

Задание 1.

Какие критерии вида, используемые для эукариот, не подходят для прокариот? Как можно определить, относятся ли данные прокариотические организмы к одному виду или к разным?

Решение:

При ответе на этот вопрос предполагалось, что участники знакомы с классическим определением вида, приводимым в школьном учебнике. Также им должны быть знакомы основные критерии вида, применяемые к эукариотическим организмам. Разные авторы пользуются несколько разными названиями для критериев, но суть их от этого, как правило, не меняется.

Если участник просто перечислял критерии, которые, по его мнению, неприменимы для различения видов прокариот, он получал небольшое количество баллов. Баллы прибавлялись за разумное объяснение возможности или невозможности применения различных критериев.

Морфологический критерий – основан в первую очередь на сходстве внешнего и внутреннего строения организмов. Применение его для прокариот затруднено тем, что существует очень немного характерных форм клеток прокариот – многие участники перечисляли наиболее известные из них: кокки, палочки, вибрионы, спириллы. Поэтому таким образом можно выделить только группы видов. В редких случаях, когда существуют клетки очень характерной формы, морфология позволяет отличить один вид от другого.

Кроме формы самой клетки, микробиологи часто используют морфологию колоний, а также спор, капсул, жгутиков и т.п. Поэтому, если стоит задача различить виды, морфологическим критерием не стоит пренебрегать, но понимать его следует широко.

Цитогенетический (кариотипический) критерий - основан на том, что для каждого вида эукариот имеется характерный набор хромосом, которые имеют специфические размер, форму, а при специальной окраске различия могут проявляться, например, и в специфической исчерченности. Изучение кариотипа производится обычно в момент наибольшей конденсации хромосом – в метафазе митоза, реже – мейоза.

Как правило в клетках прокариот имеется одна достаточно крупная кольцевая молекула ДНК, заключающая в себе бактериальный геном. Могут присутствовать еще небольшие кольцевые ДНК – плазмиды, но ни геномная ДНК, ни плазмиды не формируют хромосом. Да и разделение ДНК между дочерними клетками происходит не по механизму митоза. Поэтому данный критерий для прокариот неприменим.

Репродуктивный критерий (критерий репродуктивной изоляции) – считается одним из наиболее важных для определения видовой принадлежности организмов, размножающихся половым путем. Однако прокариоты половым путем не размножаются, поэтому этот критерий к ним применить невозможно.

Некоторые школьники знают, что существует процесс, который называют «половым процессом бактерий». Но к половому процессу эукариот он имеет отдаленное отношение. При нем, как правило, происходит односторонний перенос генов от одной бактерии к другой, а вовсе не объединение двух гаплоидных клеток в диплоидную зиготу. К тому же этот процесс в одних случаях может происходить между клетками довольно отдаленных видов, а в других – не происходит между клетками одного вида.

Что же все-таки можно использовать для различения видов прокариот?

До самого последнего времени основными критериями, используемыми микробиологами, были **экологический и физиолого-биохимический**.

Экологический критерий основан на том, что каждый вид имеет свою экологическую нишу, то есть характерные для него условия среды обитания. Для прокариот среда обитания очень важна. Можно отделять, например, термофильные бактерии, выращивая их при высокой температуре.

Для выделения чистых культур часто используют так называемые селективные среды, которые содержат вещества, пригодные для жизни только специфических видов бактерий и не поддерживают рост других.

К этому же критерию можно отнести способность различных прокариот паразитировать на разных животных, растениях и т.п., вызывая их болезни. Или же наоборот – существовать с ними в симбиозе.

Но довольно часто оказывается, что на специфической среде или в специфических условиях растут все-таки бактерии нескольких видов. Поэтому далеко не всегда удается разделить виды по этому критерию.

Физиолого-биохимический критерий для прокариот очень тесно связан с экологическим, поскольку их способность произрастать на определенной среде связана с веществами, которые данный вид организмов способен производить.

Часто микробиологи непосредственно определяют наличие тех или иных веществ (ферментов и др.) в клетках. А еще – изучают способность прокариот использовать в своей жизнедеятельности разные органические и неорганические вещества. В частности, это обязательно делают при описании нового вида.

Кроме того, бактерии в ходе жизнедеятельности могут выделять вещества, сильно влияющие на окружающую среду. Например, метанообразующие прокариоты, выделяя метан, создают специфические условия для тех организмов, которые с ними сосуществуют.

Многие школьники знают, что существует окраска бактерий по Граму, которая выявляет различия в химическом строении клеточной стенки. Эта и другие дифференциальные окраски тоже опираются на физиолого-биохимический критерий.

