

Исправления не допускаются.

Итоговый балл _____
(подпись председателя жюри)

Шифр _____
(заполняется оргкомитетом)

**Межрегиональные предметные олимпиады КФУ
профиль «Биология»
заключительный этап
2021-2022 учебный год
10 класс**

Задание 1 (20 баллов)

В различных фантастических произведениях рассказывается об инопланетных вирусах, заражающих любые живые организмы Земли. Оцените возможность такого сценария при взаимодействии с внеземными экосистемами. Предположите свойства, которые были бы полезны подобным универсальным патогенам. Какие биотопы могут быть подвержены большей опасности при попадании туда инопланетного «супервируса»? Ответ аргументируйте.

Сценарий появления «супервируса», опасного для всех живых организмов Земли или даже какой-то их существенной части, например «все животные», «все растения», «все млекопитающие» очень маловероятен. Это связано, в первую очередь, с тем, что для репликации вируса необходимо правильно пройти этапы адгезии на клетке-хозяине, проникновения в цитоплазму, декапсидирования и т.п., каждый из которых связан со специфическим взаимодействием с конкретными структурами на поверхности клетки-хозяина или внутри неё. Поэтому вирусы являются очень избирательными патогенами, в отличие от многих патогенов бактериальной природы. Вирусы специфичны к своим хозяевам. Наиболее специфичный, приспособленный к паразитированию на конкретном хозяине вирус имеет преимущественное распространение и вытесняет менее специфичные формы. Также именно по этой причине проявление вирулентных свойств по отношению к земным организмам у вируса, эволюционировавшего в другой биосфере, фактически невозможно.

Тем не менее, если подобный «супервирус» попадет в биосферу Земли, ему для успеха важно обладать, как минимум, способностью к адгезии в отношении самых консервативных структур поверхности клеток – потенциальных хозяев. Без всякого сомнения, это возможно лишь для достаточно узкой группы потенциальных хозяев. Скорее всего это будут одноклеточные либо достаточно просто устроенные организмы без плотных покровов и без клеточной стенки на поверхностях клеток, поскольку преодоление их требует от вируса специфических механизмов доставки и проникновения. Значит это будут не зубактерии и не растения с грибами. Вероятно – животные, клетки которых не имеют клеточной стенки. Репликация генетического аппарата таких вирусов вероятнее всего будет происходить в цитоплазме, поскольку проникновение во внутриклеточные компартменты также требует от вируса использования специфических механизмов. Генетический аппарат вируса должен быть совместим с таковым у представителей земной жизни (состав и структура нуклеотидов, регуляторные элементы, ферменты), поскольку только такие соединения могут быть использованы для его репликации. Вирус должен будет иметь собственную систему репликации, поскольку маловероятно, что репликазы клеток Земных организмов смогут узнать регуляторные последовательности нуклеиновой кислоты «чужака». Также должна быть решена проблема совместимости генетического кода. Наконец, вирус должен иметь близкую палитру метилирования ДНК для «обманывания» клеточной системы рестрикции-модификации. В качестве биотопов, находящихся в наибольшей опасности при развитии такого маловероятного сценария, можно указать водные экосистемы, сформированные малым количеством видов, максимально близкородственных, поскольку там отчасти решена хотя бы одна из проблем – проблема переноса между клетками-хозяевами, которая обеспечивается средой.

Максимальное кол-во баллов – 20. 2 балла за указание чрезвычайной маловероятности подобного сценария. 2 балла за указание специфичности паразитизма вирусов, 2 балла за указание необходимости обеспечить адгезию на клетке-хозяине. 2 балла за указание прочих барьеров, которые должен преодолеть вирус до репликации. До 4 баллов за характеристику группы потенциальных хозяев. 2 балла за указание локуса репликации вируса в клетке. По 1 баллу за указание необходимости использования нуклеотидов и аминокислот земного происхождения. 2 балла за указание необходимости использования собственной репликазы. 2 балла за характеристику видового состава биотопа, который будут атаковать инопланетные вирусы, 2 балла – за обоснование того, что это будет водный биотоп.

Исправления не допускаются.

Задание 2 (15 баллов)

Во врачебной практике иногда используют протеиназы, ферменты разрушающие белки (например Трипсин, Химотрипсин и прочие), в качестве ранозаживляющих агентов. Укажите возможные механизмы, благодаря которым обработка ран и ожогов протеазами способствует их более быстрому заживлению.

Протеиназы в качестве ранозаживляющих агентов могут быть использованы по следующим причинам:

- 1) разжижение экссудата и удаление омертвевших тканей, гнойных выделений
- 2) протеазы выделяются многими клетками такими как фибробласты, макрофаги и пр. для расщепления межклеточного матрикса, что облегчает миграцию данных клеток к месту воспаления. При их низкой активности может происходить переход в хроническую рану. Однократное внесение протеаз стимулирует этот процесс
- 3) Фибриновая корка на поверхности ран служит естественной защитой раны от инфекционных агентов. С другой стороны, она затрудняет реэпителизацию, особенно при пониженной активности собственных протеаз кератиноцитов. Поэтому ее удаление открывает пространство для миграции кератиноцитов.
- 4) Адгезированные на поверхности ран бактерии препятствуют заживлению и протеазы способны удалять их за счет расщепления факторов адгезии, разрушая основу их биопленки.

