



**БИОЛОГИЯ**

**11 КЛАСС**

# Бактерии

Кондратьева Елена Михайловна  
ведущий методист по биологии



корпорация  
**российский  
учебник**



# Прокариоты

Прокариоты (лат. Procaryota, от др.-греч. πρό 'перед' и κάρυον 'ядро'), или доядерные — одноклеточные живые организмы, возникли более 3,5 млрд лет тому назад.

Впервые открыл микробов и описал в 1683г. голландский натуралист Антони Ван Левенгук. К своему сообщению об открытии микроорганизмов он приложил рисунки, в которых легко можно узнать различные формы бактерий. Он назвал их маленькими животными. «Самое мелкое из этих крошечных животных в тысячу раз меньше глаза взрослой вши», — так писал Левенгук.

Первые открытые бактерии имели форму палочек, и от **латинского bacterion** — «палочка» происходит их название.

Такую форму клеток имеют бактерии, вызывающие туберкулёз (палочка Коха) и сибирскую язву.

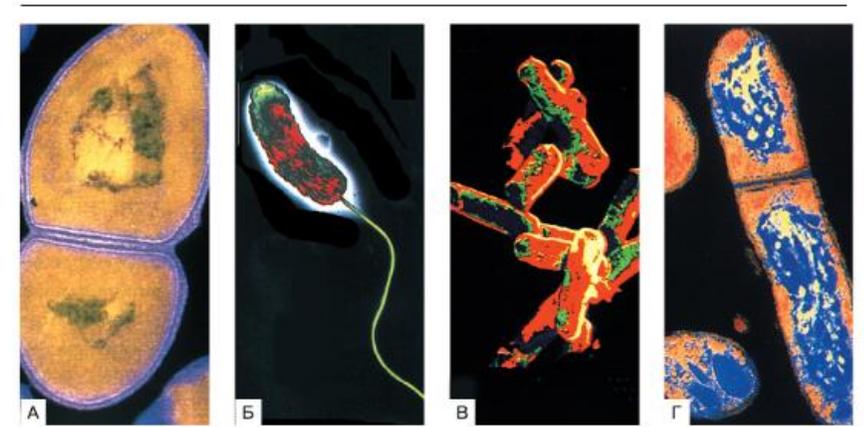


# Среда обитания прокариот

Бактерии обитают повсюду: в почве, в воде, в воздухе, на поверхности и внутри других организмов, в пищевых продуктах. В 1 г плодородной почвы содержится около 2,5 млрд. бактериальных клеток.

Жизнеспособные споры бактерий были обнаружены во льдах Антарктиды на глубине 30 м, в атмосфере на высоте 41 км.

Бактерии обитают в термальных источниках, в воде, охлаждающей ядерные реакторы, а один из «рекордсменов» выдерживает дозу облучения 6,5 млн рентген, что в 10 000 раз больше дозы, смертельной для человека.



**Рис. 39.** Некоторые представители современных бактерий: А — стрептококк (в процессе деления); Б — холерный вибрион; В — палочковидная бактерия клостридий; Г — палочковидная микобактерия, вызывающая туберкулёз

# Задание 22

Бактерия *Thermus aquaticus* – термофильная бактерия, живёт в горячих источниках с практически кипящей водой.

Вы посеяли одинаковое количество бактерий на 5 чашек Петри. Чашки Вы поставили в 5 разных термостатов: на  $+5^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $+35^{\circ}\text{C}$ ,  $+50^{\circ}\text{C}$  и  $+65^{\circ}\text{C}$ . На какой из чашек Вы ожидаете увидеть максимальный рост бактерий через одни сутки (1)? Ответ поясните (2).

- 1) максимальный рост будет на чашке  $+65^{\circ}\text{C}$ ;
- 2) раз бактерии *Thermus aquaticus* живут в горячих источниках, значит, чем выше температура, тем оптимальнее условия для роста бактерий.

# Задание 25

**Почему бактерий относят в отдельное царство?**

# Форма клеток прокариот

Выделяют палочковидные — бациллы, сферические — кокки, спиралевидные — спириллы, имеющие форму запятой — вибрионы. Стрептококк, вызывающий воспалительные заболевания у человека и животных, образует цепочки из нескольких бактериальных клеток, а стафилококк, поражающий дыхательные пути у детей, растёт в виде образований, напоминающих кисть винограда.