Географический критерий, который у эукариот тесно связан с экологическим, для прокариот подходит плохо, поскольку многие виды распространены по всему земному шару, а распространение других зависит гораздо больше от условий обитания, чем от местоположения. Способность прокариот распространяться и занимать любые пригодные для жизни места поистине удивительна. В виде спор они способны переноситься на огромные расстояния и переживать самые суровые испытания. Правда, для многих видов прокариот выделяют штаммы, связанные с определенными географическими точками.

В настоящее время все большую роль в различении видов прокариот играет **молекулярно-генетический критерий**. Он основан на сравнении последовательностей ДНК и определении степени их сходства. Этот метод широко применяется и для эукариот. Однако для прокариот в его применении есть некоторые ограничения. Связаны они в первую очередь с тем, что бактерии гораздо легче, чем эукариоты, способны обмениваться генами. Причем обмен может происходить между совершенно неродственными организмами. Так что и генетическим методом стоит пользоваться с осторожностью.

Чаще всего сейчас применяется метод сравнения 16S рибосомальных РНК. Гены этих РНК редко переносятся при случайном обмене. Или используют метод ДНК-ДНК гибридизации, который позволяет сравнить сходство геномов целиком, не определяя полностью их последовательности (что слишком затратно).

Такие дополнительные критерии как, например, **этологический (поведенческий)** или **исторический** практически не применяются для различения видов прокариот. Первый – потому, что мы с трудом можем говорить о «поведении бактерий», а второй – потому, что у нас чрезвычайно мало данных об историческом развитии тех или иных групп прокариот.

Исходя из всего сказанного, ясно, что для определения видовой принадлежности прокариот (как и для других организмов!) требуется использование совокупности критериев.

Поэтому микробиологи не ограничиваются, например, только сравнением геномов, а используют селективные среды и разные условия роста, изучают биохимический состав клеток и их оболочек, анализируют распространение, взаимодействие с другими организмами, а также обращают внимание на форму самих клеток, колоний, спор и т.п.

Только комплексное использование критериев позволяет определить, к какому виду относятся данные прокариоты.

Задание 2.

Некоторые водные и наземные организмы на нашей планете состоят из большого числа одинаковых или похожих члеников.

Приведите примеры таких организмов.

В чем преимущества и недостатки такого строения тела?

Решение:

Начнем с примеров организмов, имеющих членистое тело.

Наиболее очевидными из них являются представители типа Кольчатые черви, ленточные черви, относящиеся к типу Плоские черви, а также многоножки и личинки некоторых насекомых (гусеницы и др.) – они относятся к типу Членистоногие; многие школьники помнят также, что членистость свойственна всем членистоногим.

За эти примеры начислялось по 1 баллу.

Можно также говорить о том, что членистое строение тела свойственно примитивным моллюскам (например, хитону), а также следы членистого – метамерного строения можно увидеть у представителей некоторых других типов, в частности Хордовых. Если в ответах школьники упоминали эти типы – и правильно доказывали, что их строение можно считать членистым – им начислялось по 2 балла. За упоминание – 1.

Каковы преимущества такого строения?

Во-первых, оно позволяет увеличить размер животного без существенного усложнения.

Во-вторых, наличие одинаковых органов в каждом членике тела повышает возможность выживания при утрате каких-то органов и даже целых члеников. Членистые организмы часто обладают высокой способностью к регенерации. Но не следует думать, что механическое разделение на части является для членистых организмов способом «вегетативного размножения» - получить два полноценных организма из двух половинок все-таки очень трудно, а иногда и невозможно.

Поскольку в каждом членике есть почти все, что необходимо для жизни (органы дыхания, выделения, размножения, нервный ганглий и др.), нет необходимости в общей распределительной системе.

Также членистое строение может облегчать процесс размножения, что особенно хорошо заметно у паразитических плоских червей. При этом с заднего конца тела отделяются членики, набитые яйцами.

Членистое строение придает телу гибкость, если членики соединены подвижно. При этом каждый из них может быть покрыт жестким панцирем.

В эволюционном плане членистое строение открывает возможности распределения функций между разными члениками. Они становятся разными и за счет этого выполняют свою работу более эффективно.

Недостатки:

При очень большом числе члеников трудно координировать их работу, в частности – совершать сложные движения.

То, что каждый членик обладает всеми системами, приводит к их избыточности – организм мог бы обойтись меньшим количеством конечностей, органов дыхания и т.п.

