**В мире бактерий**

Жданова Т. Д.

Познакомимся с миром бактерии, которая демонстрирует нам пример живого существа с большими возможностями, способностями и многообразием поведенческих проявлений. Она, несомненно, являет собой шедевр организации. Ведь в рамках одной клетки бактерия должна справляться со всеми задачами, которые многоклеточные организмы решают с помощью миллионов клеток своего тела. В тоже время, существующее мнение о примитивности одноклеточных организмов настойчиво воспроизводится в учебной и популярной литературе: «Можно сказать, что бактериальная клетка – просто мешочек, набитый различными веществами». Может быть, такое понимание основывается только на видимой в микроскоп и схематично изображаемой «простоте строения» бактерии и недостаточном знакомстве с научными фактами об удивительных проявлениях этих живых существ.

Уже столетия назад ученым была известна эфемерность видимого в биологии. Да и ведущие современные биологи стараются не опираться в своих выводах только на видимое, зависящее от современного уровня исследовательской техники. Они понимают, что в науке о жизни, как и в физике, непосредственная ненаблюдаемость того или иного феномена и невозможность изображения не означает отрицание его существования. На том же самом основании физиками не могли быть открыты элементарные частицы. И в биологии – если мы и не видим у живых существ определенных органов, то нам все же приходится признавать у них ту или иную деятельность. Дышат все животные, даже те, которые не имеют конкретных дыхательных органов. Одноклеточное животное принимает пищу и переваривает ее, хотя у него нет ни желудка, ни кишки. Оно передвигается без мышц, чувствует и действует не только произвольно, но и целесообразно.

В представленных далее материалах вы сможете убедиться, что бактерия тоже наделена всем, во-первых, для осуществления питания и пищеварения, обмена веществ и удаления его продуктов. Во-вторых, эта удивительная бактерия наделена ощущениями и восприятием внешней и внутренней среды, памятью и способностью принимать нужные решения, осуществлять координацию и управление процессами жизнедеятельности. Она обеспечена даже довольно сложным репродуктивным инстинктом – свою пару бактерия «призывает» так же, как и многоклеточные животные, посылая в окружающую среду сигнальную информацию – строго специфичные каждого вида вещества (феромоны). И все это за счет одной единственной клетки!

**Возможности организма**

Об основной части (99,9 %) всех видов бактерий мы ничего не знаем, т.к. они в основном не культивируются в лабораторных условиях. Знания наши основаны на 0,1 % видов бактерий (а их 3 млн. видов). Но и это исследованное их количество показывает, что мир живого непостижимо сложен и поистине неисчерпаем! Рассмотрим это на примерах.

Жизнедеятельность в экстремальных условиях. Этим миниатюрным существам дано все, чтобы Земля была населена представителями живого мира от края и до края. Ведь бактерии живут там, где не могут жить ни растения, ни животные. Благодаря тому, что многие из них не нуждаются в кислороде, вездесущие микроорганизмы проникают в толщу земли на сотни метров, населяют пресные воды, моря и океаны. Их удается обнаруживать в верхних слоях атмосферы на высоте нескольких десятков километров, в глубоких подземных скважинах и в толще ледников. А когда бактерий, обнаруженных под мощным льдом Антарктиды, отогрели, малыши ожили, хотя возраст их был тысячи лет.

Бактерии могут жить в широком диапазоне отрицательных и положительных температур, в кислой и щелочной среде (при рН от 0 до 10), при давлении до 1000 атм. Одним из недавних открытий явилось то, что бактерии некоторых видов способны жить в воде с температурой 4000 С! Такие источники находятся в океанских глубинах. Когда в земной коре образуются разломы, горячая вода устремляется наружу. И только огромное давление удерживает ее в таком состоянии. Ученые пока не сумели выяснить, каким образом эти создания способны жить при температурах, которые убивают все живое. А например, галобактерии не могут существовать ни в пресной, ни в обычной морской воде. Их организм устроен для жизнедеятельности в таких очень соленых бессточных водах, как в Мертвом озере, т.е. практически в «рассолах». Некоторые же бактерии прекрасно себя чувствуют даже в воде, охлаждающей ядерные реакторы, где очень высокий уровень радиации. Бактерии целого ряда видов обитают в живых организмах. При этом в одном теле сосуществуют представители тысяч различных видов полезных и вредных для хозяина бактерий.

Широкий диапазон условий обитания этих микроскопических существ показывает, какими удивительными возможностями наделен их организм.