Тонкостенные бактерии

Менингококки	
Гонококки	
Бациллы	
Вибрионы	
Спириллы	
Спирохеты	
Риккетсии	
Хламидии	

Толстостенные бактерии

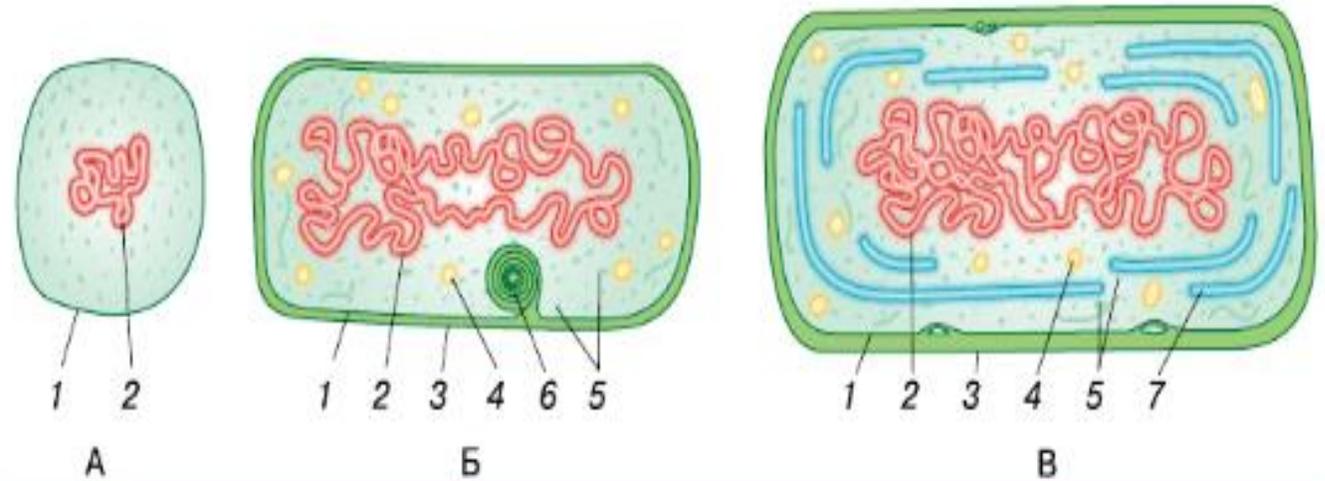
Пневмококки	
Стрептококки	
Стафилококки	
Бациллы	
Микобактерии	
Бифидобактерии	
Актиномицеты	