Максимальное кол-во баллов – 15. За указание влияния протеаз на раневое отделяемое и мертвые ткани – до 2 баллов. За указание способности протеаз разрушать межклеточный матрикс, что облегчает миграцию клеток в зону воспаления – до 3 баллов. За указание роли протеаз в разрушении фибриновой корки, что ведет к улучшению реэпителизации – до 5 баллов. За указание роли протеаз в разрушении бактериальных биопленок и нарушении бактериальной адгезии – до 5 баллов

Задание 3 (15 баллов)

Половое размножение – удачное эволюционное приобретение, возникшее более 500 млн лет назад. Укажите преимущества, которыми стали пользоваться живые организмы, перешедшие к половому размножению. Опишите также возможные недостатки и трудности, возникшие при таком переходе.

Основным преимуществом полового размножения является способность организмов к постоянному изменению комбинаций аллелей в череде поколений, что позволяет испытывать возникающие мутации в разных генетических контекстах. Это позволяет поддерживать высокий темп эволюции в нестабильных условиях среды. Кроме того, половое размножение предоставляет возможность эффективного удаления из генофонда популяций слабовредных и тем более вредных мутаций. Еще одно важное преимущество полового размножения – обеспечение изменчивости, достаточной для сопротивления паразитам.

Недостатком полового размножения является повышенный расход ресурсов (времени и энергии) на поиск полового партнера, что даёт преимущество бесполом организмам в стабильных условиях среды при достаточном уровне адаптации. Бесполое размножение приводит к более высоким темпам увеличения числа особей в популяции. Кроме этого, при половом размножении у животных происходят процессы, приводящие к эквивалентному соотношению мужского и женского полов, что приводит к фактическому бесполезному использованию ресурсов среды на поддержание жизнедеятельности избыточного количества самцов, осуществляющих меньший вклад в производство потомства. Для осуществления полового размножения необходимо поддержание диплоидного генома, что также ведет к дополнительным затратам энергии клетками.

Максимальное кол-во баллов – 15. За указание комбинаторных эффектов полового размножения – 1 балл. За указания нестабильных условий среды, как фактора обеспечивающего успешность полового размножения – 2 балла. За указание способности полового размножения приводить к элиминации вредных мутаций из генофонда – 1 балл. За указание полового размножения как фактора повышенной устойчивости к паразитам – 3 балла. За указание недостатка полового размножения из представленного списка либо других биологически обоснованных и непротиворечивых – 2 балла за недостаток (максимум 8 баллов)

Исправления не допускаются.

Задание 4 (25 баллов)

Из экспедиции на необитаемый остров исследователи вернулись с неизвестным недугом, который выражается как инфекционное заболевание, поражающее слизистые оболочки носоглотки, кишечника. Предложите алгоритм идентификации 1) природы возбудителя заболевания; 2) механизма негативного действия на организм; 3) молекулярной мишени в клетках хозяина.

Возбудителем могут быть вирус, бактерия, простейшее/грибок или многоклеточный паразит.

Далее есть два пути:

- 1) Провести секвенирование тотальной РНК биопсии и отделить те, которые не кодируются человеческим геномом, и отсутствуют у других людей для отсева типичных симбионтов. При этом есть риск не определить возбудителя при отсутствии похожих молекул в базе данных.
- 2) Получить лабораторную модель (например, на основе клеточной культуры эпителия слизистой), которую можно заражать в лаборатории.

Выявить многоклеточного паразита можно путем попытки заразить культуру клеток слизистой оболочки фрагментом биопсии и последующего наблюдения, либо при помощи прямой микроскопии материала биопсии многоклеточный паразит может быть выявлен визуально.

Микроскопия биопсийного материала может также позволить предположить и выявить крупных одноклеточных возбудителей, в случае если они относятся к простейшим либо грибкам. Одноклеточного возбудителя, бактерию и вирус разделить можно на первом этапе по размеру путем последовательных центрифугирований и фильтраций с последующим заражением разными фракциями. Так, вирус невозможно задержать фильтром с размером пор выше 0.1 мкм, отделить крупные клетки одноклеточных от бактерий можно при центрифугировании на малых оборотах.

Для идентификации мишени и механизма негативного действия на организм можно

- 1) Оценить, как меняется транскриптом и протеом пораженной клетки в сравнении с нормальной, чтоб проанализировав список биомолекул, количество которых меняется при воздействии возбудителя, и используя метаболические карты смоделировать всю цепочку событий. Далее требуется проводить детальные эксперименты с каждым компонентом цепи.
- 2) Получить и секвенировать (полностью или частично) геном возбудителя и на основе гомологии с известными возбудителями определить возможные факторы вирулентности и патогенности.

