различные природные стратегии размножения живых организмов. Характерными чертами r-стратегии являются высокая плодовитость, небольшие размеры, относительно короткое время жизни поколения и способность быстрого и широкого распространения. Характерными чертами K-стратегии являются большие размеры, относительно долгий промежуток жизни и малое потомство, на развитие которого затрачиваются значительные ресурсы. На каких этапах приведенного выше сукцессионного ряда будут доминировать r-стратеги, а на каких – K-стратеги и почему?

1.6. В ходе сукцессионного ряда сообщество сильно меняется, и при этом может меняться характер взаимоотношений между членами сообщества. На каких этапах сукцессии можно ожидать наибольшую долю генералистов (видов, взаимодействующих с большим числом других видов), а на каких – специалистов (видов, взаимодействующих со строго ограниченным числом других видов) и почему?

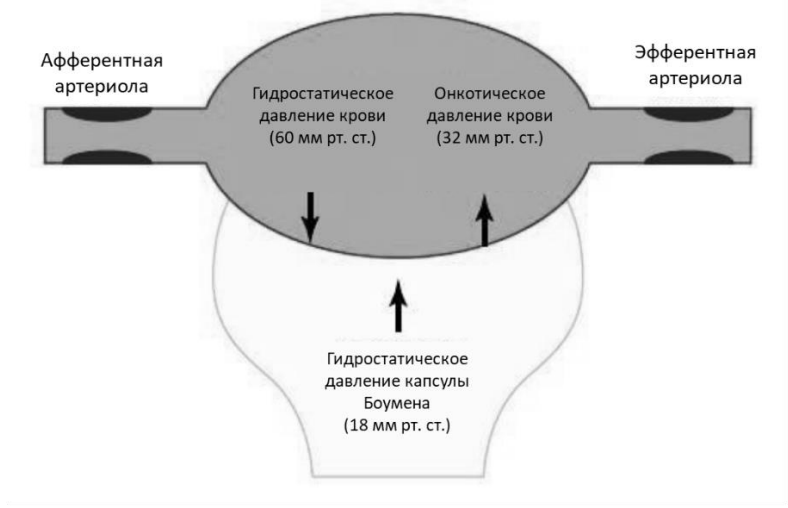
Задача 2 (16 баллов)

На рисунке представлена схема нефрона:



2.1. В таблице в листе ответов подпишите название каждой структуры, отмеченной цифрой на схеме.

На рисунке ниже представлена схема образования фильтрационного давления в капсуле нефрона (капсуле Боумена).



Фильтрационное давление (10мм рт. ст.) = Гидростатическое давление крови (60мм рт. ст.) − Онкотическое давление крови (32мм рт. ст.) − Гидростатическое давление капсулы Боумена (18 мм рт. ст.)

2.2. Почему в капсуле нефрона в норме нет онкотического давления?

2.3. Какие два параметра регулируют гидростатическое давление крови на уровне отдельного нефрона?

2.4. Каждую минуту в почках пациента образуется 246 мл первичной мочи и при этом за 30 минут образуется только 73 мл вторичной мочи. Вычислите объем воды, реабсорбирующийся в канальцах за один час. Ответ округлите до первого знака после запятой.