Бактерия чинит свою единственную молекулу ДНК. Благодаря сложности строения и совершенным системам организма, бактерии способны реагировать на внешние воздействия и зачастую устранять его «поломки». Известно, что организм, даже одноклеточный, всегда занят изготовлением и починкой сложных молекул, из которых он состоит. Как только он перестанет это делать, то умрет и превратится в совокупность более или менее свободных атомов. А они уже будут не способны сами соединиться в макромолекулы, которые автоматически не могут объединиться, чтобы восстановить живую клетку.

По способности ремонтировать (воссоздавать) кольцевую макромолекулу ДНК – самую сложную структуру клетки, ее «библиотеку» наследственных знаний, координирующий и управляющий центр – бактериальный организм не знает себе равных! Обнаружены бактерии одного из видов, выносящие дозу радиации, в 60000 раз большую смертельной для многоклеточного животного. И хотя такое излучение буквально рвет в клочки ДНК бактерии, после прекращения облучения ее организм способен привести свою макромолекулу в полный порядок. Но ведь по классической теории именно ДНК является «банком» различных информационных данных и управляет процессами синтеза всех молекул. Какая же тогда структура возглавляет сложнейший комплекс работ по воссозданию самого носителя генетической информации? Выходит, что существует другой управляющий центр клетки и носитель наследственных знаний по построению макромолекулы ДНК, который не подвержен изменениям при облучении.

**Способность ощущать окружающий мир**

Какой степени сложности должен быть организм, чтобы иметь органы чувств, правильно воспринимать среду обитания и определять собственные потребности, иметь кратковременную и длительную память, принимать правильные решения, чтобы адекватно реагировать на любые воздействия, да и вообще проявлять индивидуальные черты? – задались вопросом ученые. И сами же на него с изумлением ответили. Всем этим критериям отвечают одноклеточные бактерии, хотя по традиционным понятиям, ограниченным рамками существующих концепций, они должны представлять собой самые простые и бесчувственные формы жизни. Продемонстрируем это на примерах.

Загадки чувствительности бактерий. Даже не совсем сложные исследования с миниатюрными одноклеточными существами позволяют убедиться, какой необычайной способностью реагировать на присутствие веществ и различных полей они наделены. Среди них можно найти рекордсменов, способных ощущать отдельные молекулы веществ и улавливать самые слабые известные нам, а возможно, и неизвестные поля. А ведь у многих существ их удивительные приборы нельзя рассмотреть даже в электронный микроскоп.

Химическое чувство у бактерий подобно восприятию запаха и вкуса. Они, например, умеют распознавать различные вещества и активно реагировать на них направленными движениями (хемотаксис). Известны привлекающие, обычно полезные для бактерий, вещества (аттрактанты), в числе которых – аминокислоты, и отпугивающие вещества (репелленты) – всякого рода вредные химикаты.

Известно, что сигнальные молекулы этих аттрактантов и репеллентов бактерия ощущает посредством находящихся на ее поверхности специфических рецепторов (хеморецепторов). Причем каждый вид рецепторов взаимодействует только с определенным сигнальным веществом, благодаря чему они управляют поведением бактерии. Она уплывает от вредных веществ и стремится к полезным. Удивительным является, во-первых то, что бактериальный организм обеспечен не только собственным рецептором на каждое из них, но и «знает» всю гамму важных для его жизни конкретных химических молекул. А во-вторых, что бактерия ощущает «запах» или «вкус» просто приятных или неприятных веществ сложнейшего состава. Например, бактерия активно движется в направлении «вкусной» для нее еды – куриного бульона. Откуда у бактерии знания, что компоненты куриного отвара полезны или приятны, и сигнал на них от рецепторов вызывает положительный отклик ее организма?

В некоторых случаях бактерии чувствуют вещества гораздо лучше, чем мы. Они ощущают буквально считанные ионы или молекулы, присутствующие в больших объемах водной среды. Или, например, бактерия может ощутить разницу между одной и двумя частицами среди десяти тысяч таких же частиц. Представьте для сравнения, что перед вами две стеклянные банки, заполненные монетками, и вам нужно «почувствовать», в какой из них ровно десять тысяч монет, а в какой – 9999!

Загадочную способность бактерии откликаться на одну-единственную молекулу ученые пытаются объяснить различными теориями, в том числе «эффектом домино». Рецепторы на поверхности клетки соединены в гигантский кластер (группу). И стоит только одной из молекул вещества вступить во взаимодействие с одним из рецепторов, как срабатывает «эффект домино». Весь кластер перестраивается, меняя состояние поверхности клетки, ее функции и поведения.