Относительная автономность члеников приводит к тому, что организм обладает низкой степенью интеграции – поэтому сложно сделать совершенной каждую систему органов.

Поскольку каждый членик должен обладать собственной дыхательной, выделительной и другими системами, трудно вырастить членик больше определенного размера.

При обсуждении преимуществ и недостатков каждая идея оценивалась одним баллом. За логичность изложения и дополнительные разумные идеи могли начисляться дополнительные баллы.

Задание 3.

Яды различных живых организмов широко используются в медицине.

Какие свойства ядов могут использоваться для лечения? Предположите механизм их лекарственного воздействия. Если можете – приведите примеры.

Решение:

Основные свойства природных ядов, позволяющие использовать их в медицине, связаны с механизмом их действия на организм. Если обобщить, то можно говорить, что это, как правило, вещества, действующие в малых количествах, растворимые в воде, избирательно действующие на те или иные физиологические процессы. Многие яды обладают способностью проникать в клетки и воздействовать на внутриклеточные реакции. Другие оказываются сходными с определенными сигнальными молекулами и действуют на мембранные рецепторы. Часто использование природных ядов связано с тем, что химический аналог получить трудно или его производство очень дорого, а также с тем, что природный яд может состоять из нескольких химических веществ, которые действуют в комплексе.

Механизмов воздействия ядов много, приведем некоторые характерные примеры.

При проверке этого вопроса за правильно названные механизмы действия ядов и за приведенные примеры начислялось по 1 баллу. Однородные механизмы и примеры засчитывались как один.

Многие ядовитые вещества как растительного, так и животного происхождения, воздействуют на сердечно-сосудистую систему. Из детективов Агаты Кристи мы знаем, что в качестве стимулирующего сердечную деятельность средства в небольших дозах назначают яды тиса и наперстянки, которые в больших дозах могут вызвать смерть. Аналогичным образом могут использоваться яды некоторых жаб. Используют их также для лечения кровоизлияний и язв.

Ядовитые алкалоиды из мака и других растений способны связываться с рецепторами на нервных клетках и блокировать их. Их используют в качестве обезболивающих средств. Аналогичным действием обладают и некоторые вещества животного происхождения (яд одного из видов улиток и др.).

Препараты пчелиного (реже – некоторых типов змеиного) яда применяют в качестве местного разогревающего и раздражающего средства. Действие их довольно многообразно, но в целом они вызывают локальную воспалительную реакцию, повышают проницаемость кровеносных сосудов и имеют обезболивающий эффект за счет воздействия на нервные клетки.

В тех случаях, когда нужно вызвать местный паралич мускулатуры используют ботулотоксин, вырабатываемый бактериями *Clostridium botulinum*. Эти бактерии – причина смертельных пищевых отравлений (в частности – испорченными консервами). В качестве лекарства его применяют при гиперактивности некоторых групп мышц. А также используют как косметическое средство для уменьшения мимических морщин (широко известный Ботокс).

В качестве миорелаксанта (средства, расслабляющего мышцы) используют яд грибка спорыньи. А для усиления сокращения гладкой мускулатуры – яд растения клещевины. Он входит во всем известную касторку.

Ряд ядовитых веществ используются в качестве антикоагулянтов – веществ, препятствующих свертыванию крови. Это могут быть гирудин, добываемый из пиявок, а также некоторые вещества растительного происхождения.

Отдельную группу лекарств составляют антираковые препараты, которые должны убивать активно делящиеся клетки. Одним из них является колхицин, добываемый из растения безвременник. Он нарушает образование веретена деления. Но в качестве антираковых сейчас применяется все больше различных веществ, получаемых из ядов змей и других существ.

В некотором смысле ядами можно считать и антибиотики, получаемые в основном из грибов – только их действие направлено не на человека и других позвоночных, а на бактерий. Похожим действием обладают и растительные фитонциды.

Наконец, можно вспомнить, что медицинское применение ядов может не ограничиваться их использованием в качестве лекарств. В некоторых случаях яды используются в экспериментальной медицине для моделирования заболеваний на животных или клеточных культурах. Также возможно применение ядов в диагностике или для создания противоядий.

Многие школьники в своих работах упоминали легенду про царя Митридата, который боялся отравления и приучал себя к яду, принимая его небольшими дозами. Но такое применение вряд ли можно считать медицинским, поэтому баллы за него не начислялись.

Задание 4.

