

### Задание 1.

Для изучения микроорганизмов, таких, как бактерии и археи, традиционно микробиологи выращивают их в чистой культуре, где живет и размножается только один интересующий нас организм, и где ему созданы идеальные условия существования. Однако оказалось, что многих микроорганизмов невозможно вывести в чистую культуру. Как вы думаете, какие особенности этих микробов могут мешать такому их культивированию? Предложите способы, как можно было бы изучить строение таких микробов, их физиологические и биохимические особенности.

**Решение.** (коэффициент 4)

Самая простая причина невозможности вырастить микроорганизм — неподходящие условия (состав среды, температура, аэрация и др.) (**1 балл**), или очень медленная скорость роста (**1 балл**).

Возможно, для роста микроорганизму не хватает конкретных веществ. Часто это вещества, выделяемые другими участниками сообщества, которые являются необходимыми для роста интересующего нас микроба. (**1 балл**; в этот критерий также включались идеи о необходимости взаимодействия с другими организмами без конкретики).

Также возможна ситуация, когда организм погибает от собственных продуктов жизнедеятельности (а в природе их забирают другие виды из сообщества) (**1 балл**).

Бывает, что микробов в сообществе просто сложно разделить, потому что нужного вида в культуре мало и он растет медленнее других, при попытках выделения вырастают другие, более многочисленные и быстрорастущие. Если участником было подробно расписано, как именно низкая скорость роста мешает выделить микроорганизм в чистую культуру, то выставлялся дополнительно **1 балл**, помимо балла за критерий «низкая скорость роста».

В сообществе могут существовать два или более крайне похожих друг на друга по морфологии и физиологии микроорганизма, в связи с чем практически невозможно подобрать условия культивирования наиболее оптимальные только для одного из них (**1 балл**).

Внутри одного вида бактерий может существовать сильная генетическая изменчивость, приводящая к возникновению различающихся по свойствам диссоциантов даже в пределах одной лабораторной культуры. В этом случае неясно, можно ли считать такую культуру чистой. Все биологически верные идеи относительно генетической изменчивости оценивались суммарно в **1 балл**.

Для изучения интересующего нас вида можно попробовать все-таки создать для него подходящие условия роста — добавлять в среду выделения

других организмов того же сообщества (**1 балл**), удалять или связывать какие-то компоненты среды, которые могут угнетать его рост (**1 балл**), подбирать необычные условия (**1 балл**). Если микроорганизмы в сообществе сильно различаются, можно попытаться разделить их по физическим параметрам, например, по размеру или способности оседать на определенные поверхности (**1 балл**).

Для изучения строения в первую очередь применяются различные виды микроскопии (**1 балл**).

Строение клеточной стенки можно выявить с помощью окрашивания специфическими реагентами. В некоторых случаях можно, вероятно, применить окрашивание мечеными антителами, если хочется выявить наличие конкретного вещества на оболочке (**1 балл**; за подробное описание метода мог быть добавлен **1 балл**).

Если нам известны свойства других микробов в сообществе, можно посмотреть, как изменяется система при добавлении в нее интересующего нас микроба (что появляется, что исчезает) (**1 балл**).

Также можно выделить ДНК из всех организмов в сообществе и попробовать проанализировать, какие специфические гены могут относиться к интересующему нас организму. Хорошо, если мы знаем геном других микробов — это облегчает задачу (**1 балл**).

Если геномы организмов неизвестны, часто определяют последовательности суммарно всех выделенных кусков ДНК, а потом «собирают» геномы конкретных организмов, сопоставляя перекрывающиеся фрагменты. Если удастся получить последовательность геномной ДНК «нашего» организма, можно сравнивать ее с базами данных и находить похожие гены, для которых известны функции. Можно встраивать отдельные гены или их группы в искусственные системы, где они будут работать, надеясь выделить соответствующие белки и изучить их свойства (**1 балл**; за подробное раскрытие данных способов изучения микроорганизмов мог быть добавлен **1 балл**).

За грамотные подробные описания отдельных идей могли начисляться дополнительные баллы.

## **Задание 2.**

Иногда виды растений или животных, вольно или невольно завезенных человеком на новую для них территорию, становятся инвазионными, то есть начинают активно размножаться, расширять занимаемое пространство, вытеснять местную флору и фауну. Но между интродукцией (то есть первоначальным завозом) и началом биологической инвазии может проходить долгое время, вплоть до нескольких веков. Как вы думаете, какие факторы могут приводить к тому, что вид все-таки становится инвазионным?

**Решение.** (коэффициент 4)

Прежде всего надо отметить, что нет какого-то универсального ответа на вопрос о причинах лаг-фазы. Скорее всего, все предложенные гипотезы реализуются — но у разных организмов и в разных ситуациях.

Условно все гипотезы о возможных причинах мощно поделить на два блока: о том, что лаг-фаза биологических инвазиях — это просто время, пока мы не видим инвазию, а она идет, и то, что лаг-фаза длится до некоторого «спускового события» **(2 балла)**.