Восприятие различных видов энергий. Молекулярно организованные, но не видимые пока нами «органы чувств» бактерии предназначены для регуляции процессов ее жизнедеятельности. Они информируют бактерию о различных внешних событиях, причем не только благодаря показанному выше химическому взаимодействию с сигнальными веществами. Бактерия дифференцированно воспринимает в виде раздражения и многие виды энергий: световые волны, энергии молекул пахучих веществ, звуковые колебания, гравитацию, вибрации, угловые ускорения и т. п.

Например, у многих видов бактерий, проживающих в соленых водах и осадках, имеются крохотные цепочки кристаллических частиц магнетосом. Они содержат железо в виде магнетита и помогают бактерии ощущать магнитные поля, направляя их движение с помощью геомагнитного поля Земли. Так, бактерии из морских отложений благодаря своему компасу легко ориентируются и быстро мигрируют в нужном направлении. Бактерия, создающая себе компас, – факт удивительный. Интересно, что в отличие от большинства бактерий с магнетосомами, три их вида, предпочитающих, насыщенные серой, воды, строят свои компасы не из окиси железа. Они образуют кристаллическое вещество – греигит, соединяя железо с серой. Интересно, что представители каждого вида создают собственный кристалл греигита по уникальной, пока не разгаданной людьми технологии. Ее, как и все феноменально сложное и целесообразное, что вложено в эти одноклеточные существа, бактерии в неизменном виде передают через века: от предков – к потомкам.

Открыв уникальную чувствительность бактерий, люди стараются использовать ее себе на пользу. Например, бактерии могут предупреждать нас о всплесках солнечной активности за неделю до их появления. Бактерии, способные менять свою окраску, служат главной «деталью» сверхчувствительного прибора. На что они реагируют – на изменение электромагнитных полей или сигнальные частицы, летящие от Солнца, – пока не выяснено. А некоторые бактерии могут даже служить сенсором для определения качества приготовленной пищи, т. к. могут в ней менять акустический спектр в диапазоне 100 кгц – 15 мгц.

**«Мозговой центр» бактерии**

Как показано ранее, чувствительность бактерии – это результат воздействия на ее «органы чувств» различных сигналов. Они отражают как внутренние процессы в организме, так и влияние на него внешней среды. И циркуляция этих информационных сигналов внутри бактериального организма представляет собой весьма сложную систему со многими связями. Чтобы правильно реагировать на сигналы из окружающей среды, клетка бактерии должна решить несколько задач:

• воспринять сигналы, несущие огромное количество информации;

• доставить их по назначению;

• обработать полученную информацию;

• адекватно отреагировать на получение сигналов;

• выключить системы реагирования после исчезновения сигналов и т. д.

Постоянная переработка всей информации чрезвычайно важна для жизнедеятельности такого, казалось бы, «просто устроенного» организма. Для решения множества задач у бактерии, видимо, существует неведомый науке непостижимый по сложности «мозговой» центр и аналог нервной системы, как у многоклеточных животных. Рассмотрим это подробнее.

Устройства для целенаправленных движений. Итак, бактерии, при отсутствии у них нервной системы и видимых органов чувств обладают свойством воспринимать раздражения из внешней среды и от собственных органов. Поскольку у бактерии «в одном лице» представлены и клетка и организм в целом, то, восприняв раздражение, они, каждый по-своему, автоматически реагируют на него. Клетка переходит в состояние возбуждения – к активной физиологической деятельности, выражающейся, например, в возникновении биоэлектрического потенциала, способного к распространению, а организм – к активному движению.

Одни бактерии способны к скользящему передвижению за счет специально существующей слизистой капсулы на поверхности клетки. Другие же имеют особые органы движения – жгутики (от 1 до 50). Они берут свое начало под цитоплазматической мембраной, закрепляясь там с помощью пары дисков. Вращая эти жгутики бактерия сможет достаточно активно передвигаться, причем направление их вращения периодически меняется. При вращении жгутиков в одну сторону, бактерия кувыркается на месте, а при обратном вращении плывет по прямой линии. В однородной среде бактерия передвигается в случайном направлении, которое меняется после каждого периода кувыркания. Если же она встречается с повышенной концентрацией какого-то привлекательного для нее вещества, то кувыркания происходят реже, а периоды прямого движения удлиняются, что приводит к целенаправленному перемещению в сторону большей концентрации этого вещества. И наоборот, если окажется, что она плывет по направлению к какому-то «отпугивающему» ее веществу, то кувыркания учащаются, что способствует перемене направления.