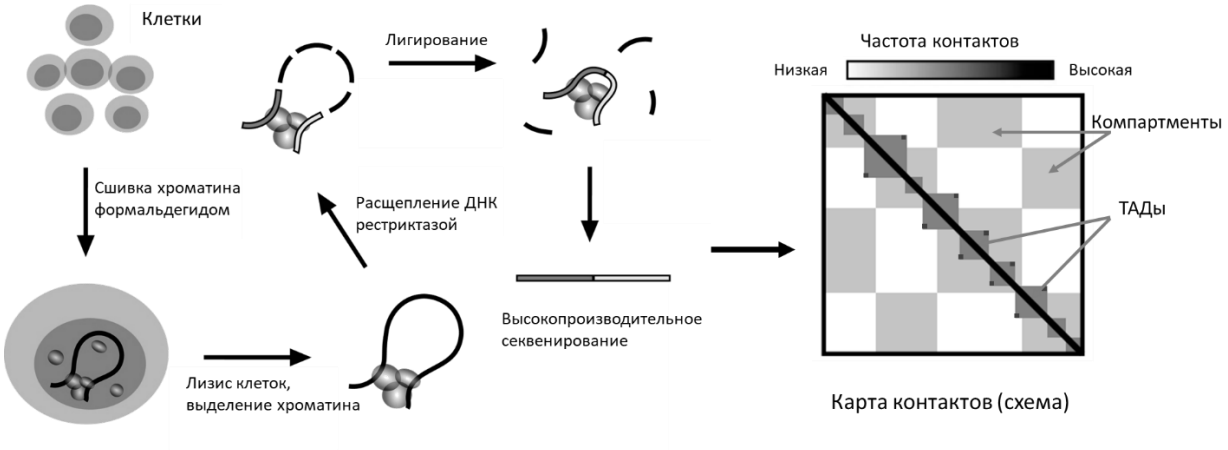
2.5. Инулин – полимер D-фруктозы, который используют для вычисления скорости клубочковой фильтрации. Это вещество свободно проходит вместе с жидкостью в просвет нефрона, т.е. оно полностью фильтруется в той же концентрации, в какой оно было в плазме крови. Инулин не всасывается и не секретируется в почечном канальце; не метаболизируется в организме и в почке.

Чему будет равна концентрация инулина во вторичной моче, если его концентрация в плазме крови составляет 1,02 мг/мл? При необходимости используйте значения, полученные в предыдущих подпунктах задачи. Ответ округлите до первого знака после запятой.

2.6. Какой процент натрия реабсорбируется в нефроне, если концентрация Na^+ в плазме крови 114 ммоль/л, а концентрация Na^+ в моче 363 ммоль/л? При необходимости используйте значения, полученные в предыдущих подпунктах задачи. Ответ округлите до первого знака после запятой.

Задача 3 (16 баллов)

Применение метода Hi-C позволило существенно углубить представления о механизмах компактизации хроматина в ядре. Суть этого метода состоит в следующем. Клетки обрабатываются формальдегидом, который сшивает ДНК и белки. Далее клетки лизируются, из них выделяется хроматин, после чего он обрабатывается рестриктазой. Далее происходит лигирование, в ходе которого концы ДНК, расположенные в пространстве близко друг к другу, сшиваются. Последовательности полученных химерных молекул ДНК определяются высокопроизводительным секвенированием. Если после секвенирования в одной молекуле ДНК обнаруживаются последовательности из двух разных участков генома, это значит, что такие участки генома находились в ядре близко друг к другу. Результаты Hi-C представляют в виде тепловых карт, на которых цветом показывают частоту встречаемости контактов между парами локусов в популяции клеток. Оси на карте показывают геномные координаты локусов (одинаковые для осей).



Анализ карт Hi-C позволил выявить два основных типа укладки хроматина в клетках млекопитающих – компартменты и топологически ассоциированные домены (ТАДы). Компартментализация проявляется в виде клетчатой структуры Hi-C карты, делая ее похожей на шахматную доску. Такая структура говорит о существовании двух типов участков хроматина; при этом участки хроматина преимущественно взаимодействуют с участками, относящимися к тому же типу. Компартменты принято обозначать буквами – A и B. Известно, что A-компартмент в приближении соответствует эухроматиновым, а B-компартмент – гетерохроматиновым участкам. Средний размер таких чередующихся участков, относящихся к разным компартментам, обычно превосходит 1 миллион пар нуклеотидов.

ТАДы проявляются в виде треугольников возле главной диагонали на Hi-C карте и соответствуют глобулярным структурам хроматина со средним размером менее 1 миллиона пар нуклеотидов. В клетках млекопитающих концы участка, образующего ТАД, часто сближены и замыкают ТАД в петлю. Частота контактов локуса внутри ТАДа с другими локусами внутри этого ТАДа значительно превосходит частоту контактов этого локуса с локусами за пределами данного ТАДа.