Известно, что разные таксономические группы одного и того же ранга (классы, отряды...) могут сильно различаться по своему видовому разнообразию: например, в классе костные рыбы – 20 тысяч видов, а в классе млекопитающих – 5,5 тысяч, в отряде жуков – 350 тысяч видов, а в отряде стрекоз – 8 тысяч. Какие причины, на Ваш взгляд, могут влиять на видовое разнообразие разных таксономических групп? (Сравниваются только таксоны одного ранга: нет смысла обсуждать различие отряда перепончатокрылых и класса птиц).

Решение:

Видовое разнообразие таксонов одного ранга может зависеть от многих причин.

Отметим сразу, что встречавшееся во многих работах школьников утверждение, что чем древнее группа, тем больше в ней должно быть видов, неверно.

Разнообразие каждой группы меняется со временем. Группа, когда-то содержащая множество видов, ныне может быть представлена лишь несколькими реликтами. Например, в девоне кистеперые рыбы были весьма разнообразной группой, а ныне представлены лишь одним видом. Соответственно, если нас интересует один момент времени, то какие-то группы находятся в расцвете и многочисленны (сейчас - отряд окунеобразные), а какие-то - давно находятся в положении реликтов (отряд кистеперые рыбы).

Группы одного и того же таксономического ранга могут различаться шириной своей адаптивной зоны (то есть тех условий среды, в которых организмы данной группы могут существовать), а отсюда - возможностью ее дробления на экологические ниши отдельных видов. Например, пчелиные вши - специализированное семейство мух, приспособленных к паразитированию на пчелах, включает только восемь видов. А семейство мух-журчалок, чьи личинки могут жить как в воде, так и на суше, а взрослые особи могут питаться на разных растениях, содержит тысячи видов.

Кроме того разнообразие группы связано с характерным размером ее представителей. Для более мелких организмов среда оказывается гораздо более мелкомасштабной - за счет этого они могут эффективнее делить между собой ниши, тем самым увеличивая разнообразие. Поэтому отряды или семейства насекомых содержат обычно больше семейств, чем отряды или семейства млекопитающих. А среди млекопитающих можно привести в пример отряды грызуны и парнокопытные. Обе группы переживают сейчас расцвет, но первых - в десять раз больше по числу видов.

По-видимому, может играть роль и то, что в одних группах видообразование может происходить чаще, чем в других. Это может быть следствием разных факторов. Так можно представить себе, что организмы определенной группы мутируют гораздо чаще других (например, за счет присутствия в геноме мобильных элементов).

Или видообразование идет эффективно за счет более легкого возникновения репродуктивной изоляции. Например, если группа состоит из специализированных паразитов, то переход на нового хозяина скорее всего приведет к прекращению генного потока с исходной популяцией - а отсюда и к возникновению нового вида. Таким группам будет свойственно большее разнообразие. По-видимому, этим можно объяснить высокое разнообразие насекомых-фитофагов и паразитоидов (таких, как наездники).

Если в работе школьника присутствовали какие-то из приведенных выше верных идей, то за каждую начислялось два балла. Дополнительные баллы могли начисляться за разумное объяснение механизмов, хорошие примеры и т.п.

Наконец, при ответе на этот вопрос можно было отметить, что определение границ каждого таксона до некоторой степени зависит от точки зрения систематиков. Ученые могут либо объединять мелкие группы в один таксон, либо разъединять их, присваивая каждой мелкой группе более высокий ранг. Естественно, при объединении получится группа с большим числом видов. Если в работах школьников встречалась эта мысль, она оценивалась одним баллом.

Задание 5.

Существуют морские планктонные виды, которые каждые сутки ночью поднимаются к поверхности, а днем опускаются на глубину 200-300 м. Зачем это может быть нужно организмам? Какие проблемы при этом у них возникают и как они могут с ними справляться?

Решение:

Вопрос «зачем планктонным организмам нужны суточные перемещения» предполагает, что организмы перемещаются целенаправленно. Возможно, конечно, что существуют какие-то факторы (течения, плотность воды и т.п.), которые за сутки меняются так, что заставляют планктон пассивно двигаться вверх и вниз. Такой вариант ответа принимался как правильный, но оценивался невысоко – одним баллом.

Однако более ценными считались ответы, в которых школьники пытались объяснить суточные миграции планктона какими-то биологическими причинами. Надо сказать, что однозначного ответа на этот вопрос у ученых не существует. Сейчас считается, что вертикальные суточные миграции имеют неодинаковую природу и функциональное значение у разных представителей планктона.