К первому блоку можно отнести гипотезы, связанные с тем, что на ранних стадиях экспоненциального роста он достаточно медленный и плохо отличим от стагнации — но потом переходит во «взрывной» режим. То есть с самого начала шел рост популяции, но вначале мы ее не замечали **(1 балл)**.

Туда же можно отнести и гипотезы, предполагающие, что с ростом размера популяции и занятых территорий скорость их роста увеличивается еще сильнее **(1 балл)** — за счет более легкой встречи полов или за счет того, что у большей территории длиннее границы, с которых может происходить расселение (1 балл за упоминание одной или обеих причин этого явления).

Перейдем ко второму блоку.

Во-первых, возможны ситуации, когда у вида на новой территории резко увеличивается скорость размножения или расселения **(1 балл)**. Например, за счет того, что в стране построили больше дорог, по которым он разносится (стоит отметить, что в XX веке, когда дорог стало гораздо больше, биологических инвазий тоже стало больше — хотя это явно не единственный фактор) **(1 балл)**. Или хозяйственная деятельность привела к появлению больших пространств с нарушенными экосистемами, в которые инвазионному виду проще встроиться **(1 балл)**. Изменения климата тоже могут сделать новую территорию более подходящей для «чужака» (например, потепление облегчит расселение теплолюбивых видов) **(1 балл)**.

Сюда же можно отнести ситуации, когда расселению одного вида-вселенца способствует другой, находящийся на родине в мутуалистических взаимоотношениях с ним (например, опылитель для растения) **(1 балл)**.

Во-вторых, возможно и то, что в популяции инвазионного вида в ходе эволюции возникли более адаптированные к новой территории варианты **(1 балл)**. Этому может способствовать появление удачной мутации. Также гибридизация с местными видами или с другими представителями своего вида (а на новой территории могут встречаться особи, по происхождению относящиеся к разным, сильно удаленным на родине, популяциям) **(1 балл)**.

Наконец, у малых популяций, какими обычно бывают вселенцы на первых порах, в целом маленький запас генетической изменчивости, что затрудняет

отбор и использование комбинативной изменчивости (**1 балл**).

За грамотные подробные описания отдельных идей могли начисляться дополнительные баллы.

### **Задание 3.**

Воздушная среда — самая сложная среда для обитания живых существ за счет ее низкой плотности, огромных расстояния и возможности движения во всех трех плоскостях. При этом, животные, активно перемещающиеся в воздухе, должны уметь как-то в нем ориентироваться. Какие способы ориентации в полете есть у разных групп животных? Назовите как можно больше способов и поясните, в каких случаях они могут использоваться.

#### **Решение.** (коэффициент 4)

Когда мы говорим об ориентации в полете, нужно различать ориентацию на далеких расстояниях — например, при сезонных миграциях птиц, и ориентацию в конкретной местности (вокруг гнезда, на кормовой территории и т.п.)

В обоих случаях часто используется зрение. Показано, что на своей постоянной территории птицы и насекомые часто используют визуальные объекты — запоминают расположение предметов, построек. Но и при дальних перелетах расположение объектов на земле часто играет большое значение. (**1 балл**)

Кроме того, при дальних перелетах птицы могут ориентироваться по положению солнца на небе и даже по положению некоторых звезд. Они могут вычленять на небе неподвижный полюс и использовать его в качестве ориентира. (**1 балл**)

Также для многих птиц и насекомых известно, что они могут улавливать плоскость поляризации света, что помогает им ориентироваться тогда, когда солнце непосредственно не видно на небе (**1 балл**).

Светлячки ориентируются на свет партнера при спаривании (**1 балл**).

Ряд животных, в частности — птицы, обладают способностью воспринимать магнитное поле земли. Это также позволяет им держать направление при дальних перелетах, особенно когда нет ясных визуальных ориентиров (над морем или над пустыней). Для некоторых птиц показано, что они обладают врожденной способностью определять общее направление миграции по солнцу и магнитному полю. (**1 балл**)

Для летучих мышей хорошо известно использование эхолокации, способность к которой позволяет ориентироваться в темноте в сложных пространствах, а также находить добычу. (**1 балл**)

Многим животным в ориентировании в воздухе помогает обоняние. Оно часто помогает найти особей своего вида, а также бывает очень полезно при

поисках корма или, скажем, места размножения. Но и при дальних перелетах обоняние помогает не сбиться с пути, поскольку для разных местностей характерны разные запахи. (1 балл)

Некоторые насекомые (например, комары) могут ориентироваться при поиске жертвы по концентрации углекислого газа. (1 балл)

Определенную роль может играть температурная чувствительность. С одной стороны, сезонные перелеты в целом происходят по температурному градиенту (в более теплом или в более холодном направлении). А с другой — тепловое излучение помогает найти теплокровную добычу или уйти от теплокровного хищника. (1 балл)

В некоторых случаях летающие животные могут учитывать силу ветра, однако чаще корректировка происходит по визуальным или другим ориентирам. (1 балл)

Наконец для ориентации в трехмерной воздушной среде очень важно понимать, где верх, где низ. Поэтому большинство летающих животных имеют развитые органы равновесия, реагирующие на силу тяжести. Они же помогают понять, в какую сторону произошел поворот в полете — не только вверх или вниз, но и в любом другом направлении. (1 балл)

Как разумная гипотеза, но по всей видимости, не реализующаяся в реальности, оценивалась идея о наличии у животных барорецепторов, которые могли бы помогать в определении высоты полета. (1 балл)

Можно также отметить, что для многих животных существуют поведенческие способы ориентации. От простейших «лететь за вожак» до весьма сложных вроде широко известных «танцев» пчел. (1 балл)

Ответы, содержащие идею о том, что в ориентации помогают инстинкты, не оценивались, если участник не описывал подробно, о каких именно инстинктах идет речь.