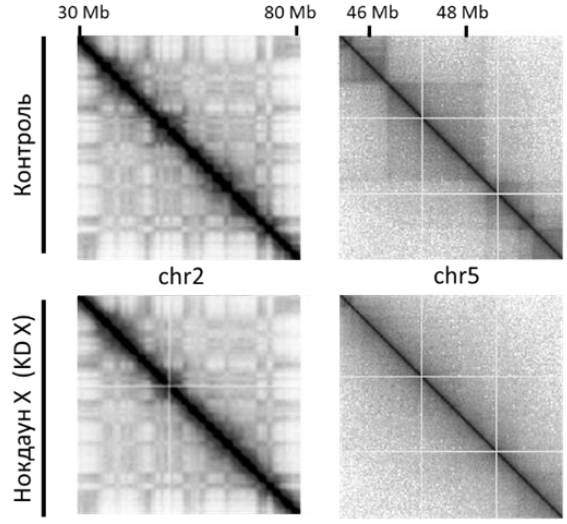
На рисунке 1 в листе ответов показаны две карты участков хромосомы 8 в клетках человека (клеточная линия HCT116): слева карта с меньшим масштабом, справа – с крупным. Отметьте на левой карте пару точечных локусов, относящихся к разным компартментам. На правой карте отметьте пару точечных локусов, задающих концы петли топологически ассоциированного домена.

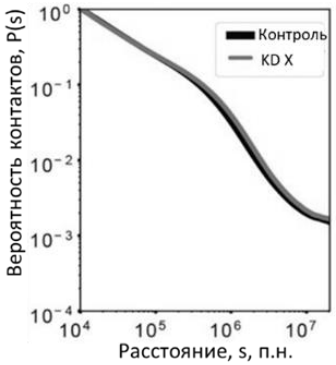
Считается, что ТАДы в клетках млекопитающих образуются по механизму экструзии (протягивания) петли. В такой модели когезиновый комплекс является двигателем экструзии, обеспечивающим протягивание петли. В роли барьерных элементов, ограничивающих экструзию, выступают сайты посадки белка CTCF, которые часто обнаруживаются на границах ТАДов.

На рисунке ниже показаны Hi-C карты в разных условиях: нокдаун белка X (клеточная линия HCT116), нокдаун белка Y (мышиные эмбриональные стволовые клетки) и нокдаун белка WAPL (клеточная линия HAP1, клетки человека). Нокдауном называют искуственное снижение концентрации белка в клетке. В каждом случае показаны Hi-C карты в мелком и крупном масштабе. Кроме того, в каждом случае показана зависимость вероятности контактов между парой геномных локусов от генетического расстояния между этими локусами (P(s), вычисляется путем анализа частот контактов по всему геному). Для каждого случая было определено значение показателя компармтентализации (*COMP*), который вычисляется по формуле: $COMP = \frac{AA+BB-AB}{AA+BB+AB}$, где AA и BB – вероятности контактов между локусами, относящимися к одному типу компартмента, а AB – вероятность контактов между локусами, относящимися к разным типам компартментов. Данный показатель вычисляется при анализе контактов по всему геному.

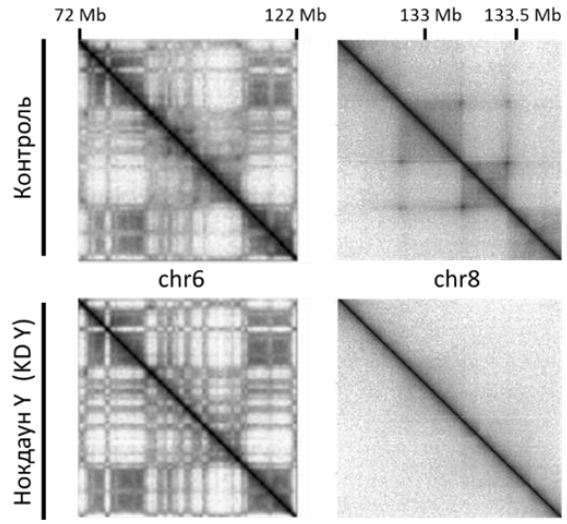
Рассмотрите карты и ответьте на вопросы в листе ответов. Обратите внимание, что шкалы интенсивностей контактов одинаковы для пар опыт-контроль, но могут различаться в разных экспериментах и для карт разного масштаба. Также обратите внимание, что каждому

