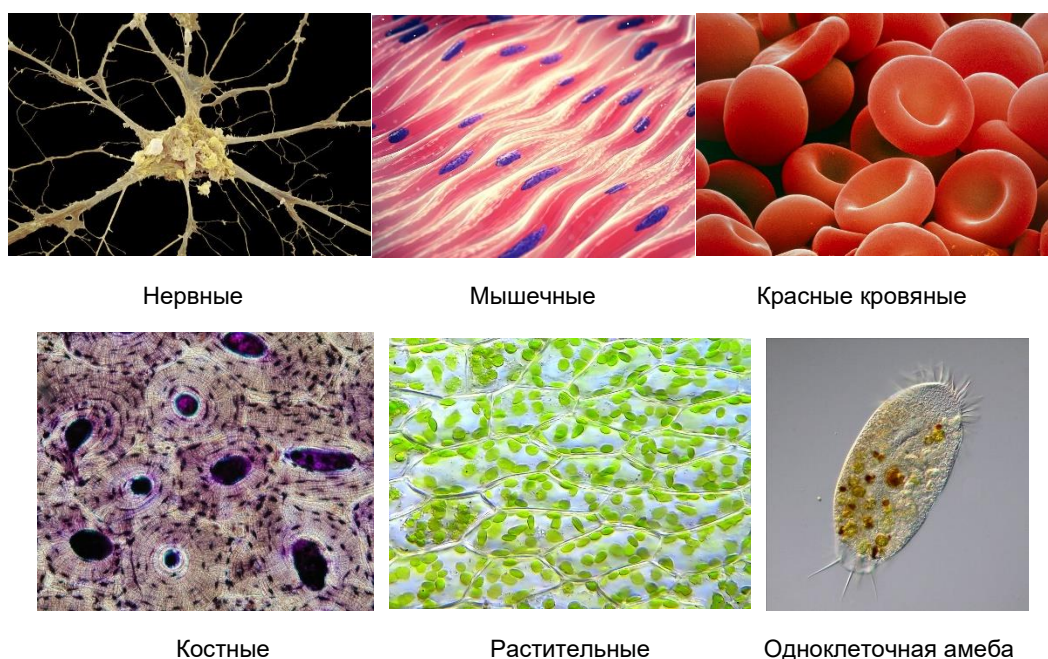


## Неотразимый аргумент. Кто придумал живую клетку?

Елена Титова, кандидат биологических наук, Минск

Все живые организмы состоят из клеток, потому что свойства живого (обмен веществ, размножение, саморегуляция и др.) могут проявляться только при определенном устройстве содержимого клетки и наличии барьера, который отделяет его от окружающей среды, препятствуя вытеканию этого содержимого и избирательно регулируя поступление и выход веществ. Клеточная теория была выдвинута еще в середине 19 века в представлениях о том, что клетка – это наименьшая единица всех организмов, все клетки сходны по строению и образуются только из клеток путем их деления.

В сложных многоклеточных организмах клетки специализированы и формируют ткани, выполняя удивительное множество самых разных функций. Эти крошечные структуры невероятно разнообразны по форме, строению, размерам, длительности жизни и выполняемым функциям (Рис. 1).



**Рис. 1.** Такие разнообразные живые клетки

Самые примитивные и мелкие клетки – бактерии микоплазмы (0,1-0,2 мкм), одни из самых крупных – птичьи яйца. А одноклеточный слизевик физарум разрастается своими отростками до 5 квадратных метров. И по количеству клеток организмы сильно различаются. У человека, к примеру, 250 видов клеток при общем их количестве  $1 \cdot 10^{14}$ .

Несмотря на удивительное разнообразие клеток, все они построены и функционируют на основе сходных базовых принципов. Молекулярный биолог Майкл Дентон из Австралии отмечал, что мир клетки – это мир высочайших технологий и непревзойденной сложности; мир, являющий собой полную противоположность случаю и во всех смыслах превосходящий любое произведение человеческого разума.

Рассмотрим клеточные особенности на примере животной клетки, уподобив ее городу со всеми его предприятиями и коммуникациями. Как и город, клетка устроена и живет по своим законам. Как и в городе, это происходит при слаженном взаимодействии всех составляющих ее структур.

Начнем с ограничительного барьера клетки – (цито)плазматической мембраны (плазмалеммы). Она – своеобразная граница города, а нагляднее – крепостная стена средневекового города с ее воротами, башнями, бойницами, стражей. Крепостная стена не только ограждает, но и защищает город.