Что интересно, осуществлять движения и управлять ими помогает очень тонкая и сложная система навигации, которая направляет определенные сигналы к так называемым «ротационным моторам» жгутиков. Один такой сверхмалый «мотор» размером до 30 нм (1мм – 30 000 таких моторчиков) может достигать 100 оборотов в секунду! Вращается он как вперед, так и назад, давая возможность бактерии осуществлять четко направленные движения. Для «строительства» такого «ротационного двигателя» должны быть закодированы тысячи специфических внутриорганизационных структур. Жгутики – это совершенно уникальное образование, которое больше не встречается ни у кого в природе!

«Память» бактерий. Механизм движения бактерий, казалось бы, простой, но даже в нем есть тонкости, которых трудно ожидать от бактерии. Например, кувыркание зависит не от абсолютной концентрации какого-то вещества, а от ее изменения. Хотя градиент концентрации – явление пространственное, бактерия воспринимает его во времени, по мере того, как плывет. Она замечает, что концентрация становится выше или ниже, чем была перед этим. Иными словами, у бактерии есть что-то вроде памяти. Поэтому можно заменить пространственный градиент временным. Если взять аминокислоту и добавить фермент, разрушающий ее с подходящей скоростью, то концентрация аминокислоты будет снижаться. Бактерии отвечают на это увеличением частоты кувыркания и меняют направление движения так, как будто они плывут вдоль градиента в зону с более низкой концентрацией.

Продолжая эксперименты по воздействию на бактерии различных полезных или вредных для их жизнедеятельности, веществ, ученые выяснили, что бактерии обладают не только кратковременной, но и долговременной памятью. Они помнят, где именно находили пищу. Столкнувшись с неизвестным объектом, они используют ту или иную стратегию обращения с ним, а в следующий раз действуют по памяти. И это одноклеточная бактерия! Ведь мы с вами, решая, наступать нам или отступать, двигаться вперед или назад, задействуем сотни и даже тысячи клеток мозга! Так существует или нет примитивные живые существа? Ученым пока не удалось обнаружить ни одного.

Бактерия не «биочип», а индивидуальность. Некоторые ученые считают, что бактерия – это своеобразный, подвижный самоуправляемый модуль, «биочип», размером менее 10 мкм, который объединяет в одном «корпусе» сенсор, логическое и исполнительное устройство, а также системы подвижности. Однако сейчас достоверно известно, что бактерии обладают не только памятью, но для них характерны и проявления индивидуальности! Кто же такой индивид? Это отдельный организм, элементарная единица жизни, имеющая все признаки, свойственные виду, к которому она принадлежит. И вместе с тем, индивид имеет свои особенности, отличающие его от других таких же организмов этого вида. Это характерно и для бактерий.

Во-первых, исследователи выяснили, что молодые бактерии учатся и запоминают лучше, чем старые. То, чего они не узнали в «юном возрасте», уже могут не узнать никогда. А во-вторых, ученые с изумлением узнали, что отдельные бактерии обладают совершенно уникальными поведенческими возможностями. И это несмотря на одинаковость генетической структуры и окружающей среды в процессе экспериментов!

Если в неорганической природе действует закон о сохранении энергии, то в мире живого – закон сохранения индивидуальности. Он гласит, что с момента появления на свет возникает индивидуальная специфика организма, которая сохраняется до его смерти. Бактерии, как ясно из вышеизложенного, не нарушают закон индивидуальности.

Бактерии умеют «принимать решения». Поскольку характерной чертой живых существ, способных к самостоятельной жизнедеятельности является постоянное принятие решений и целесообразное реагирование на изменения микро– и макроокружения, то особая важность в этих процессах принадлежит информационной составляющей жизненных процессов. И, как было показано выше, любые, даже мельчайшие одноклеточные организмы, включая бактерию, способны оценивать и сортировать информацию по ее значимости для сохранения своей жизнеспособности.

Исследователями установлено, что когда бактерии получают информацию о местонахождении «вкусной» еды, они не только активно перемещаются в ее направлении, но даже способны «принимать решение». Убедившись, что экспериментальные особи знают, где находится эта пища, ученые поместили на пути следования преграду в виде слабого раствора дезинфицирующего средства. Бактерии сумели с помощью своего «мозгового» центра оценить информацию о местонахождении полезных и вредных веществ на их пути. Очень довольно быстро нашли путь в обход ядовитой преграды и направились к пищевому источнику. Эти результаты исследований ошеломили ученых.