За грамотные подробные описания отдельных идей могли начисляться дополнительные баллы.

#### **Задание 4.**

Мы знаем, что медоносная пчела *Apis mellifera* была одомашнена много сотен лет назад, однако до сих пор в лесах можно встретить дикие гнезда этих насекомых, которые делают такой же мед и практически не отличаются от своих «культурных» собратьев, однако предков современных лошадей уже давно нельзя встретить в дикой природе. С чем может быть связано такое явление? Приведите примеры животных, соответствующих данным ситуациям.

**Решение.** (коэффициент 8)

Медоносные пчелы до их одомашнивания преимущественно обитали в дуп-

лах и щелях, где они благополучно строили свои соты (**1 балл**).

Одомашнивание не изменило их образа жизни и строение тела, поскольку у человека не было задачи вывести пчел с отличными от естественных качествами — его интересовала только их способность делать мед (**1 балл**).

Естественные места обитания пчел сохранились в наши дни, поэтому дикие пчелы могут вести независимое от человека существование (**2 балла**);

Для предков диких лошадей на Земле практически не осталось естественных местообитаний. Для них нужны обширные травяные пространства, которые постепенно были человеком превращены с поля, застроены или как-то еще изменены. (**1 балл**)

На диких лошадей человек охотился, что также способствовало их вымиранию (**1 балл**).

Немаловажно то, что отбор домашних лошадей по внешним данным и по физиологическим качествам шел весьма интенсивно, формировались различные породы, которые сильно отличались от дикого предка лошади (**1 балл**).

Также лошади медленнее воспроизводятся и имеют меньшее число потомков, чем пчелы (**1 балл**).

За правильные примеры животных добавлялось по **1 баллу**.

За грамотные подробные описания отдельных идей могли начисляться дополнительные баллы.

### **Задание 5.**

Известно, что методами генетической инженерии ученые получили ряд белков, которые способны светиться разными цветами. Как вы думаете, для чего такие белки могут быть использованы в научных исследованиях?

**Решение.** (*коэффициент 5*)

Среди живых организмов довольно многие способны светиться, причем способы получения свечения бывают довольно разными. В большинстве случаев в них участвуют белки, которые могут применяться для биологических исследований.

Чаще всего такие белки используют в качестве так называемых репортеров. Это значит, что ген какого-то светящегося белка могут пришивать генноинженерными способами к гену другого белка, создавая гибридный белок. В этом случае можно увидеть:

1. В каких клетках и органоидах синтезируется данный белок (**2 балла**);
2. Как изменяется экспрессия данного гена при изменении условий (**2 балла**);
3. Перемещение данного белка в реальном времени, причем (что очень ценно) в живой клетке (**2 балла**).

Если пометить таким образом несколько белков одного организма, можно

увидеть, как они располагаются по отношению друг к другу. **(3 балла)**

Иногда создают такие системы в которых используют два разных флуоресцентных белка, тогда энергия, полученная одним флуоресцентным белком, переносится на другой флуоресцентный белок при достаточно малом расстоянии между ними. Таким образом можно изучать пространственные изменения на молекулярном уровне (Ферстеровский резонансный перенос энергии). **(5 баллов)**

Если исследователей интересует работа определенных промоторов и их регуляция, у них есть возможность поставить ген светящегося белка под нужный промотор, тогда при его включении светящийся белок будет экспрессироваться и можно будет зарегистрировать световой сигнал. Такие конструкции используются часто для изучения влияния на организм различных факторов, для анализа работы регуляторных участков генов в ходе развития или при различных заболеваниях. **(4 балла)**

Светящиеся белки также часто используют как сенсоры, способные сигнализировать о наличии или концентрации какого-то вещества. По свечению под действием люциферазы можно судить о содержании АТФ в клетке, так как АТФ необходим этому белку для генерации свечения. Также можно оценить концентрацию кислорода, измерить уровень радиоактивного фона и т.п. **(5 баллов)**

При различном уровне рН вокруг флуоресцентного белка его характеристики светимости могут меняться, таким образом можно отслеживать локальные изменения рН в конкретных областях клетки. **(5 баллов)**

Полное количество баллов давалось за развернутые ответы, из которых было очевидно, что участник имеет хорошее представление об описываемых методах. В иных случаях участнику присуждался **1 балл** за высказанную идею без хорошего обоснования. В случае предельно кратких ответов **1 балл** мог даваться суммарно за несколько идей.

За грамотные подробные описания отдельных идей могли начисляться дополнительные баллы.