Основу плазматической мембраны составляет бислой (двойной слой) особых липидов, в основном фосфолипидов. Их молекулы имеют полярную (гидрофильную, то есть растворимую в воде) головку и два неполярных (гидрофобных, нерастворимых в воде) хвоста. Гидрофобные хвосты упрятаны внутри бислоя, а головки обращены наружу. В бислой погружены молекулы самых разных белков, причем они могут пронизывать бислой полностью, а могут частично или же располагаться на поверхности липидов. Ко многим белкам (гликопротеинам) и липидам (гликолипидам) присоединены углеводные цепочки (Рис.2). Мембрана – это текучая структура, легко меняющая мозаику своих компонентов из-за их подвижности.

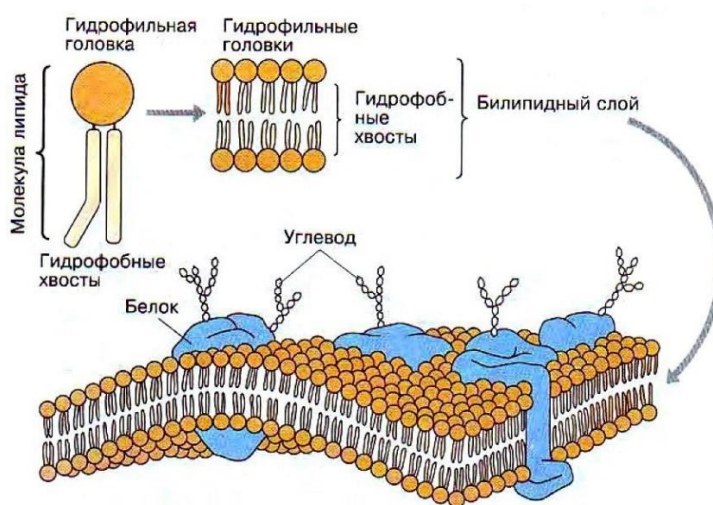


Рис. 2. Плазматическая мембрана

Плазматическая мембрана обладает свойством избирательной проницаемости: с помощью особых механизмов обеспечивает и регулирует в обоих направлениях движение веществ. Рассмотрим, как она функционирует. Это важный вопрос для понимания невозможности эволюционного появления клетки.

Прежде всего, обратим внимание на транспортную функцию плазмалеммы. Через липидный бислой пассивно (без затраты энергии) может диффундировать (то есть двигаться по градиенту: из области с высокой концентрацией вещества в область с низкой концентрацией) очень ограниченный круг веществ: газы, малые жирорастворимые молекулы. Липидный бислой непроницаем для ионов, крупных полярных молекул (аминокислот, моносахаридов, азотистых оснований) и макромолекул, плохо проницаем для воды. Для их поступления в клетку есть механизмы как без затраты энергии и по градиенту (процесс называется облегченной диффузией), так и против градиента с использованием энергии АТФ (аденозинтрифосфата, универсальной энергетической валюты клетки).

В первом случае белковые молекулы мембраны образуют наполненные водой каналы, причем эти белки высокоселективны для каждого вида транспортируемых молекул. Специальные каналы для воды и ионов могут открываться и закрываться в ответ на определенные сигналы. Еще один вариант облегченной диффузии – это транспортировка белками-переносчиками, которые на одной стороне мембраны избирательно связывают

свои вещества (аминокислоты, моносахариды, азотистые основания и др.) и, меняя свою пространственную форму (конформацию), выбрасывают переносимые молекулы на другой стороне мембраны (Рис.3).