Самой распространенной версией являлись перемещения, связанные с температурой воды. Возможно, на поверхности днем вода нагревается слишком сильно и планктон перемещается в более холодные слои. Эта идея оценивалась одним баллом. Дополнительные баллы давались за разумное объяснение того, почему слишком высокая температура воды может быть некомфортной для организмов. Например, обсуждался тот факт, что с повышением температуры падает растворимость кислорода в воде.

Другая распространенная версия: фитопланктон должен находиться в верхних слоях воды, чтобы фотосинтезировать. Зоопланктон в этих слоях активно выедается хищниками. Поэтому планктонные животные избегают поверхностных слоев днем, когда они особенно заметны для хищников, и поднимаются в них ночью, чтобы поесть. Эта версия оценивалась одним или двумя баллами, в зависимости от логического обоснования.

В некоторых случаях школьники говорили о том, что яркий солнечный свет может быть неблагоприятным фактором сам по себе. Без объяснения, в чем опасность переосвещения, эта мысль оценивалась одним баллом. Дополнительные баллы ставились, если автор пояснял свой ответ. При этом следует помнить, что ультрафиолет, который многие школьники считали главным неблагоприятным фактором солнечного света, очень плохо проникает сквозь воду. Чтобы защититься от него, нет необходимости уходить на глубину 200-300 м. Разрушение пигментов фотосинтеза, которое может происходить при слишком сильном освещении, может заставлять перемещаться фитопланктон, но тоже вряд ли требует столь глубокого погружения. Разумное обсуждение всех возможностей повышало оценку за ответ.

Некоторые школьники предполагали также, что планктон может подниматься к поверхности для размножения. Эта идея тоже оценивалась одним баллом, если не обсуждалось, почему такие перемещения совершаются каждые сутки и почему размножаться выгодно в определенных слоях воды.

Высоко (двумя баллами) оценивалась версия об использовании течений, проходящих на определенной глубине, для распространения планктонных организмов. Это может обеспечить сохранение и расширение ареала.

Возможно также, что благодаря вертикальным миграциям происходит обмен генетическим материалом при перемешивании различных частей популяций, приобретающих благодаря пространственной изоляции (разобщению) некоторые генетические различия.

Вторая часть вопроса предполагала обсуждение **проблем**, возникающих при суточных перемещениях, и **способов их разрешения**.

Самой часто упоминаемой в ответах проблемой стала разница в давлении на глубине и на поверхности. Стоит однако отметить, что разница давлений может быть опасна при быстром погружении или всплытии. Если же перемещение происходит достаточно медленно, внутреннее давление организма успевает уравновеситься с внешним, и никакой опасности не возникает. Дополнительную защиту в данном случае может представлять жесткая внешняя оболочка (панцирь, раковина) или механизмы изменения внутреннего давления, например с помощью камер, наполненных газом.

При перемещении между слоями могут существенно меняться и другие параметры среды: температура, соленость, насыщенность кислородом. Для компенсации этих изменений планктонные организмы должны иметь соответствующие механизмы. За обсуждение проблем, связанных с изменением условий, баллы начислялись в зависимости от степени разумности объяснений в каждом конкретном случае.

Большую проблему представляет также сам механизм перемещения. Планктонные организмы обычно малы, поэтому для них расстояние в 200-300 метров очень существенно. Если его преодолевать активно, на это требуются большие затраты энергии. Преодолевать эту проблему можно либо за счет очень активного питания и накопления запасов питательных веществ, либо за счет использования пассивных способов перемещения. Чаще всего всплытие происходит активно, а погружение – пассивно. Но возможно и пассивное перемещение вверх. Изменять свою плавучесть планктонные организмы могут за счет накопления жиров или газов в своем теле, а также за счет изменения площади поверхности тела (уменьшение поверхности позволяет погрузиться). Здесь также за обозначение проблемы давался 1 балл, а за логичное развитие идеи баллы добавлялись.

Дополнительные сложности для вертикального перемещения создает наличие **пикноклина**. Это резкий скачок плотности воды на определенной глубине, глубже которой не идет перемешивание. Преодолеть его планктонным организмам довольно трудно, приходится активно плыть, а на это требуются дополнительные энергетические затраты.

Наконец, массовое суточное перемещение планктона могут учитывать в своей охоте хищники и «подкарауливать» всплывающих жертв. С этим планктонным организмам бороться трудно, однако, если одновременно всплывает очень много организмов, кто-то обязательно спасется. Можно также говорить о специфических методах борьбы с поеданием: накопление невкусных веществ в организме, выращивание щетинок и колючек, различные способы «обмана» и т.п. Эта мысль редко встречалась в работах, поэтому оценивалась 2 баллами или выше, в зависимости от пояснений.