Максимальное кол-во баллов – 25. За приведение перечня возможных возбудителей заболевания 1 балл. За указание возможности поиска в тотальной РНК биопсии транскриптов, не кодируемых ДНК человека и не ассоциированных с человеком в норме – 4 балла. За предположение о необходимости создания валидной лабораторной клеточной (или животной) модели – 2 балла. За указание подходов к визуальному обнаружению многоклеточного паразита – 2 балла. За указание способности детерминировать возбудителей – простейших и грибки – микроскопически – 1 балл. За указание возможности использования дифференциального центрифугирования и фильтрации – 2 балла. За указание возможности анализа изменений транскриптома пораженных клеток – 3 балла. За указание возможности анализа изменений протеома пораженных клеток – 3 балла. За указание необходимости сравнения транскриптома и протеома пораженных клеток с транскриптомом и протеомом нормальных – 1 балл. За указание возможности составления и сравнения метаболических карт – 2 балла. За указание возможности использования секвенирования и идентификации возбудителя по последовательности нуклеотидов генома, а также определения гомологии нового возбудителя с уже известными по геномным данным – 4 балла.

Исправления не допускаются.

Задание 5 (25 баллов)

Возможно, в будущем человечество выйдет за пределы родной планеты и приступит к освоению и колонизации Солнечной системы. Однако очевидно, что организм людей плохо приспособлен к условиям долгих космических перелетов. Опишите генетические модификации человека, которые сделают его более приспособленным к средам обитания космических кораблей и внеземных баз. Расположите свои предложения по порядку, начиная с самого полезного и реализуемого. Ответ аргументируйте.

На космонавта в период длительных космических перелетов действуют разнообразные факторы среды, отличающиеся от таковых на поверхности родной планеты. Среди них можно назвать невесомость, повышенную радиацию вне магнитного поля планет, сенсорную и двигательную недостаточность. В качестве негативных последствий длительного пребывания в космических аппаратах можно назвать морскую болезнь, ускоренное вымывание кальция из костей, значительное ослабление иммунитета. Кроме того, для адекватной реакции на вызовы космического пространства космонавтам крайне полезно умения быстро принимать решения и сохранять спокойствие в критических ситуациях и развитый интеллект.

В качестве самых простых генетических модификаций можно предположить те, которые затронут лишь один ген, имеющийся у человека. Подобные модификации можно предположить, например, в отношении гена рецептора витамина D, который обладает множественным аллелизмом и продукты экспрессии разных аллелей имеют разное сродство к своему лиганду, обеспечивая разный уровень иммобилизации кальция в костях. Космонавтам, очевидно, полезно было бы быть носителями аллелей, обеспечивающих максимальное сродство рецептора и лиганда. Следующий уровень сложности – моногенные признаки, кодируемые генами имеющимися, но не работающими у человека. Такие ситуации также описаны для некоторых витаминов, например витамина С, биосинтез которого у человека нарушен из-за отсутствия экспрессии у гена L-гулоно-1,4-лактонооксидазы, катализирующего финальную реакцию пути. Эта генетическая модификация позволит улучшить пищевую толерантность организма космонавта во время длительных миссий.

Очень полезно было бы обеспечить повышенный уровень репарации повреждений ДНК, частота которых повысится из-за воздействия космической радиации. Репарационные комплексы достаточно сложны, состоят из нескольких белков. Такие генетические модификации не будут простыми. Альтернативой может служить дупликация количества хромосом, что позволит иметь несколько копий генетической информации для репарации повреждений на основе целостных копий.

Список генетических модификаций, полезных космонавтам может быть разнообразным. Логика ответа должна отражать понимание участниками олимпиады принципа от наиболее простого к сложному: от моногенных признаки с множественным аллелизмом (модификация аллелем, обеспечивающим наивысший адаптивный ответ; к моногенным признакам, которые будут исправлены модификацией неработающих генов. Далее к ди- олиго- и полигенным признакам. Самыми сложными будут генетические модификации, затрагивающие работу центральной нервной системы по той причине, что большинство генов экспрессируется именно в нейронах и просчитать/предсказать результат модификаций будет чрезвычайно сложно из-за взаимного влияния генов друг на друга.

Максимальное кол-во баллов – 25. До 2 баллов за описание главных негативных факторов среды обитания космических кораблей. До 3 баллов за описание основных последствий пребывания в условиях долгих космических перелетов. 2 балла за описание главных личностных качеств, необходимых космонавту. За аргументированное расположение вероятных генных модификаций в порядке от простых к сложным 10 баллов. За описание конкретных модификаций 2 баллов за каждую (до максимума в 25 баллов)