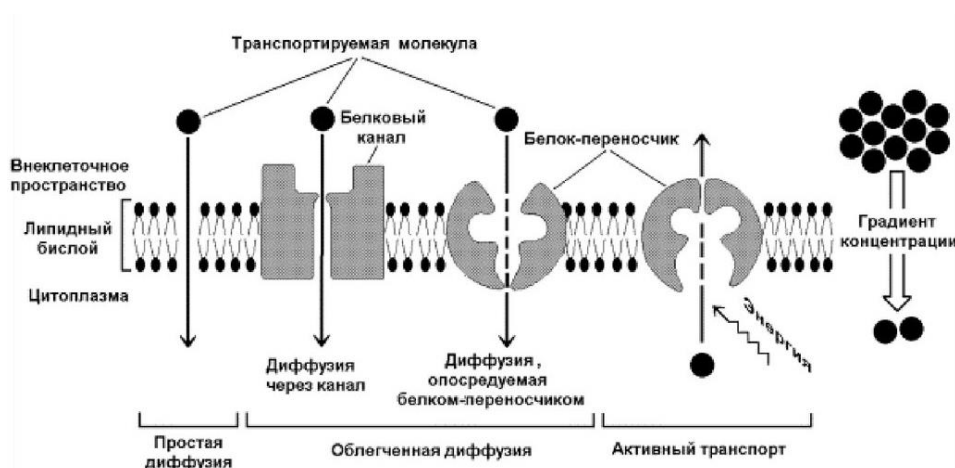


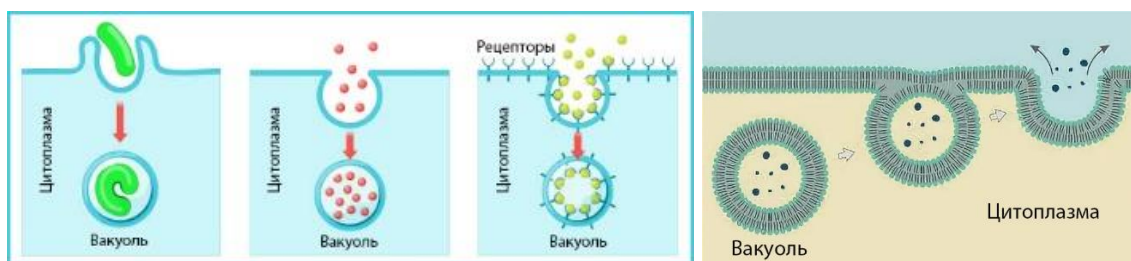
Рис. 3. Виды транспорта веществ через плазмалемму

Активный транспорт можно проиллюстрировать работой чрезвычайно важного натрий-калиевого насоса, который выкачивает из клетки ионы натрия и закачивает ионы калия. Более трети энергии АТФ, потребляемой клеткой, идет на работу именно этого насоса, причем на два поглощенных иона калия выкачивается три иона натрия. Он нужен для проведения электрических импульсов в нервных и мышечных клетках, для работы ферментов. Без него нарушится водная регуляция, и клетку разорвет от поступившей воды. За работу натрий-калиевого насоса отвечает белок-фермент АТФаза. С внутренней стороны мембраны АТФаза присоединяет три иона натрия, которые влияют на фермент таким образом, что он расщепляет АТФ, а выделившаяся энергия идет на изменение его конформации. В новом состоянии фермент получает способность выбросить за пределы мембраны ионы натрия. На их место садятся ионы калия, при этом фермент возвращается в свое первоначальное конформационное состояние и доставляет ионы калия внутрь клетки.

Интересен механизм вторично-активного транспорта для поступления в клетку глюкозы и аминокислот против их концентрационного градиента. Для этого используется энергия при выкачивании натрия натрий-калиевым насосом. Этот выкачанный из клетки натрий связывается в мембране со своим белком-переносчиком, который заодно связывает глюкозу (или аминокислоту). Перенос натрия обратно в клетку идет по его градиенту облегченной диффузией, только при этом одновременно перевозится через мембрану и глюкоза (или аминокислота).

Перенос макромолекул (белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липопротеинов и др.), а также клеток, их фрагментов, вирусов происходит с помощью особого транспорта, называемого эндоцитозом (транспортом в мембранной упаковке). Участок мембраны впячивается внутрь клетки, внеклеточный материал обволакивается этим участком, края смыкаются, и образуется внутриклеточный пузырь (вакуоль). Либо на мембране формируются выросты, которые обхватывают внеклеточный материал и, смыкаясь, также образуют вакуоль (Рис. 4). Этот процесс происходит в основном в определенных зонах плазматической мембраны, с участием элементов цитоскелета (белковых нитей, канатов, микротрубочек), требует энергии и большей частью опосредуется рецепторами, то есть внеклеточный материал поступит в клетку, только если

связется на мембране со своим рецептором – специфическим гликопротеином. Процесс, обратный эндоцитозу, называется экзоцитозом и направлен на вывод из клетки «отходов» и секретируемых веществ.



**Рис. 4.** Эндоцитоз и экзоцитоз – транспорт в мембранной упаковке

На примере транспортной функции плазмалеммы отчетливо видно, что механизмы транспорта веществ в клетку и из нее – это результат блестящего проектирования, настолько изящно и целесообразно они разработаны.