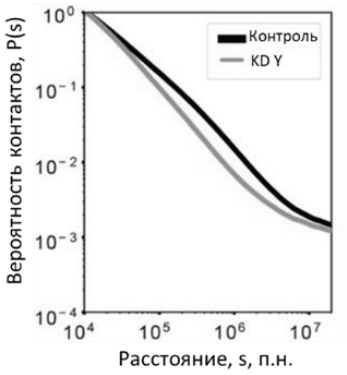
экспериментальному условию соответствует свой контроль. В каждом случае карты иллюстрируют закономерности, наблюдаемые и на других участках генома. Все видимые различия в графиках P(s) и в значениях COMP являются статистически достоверными. Тонкие белые полосы на картах соответствуют трудно картируемым участкам (не учитывайте их).



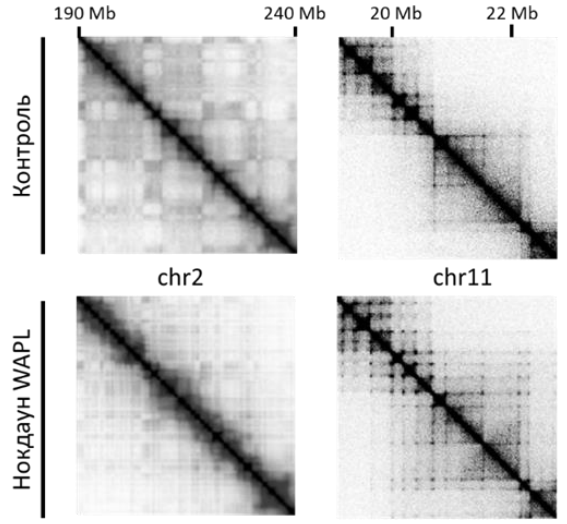


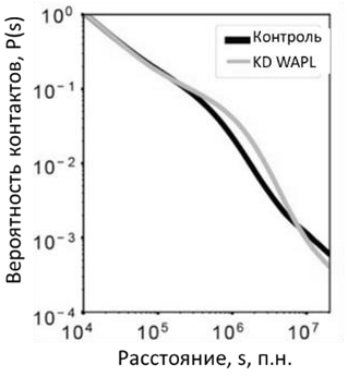
$COMP^{KD\,X} / COMP^{Контроль} = 0.92$





$COMP^{KD\,Y} / COMP^{Контроль} = 1.28$





$COMP^{KD\,WAPL} / COMP^{Контроль} = 0.61$

Задача 4 (16 баллов)

Первичные иммунодефициты – это наследственные заболевания, вызываемые мутациями в генах, регулирующих работу иммунной системы человека.

4.1. Заполните таблицу в листе ответов, соотнеся мутации в некоторых генах иммунной системы и их последствия, используя следующие коды:

А – отсутствие в организме В-клеток и антител

Б – наличие антител IgM, но отсутствие IgG, IgA и IgE

В – нарушение комплемент-опосредованного лизиса

Г– аутоиммунное поражение внутренних органов, в том числе эндокринных желез

Весьма опасными являются тяжелые комбинированные иммунодефициты (SCID), затрагивающие одновременно несколько основных компонентов иммунной системы. Один из них, X-SCID, вызывается нарушением работы Х-сцепленного гена *IL2RG* общей гамма-цепи рецепторов цитокинов ИЛ-2, ИЛ-4, ИЛ-7, ИЛ-9, ИЛ-15, ИЛ-21. Самым известным пациентом с X-SCID стал Дэвид Филлип Веттер, «мальчик в пузыре», проживший 12 лет в стерильной прозрачной оболочке и умерший от лимфомы Бёркитта, возникшей после пересадки костного мозга от родной старшей сестры Кэтрин. Кроме Кэтрин и Дэвида Филлипа в семье Кэрол Энн и Дэвида Джуниора Веттер был первый ребенок, Дэвид Джозеф Веттер, умерший от последствий X-SCID в возрасте полугода.