Обратим внимание на рецепторную функцию плазмалеммы. Ее осуществляют гликопротеины и гликолипиды для передачи клетке определенных сигналов. Строго определенный гликопротеин (гликолипид) реагирует только на свой сигнал, который подходит к нему как ключ к замку. Этими сигналами могут быть гормоны, нейромедиаторы, витамины и др. При образовании комплекса «сигнальная молекула-рецептор» в клетке запускается каскад биохимических реакций для клеточного ответа.

Через особые рецепторы на плазматической мембране клетки «узнают» друг друга, что важно для межклеточных взаимодействий, формирования тканей и органов. Специфические гликопротеины (антигены) служат ярлыком клетки для ее распознавания. Иммунная система так распознает чужеродные антигены и клетки: вырабатывает антитела, которые с ними связываются, а специальные иммунные клетки своими рецепторами узнают такие комплексы и уничтожают их.

Плазматическая мембрана осуществляет также структурную функцию, а ряд ее белков и ферментативную.

Итак, мы рассмотрели «крепостную стену» клетки. А что внутри? Продолжим аналогию с городом. Городу для нормальной жизни его населения нужны фабрики, заводы, мастерские со своими цехами и оборудованием для производства необходимой продукции, обязательен подвоз исходного материала и сырья. Также нужны склады, коммуникации, транспортные системы, дороги. Нужна продуманная логистика. Не обойтись без предприятий для переработки и вывоза отходов. Энергию поставляют электростанции. И, конечно, действует «мозговой штаб», городская администрация, из которой поступают команды. Выпадение любого из звеньев самым пагубным образом скажется на жизни города.



**Рис. 5.** Схема строения клетки

Подобные ключевые структуры есть в живой клетке (Рис. 5). Рассмотрим их. С подвозом исходного материала и сырья мы частично познакомились на примере транспортной функции плазматической мембраны. Роль предприятий и коммуникаций выполняют «органы» клетки, называемые органоидами или органеллами. Ее внутреннее пространство (цитоплазму) пронизывает сложная система мембран, разделяющих клетку на отсеки для правильного пересечения биохимических путей. Эта система называется эндоплазматической сетью (ЭПС) и включает множество разной формы уплощенных мешочков (цистерн) и трубочек (Рис. 6). Есть так называемая гладкая ЭПС, связанная с синтезом липидов и углеводов, и есть шероховатая, связанная с синтезом белков. В ЭПС происходит накопление и транспорт синтезированных продуктов, первичная модификация белков. Также образуются мембранные фрагменты, которые в форме пузырьков направляются в те части клетки, где они необходимы. Удивительно: белки, предназначенные для формирования разных органелл, имеют химические метки – своеобразный адресный указатель в виде специфической последовательности аминокислот. Без этой метки белок не будет доставлен к месту назначения и не встроится в свою органеллу.



**Рис. 6.** Эндоплазматическая сеть и комплекс Гольджи

Во всех клетках присутствует мембранный органоид, названный комплексом Гольджи. Это совокупность цистерн, собранных в стопку, и прилегающих к ним трубочек и пузырьков. В комплекс Гольджи из ЭПС поступают продукты первичного синтеза (они перевозятся в пузырьках, которые сливаются с мембранами этого органоида), формируются макромолекулы и их комплексы, идет дальнейшая химическая перестройка веществ. Интересно отметить, что в комплексе Гольджи происходит сортировка белков: его рецепторы распознают секреторные белки (то есть предназначенные на «экспорт») и белки-

ферменты для внутриклеточного пищеварения. Соответственно формируются два типа пузырьков. Первые направляются к плазмалемме и путем экзоцитоза выбрасывают свое содержимое из клетки. Пузырьки второго типа идут на формирование особых мембранных органоидов – лизосом. За логистику в клетке в значительной мере отвечают уже упоминавшиеся микротрубочки. Они направляют и перераспределяют потоки веществ, выполняя роль своеобразных рельс, по которым движутся пузырьки с продуктами.

Лизосомы содержат порядка 50 пищеварительных ферментов и могут сливаться с пузырьками, содержащими питательные вещества, которые поступили в клетку путем эндоцитоза. Далее происходит их расщепление до мономеров для нужд клетки. Лизосомы могут сливаться с избыточными, поврежденными или потерявшими свою активность органеллами и переваривать их для реутилизации. Непереваренные вещества могут долгое время сохраняться в виде так называемых остаточных телец или удаляться из клетки путем экзоцитоза. Лизосомы также отвечают за саморазрушение клетки, когда их содержимое высвобождается во внутриклеточное пространство и начинает переваривать все подряд, в результате чего клетка гибнет. Это может быть нормальным запрограммированным процессом (например, при исчезновении хвоста головастика) или патологическим.

Роль энергетических станций в клетке выполняют митохондрии. Это двумембранные органоиды с гладкой внешней мембраной и складчатой внутренней (Рис. 7). Основная функция митохондрий – синтез АТФ в процессе окисления органических веществ. Начальные этапы окисления, например, глюкозы, в отсутствие кислорода и с небольшим выходом АТФ происходят в цитоплазме клетки. Дальнейшее окисление промежуточных продуктов до воды и углекислого газа протекает в митохондриях. Атомы водорода переносятся от этих продуктов на складки (кристы) мембран, а электроны этих атомов поступают на специальный комплекс белков-переносчиков и, перемещаясь от одного к другому, постепенно теряют свою энергию, которая в конечном итоге ферментативно запасается в АТФ.

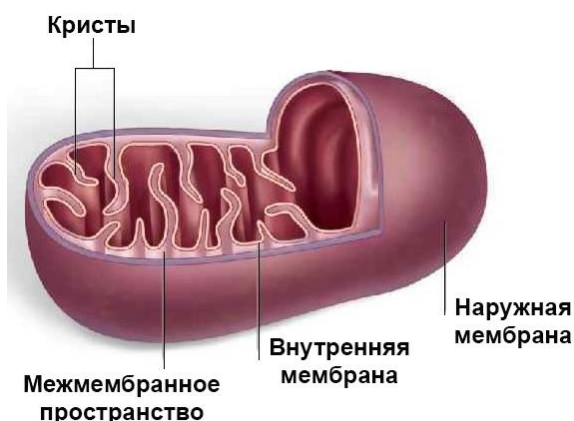


Рис. 7. Митохондрия

К немембранным органоидам относятся рибосомы, построенные из рибосомальной РНК (рибонуклеиновой кислоты) и белков. Они участвуют в белковом синтезе. Рибосомы в основном располагаются на некоторых участках ЭПС, придавая им шероховатый вид.

И, наконец, командный пункт клетки – ее ядро. Это крупный двумембранный органоид, хранящий колоссальный объем информации о структуре всех белков, присущих данному организму, что определяет в конечном итоге особенности всех клеточных процессов. Эта информация закодирована в ДНК с помощью генетического кода. В ядре информация не только хранится, но и реализуется: она считывается с молекул ДНК на

молекулы информационной РНК и переносится из ядра в цитоплазму к месту синтеза белков. В ядре также формируются рибосомы и транспортные РНК, которые участвуют в белковом синтезе, подвозя на рибосомы кирпичики белков – аминокислоты, причем для каждой аминокислоты (из 20 видов) – своя транспортная РНК.

Ядро – центр управления, определяющий, какую информацию и когда надо реализовать, какие белки и когда должны быть образованы в клетке на благо всего организма. Невероятно: каждая клетка, имея абсолютно всю информацию о строении, функциях, особенностях роста и развития организма, то есть имея абсолютно все его гены, точно «знает», какие из них она должна в каждый конкретный момент использовать. Кто же Дирижер этого великолепного оркестра как на клеточном уровне, так и на уровне целостного организма? Где та метаинформация, которая указывает, как использовать кодирующую часть генов (всего 1%) и их белковые продукты, где она находится – в какой-то части клетки, вне материальных носителей? Определенно не случай и природные силы замыслили этот грандиозный проект.

Даже беглого обзора основных клеточных структур достаточно, чтобы ясно увидеть их исключительную взаимозависимость и поразительную взаимосвязанность, как и для города необходимо, чтобы была задействована вся городская инфраструктура. К примеру, если нет энергетических станций (митохондрий), в отсутствие энергии (АТФ) не запустятся производство продукции (ЭПС, комплекс Гольджи), обеспечение сырьем (плазмалемма), переработка отходов (лизосомы). К органоидам не поступят команды, если нет центра управления (ядра). Более того, теснейшая связь клеточных органелл проявляется во взаимообеспечении структурными компонентами. Так, комплекс Гольджи формирует лизосомы и поставляет мембранный материал для других органелл, в ядре образуются рибосомы и т.д.