4.2. Постройте родословную семьи Веттер на три поколения, заштрихуйте больных, отметьте стрелкой Дэвида Филлипа, а звездочкой – достоверных носителей мутации, приводящей к X-SCID.

4.3. Какие клетки иммунной системы отсутствуют в организме пациента, больного X-SCID?

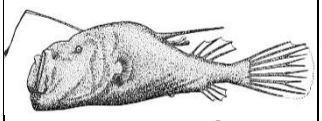
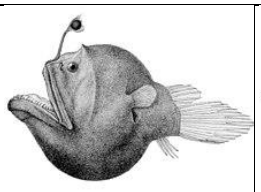
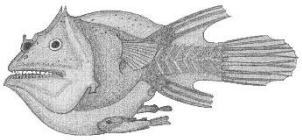
4.4. Кэрол Энн развелась с мужем после смерти сына и вышла замуж за журналиста, описавшего историю «мальчика в пузыре». Какова была вероятность родить еще одного ребенка с X-SCID в новом браке Кэрол Энн?

4.5. Считая обоих супругов Веттер гетерозиготами по локусу *HLA*, рассчитайте, какова была вероятность того, что сестра окажется идеальным донором для пересадки костного мозга больному брату? Кроссинговером внутри локуса HLA можно пренебречь.

4.6. Известно, что лимфома Беркитта у Девида была вызвана вирусом Эпштейна-Барр, который заразил его В-лимфоциты. Почему лимфома не развилась у самой Кэтрин, носительницы этого вируса?

4.7. К сожалению, Дэвид не дожил несколько лет до появления в 1990 году метода генотерапевтического лечения SCID. Кратко опишите принцип этого метода.

4.8. Секвенирование геномов показало, что многие рыбы, по-видимому, в норме являются иммунодефицитными животными. Рассмотрите рисунок четырех рыб из отряда Удильщиков и проанализируйте данные об утратах ими некоторых генов, важных для работы иммунной системы.

Удильщик	 *Ceratias tentaculatus*	*Chaunax abei*	 *Diceratias pileatus*	 *Haplophryne mollis*
Найдены гены	*Cd3z, Cd4, Rag1*	*Aicda, Cd3z, Cd4, Cd8a,Cd8b, Rag1*	*Cd3z, Cd4, Cd8a, Cd8b, Rag1*	*Cd3z*

Aicda – ген цитидиндезаминазы, необходимой для переключения классов антител

Cd3z – ген ключевой цепи Т-клеточного рецептора

Cd4 и *Cd8* – гены корецепторов MHC II и MHC I, соответственно

Rag1 – ген фермента, проводящего V(D)J – рекомбинацию в генах антител и Т-клеточных рецепторов.

Считается, что постепенная утрата генов иммунной системы у удильщиков стала адаптацией к их репродуктивной стратегии.

Заполните таблицу в листе ответов, соотнеся виды удильщиков, компоненты их иммунной системы и репродуктивные стратегии, используя знаки + , − и следующие коды:

А – половой диморфизм (карликовые самцы), партнеры срастаются, пары моногамны
Б – половой диморфизм (карликовые самцы), партнеры срастаются, полиандрические самки
В – половой диморфизм (карликовые самцы), партнеры независимы, пары непостоянны
Г– полового диморфизма нет, партнеры независимы, пары непостоянны

Черновик (не проверяется)

Черновик (не проверяется)