Все это говорит о преднамеренном замысле и начисто исключает эволюцию от биомолекулы к клетке. Но эволюционная гипотеза предлагает поверить в сценарий случайного появления клетки всего лишь под действием естественных сил природы. В первичном океане (или где-то еще) начинают сближаться молекулы белка и (или) нуклеиновых кислот. Этот сгусток одевается в водную рубашку и образует так называемый коацерват. Причем с коацерватом, которому предназначено эволюционировать, вопреки Второму закону термодинамики ничего плохого не происходит: он не распадается под действием ультрафиолета, космического излучения, кислорода, света, тепла, механических воздействий, химических веществ. Он ждет, когда природные силы случайно оденут его в липидный бислой из особых молекул, будто заранее зная, что будущей клетке понадобится эта защита. Или сначала образуются сферы, окруженные липидным бислоем. О дальнейшей судьбе этих структур сторонники эволюционной гипотезы продолжают безудержно фантазировать, невзирая на то, что бислой не пропустит внутрь необходимые для будущей клетки вещества (ионы, аминокислоты, сахара, азотистые основания, макромолекулы и др.), ведь для этого нужны специальные механизмы. Природные силы, как будто предвидя необходимость сборки белков, учат этому процессу молекулы РНК, попутно создают генетический код и рибосомы, а заодно, перестроив протомембрану, сажают на нее эти рибосомы. Подоспевшие мутации конструируют ферменты, заранее предвидя структуру их активных центров для связывания своих субстратов. Природные силы изящно решают проблему, где взять энергию в подходящей форме: параллельно с нашей протоклеткой, которая непонятно как поглощала одни вещества и выбрасывала другие, природные силы изобретают прародительницу митохондрий, наделяют ее всем необходимым для окисления веществ и запасаения выделившейся энергии, а потом приглашают ее в протоклетку и учат

взаимодействовать с протоклеточным содержимым. Допускается, что весь этот процесс может осуществить, как-то перестроившись, и сама протомембрана. И заметьте: все это время протоклетка продолжала существовать миллионы лет, не страшась разрушительных факторов, «развивая» обмен веществ и энергии, наполняя себя поразительно сложными молекулярными механизмами. И вдобавок природные силы научили протоклетки размножаться. Эволюционисты готовы признать, что бесчисленное множество их разрушалось. О да, но мы ведь говорим о тех, которые почему-то не погибали и упорно шли дальше по эволюционному пути.

Настолько очевиден абсурд этого сценария и настолько неоспорим факт фантастической сложности живой клетки, что объяснить этот факт слепым разгулом природных сил, значит, принимать желаемое за действительное и отвергать единственно разумное объяснение – творение. А из этого следует, что живая клетка была создана сразу в полном комплекте составляющих ее структур со всеми особенностями строения, функций и локализации. Эти структуры должны были быть изначально спроектированы для правильного функционирования, чтобы организовать весь конвейер точно связанных и безошибочно пересекающихся биохимических реакций. Ведь дефект клеточных звеньев – это серьезная угроза жизни клетки.

Затронем еще один аспект. Мы рассмотрели животную клетку, которая относится к группе так называемых эукариот (это также клетки растений, простейших, грибов). Есть еще группа прокариот (бактерии, сине-зеленые водоросли). Эти клетки выглядят более просто устроенными (не имеют оформленного ядра, ряда органоидов), но вполне успешно осуществляют всю деятельность, присущую живой клетке. Из-за этой «простоты» эволюционная гипотеза считает их предшественниками эукариот. Но возникает вопрос: если эукариотическая клетка эволюционно более продвинута, почему менее продвинутые бактерии – самые приспособленные и самые распространенные на земле организмы?

И разве могут быть сомнения в том, что живые клетки во всем их потрясающем многообразии и непостижимой сложности, выполняющие поистине грандиозные задачи в своей жизнедеятельности, могли возникнуть только по воле разумного, всеведущего и всемогущего Творца?

## **Литература**

Афанасьев Ю.И., Юрина Н.А., Котовский Е.Ф. и др. Основы общей цитологии. – М., 2012.

Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология. В 3 т. – М., 2021.

Чиркин А.А., Данченко Е.О. Биохимия. – М., 2010.

Буклеты <http://www.origins.org.ua>, <https://creationism.org/crimea/>