# Строение прокариотической клетки

1. Микоплазмы

2. Бактерии

3. Цианобактерии



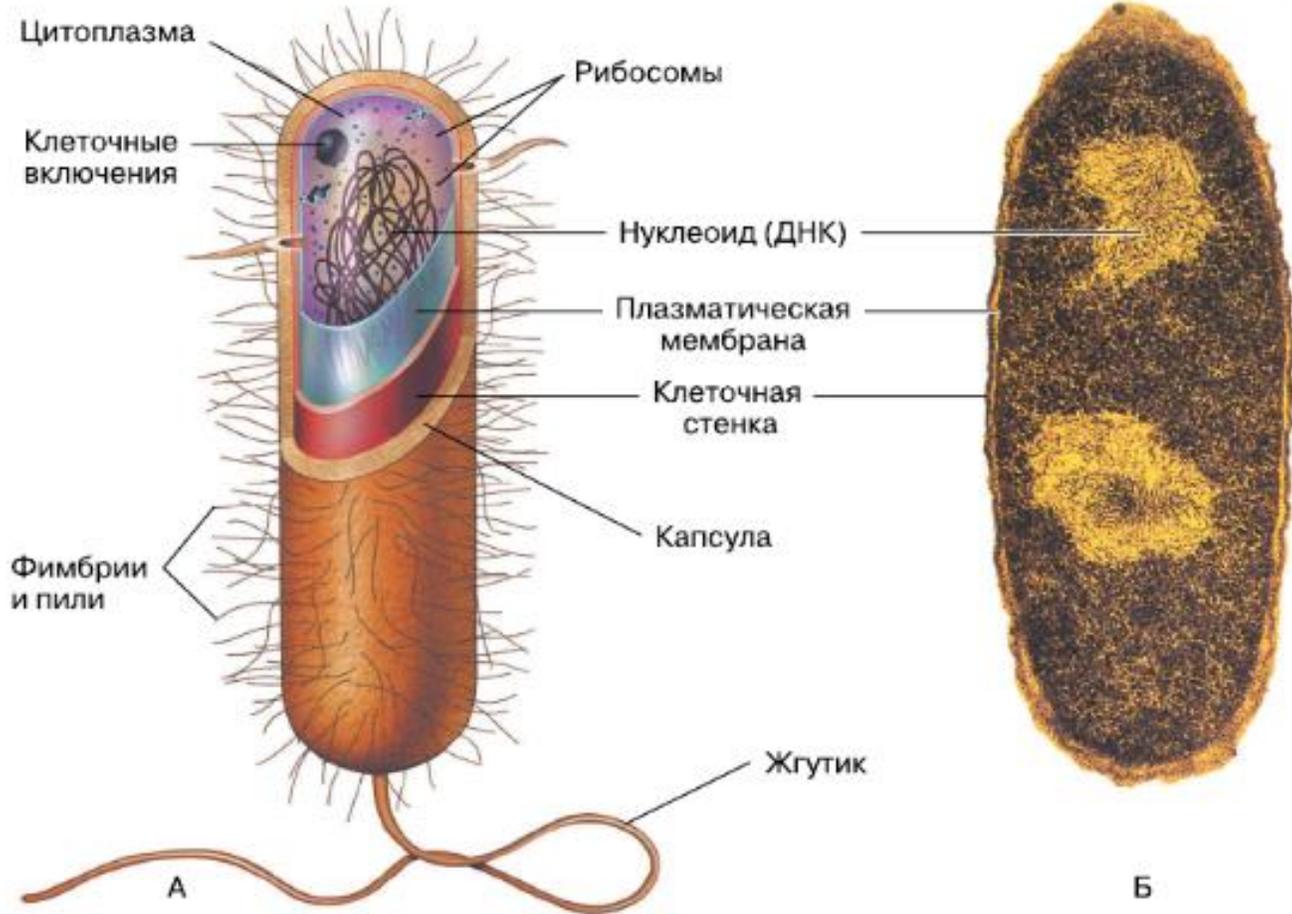
**Рис. 5.1.** Схема строения прокариот: А — микоплазма; Б — бактерия; В — цианобактерия; 1 — мембрана; 2 — ДНК; 3 — клеточная стенка; 4 — секретируемые и запасаемые вещества; 5 — рибосомы; 6 — мезосома — компактно упакованный резерв плазматической мембраны; 7 — тилакоид — выпячивание плазматической мембраны внутрь клетки

# Строение прокариотической клетки

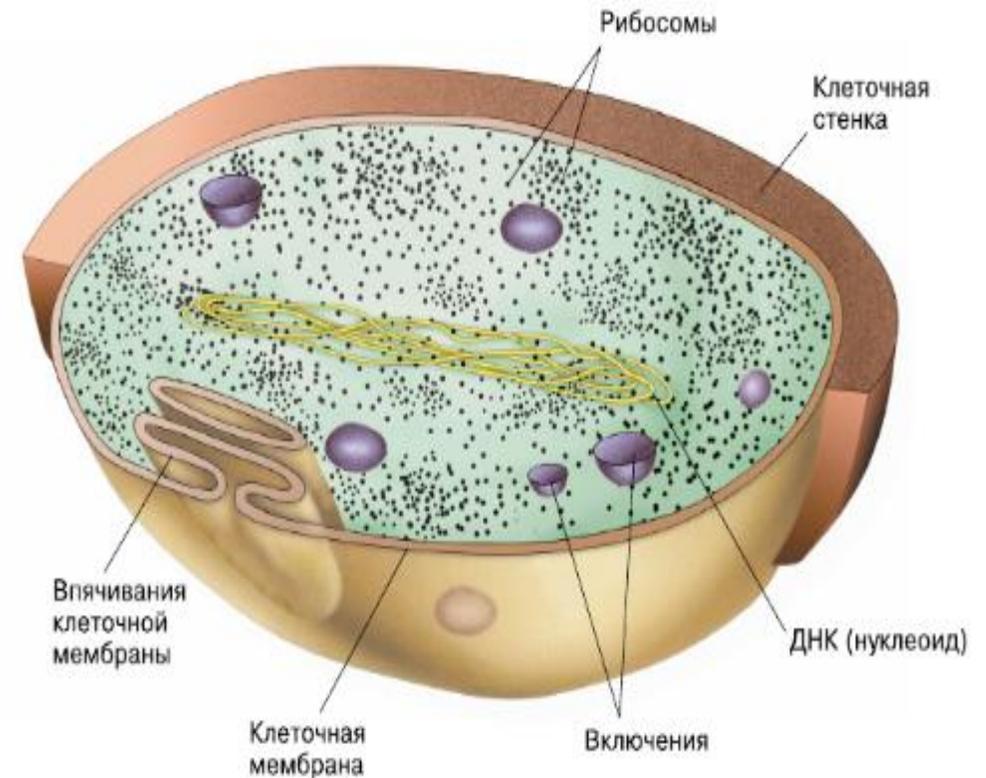
## Основная особенность строения бактерий:

1. Отсутствие ядра, ограниченного оболочкой.
2. Наследственная информация у бактерий заключена **в одной кольцевой ДНК**. Хромосома, состоит из **одной молекулы ДНК - нуклеоида**, имеет форму кольца и погружена в цитоплазму. Хромосомы у бактерий всегда связаны с плазматической мембраной посредством специальных мембранных белков.
3. Клетка окружена мембраной, отделяющей цитоплазму от клеточной стенки, образованной сложным **гетерополимерным веществом (муреином)**. В цитоплазме мембран мало, они являются впячиваниями наружной цитоплазматической мембраны (**мезосомы**).
4. В цитоплазме находятся рибосомы, они могут образовывать до 1000 полисом.
5. Процессы жизнедеятельности бактерий обеспечивают **ферменты, диффузно рассеянные по цитоплазме** или прикрепленные к внутренней поверхности мембраны.

# Строение прокариотической клетки



**Рис. 5.3.** Строение бактериальной клетки:  
А — схема; Б — электронная микрофотография кишечной палочки



**Рис. 41.** Строение прокариотической клетки

# Задание 25 (ответ)

## Почему бактерий относят в отдельное царство?

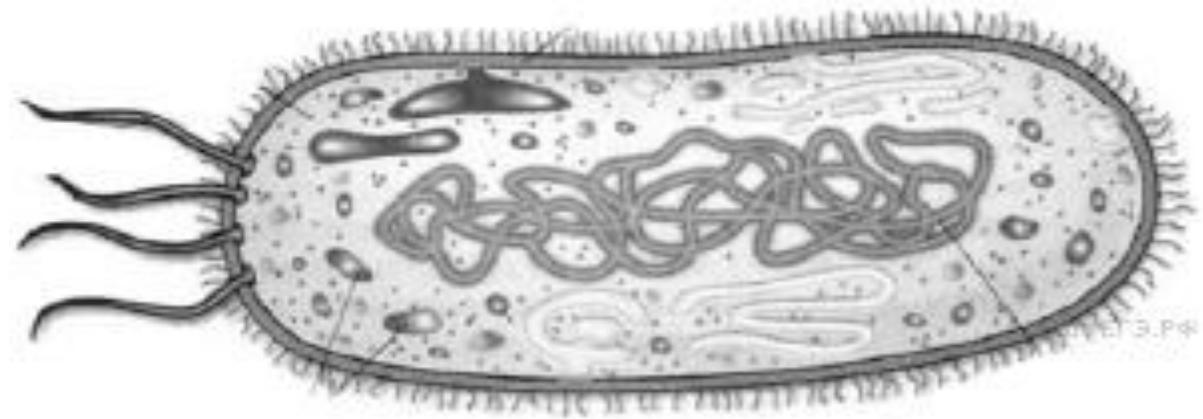
- 1) Бактерии одноклеточные прокариотические организмы.
- 2) В клетках отсутствуют мембранные органоиды (митохондрии, комплекс Гольджи, ЭПС).
- 3) Генетический аппарат содержится в одной кольцевой молекуле ДНК, расположенной в нуклеоиде.

Нуклеоид (генофор, бактериальная хромосома) – это расположенная в центре бактериальной клетки двунитчатая кольцевая молекула ДНК, не изолированная от цитоплазмы мембраной.

# Задание 4

Все перечисленные ниже термины, кроме двух, используют для описания клетки, изображённой на рисунке. Определите два термина, «выпадающих» из общего списка, и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

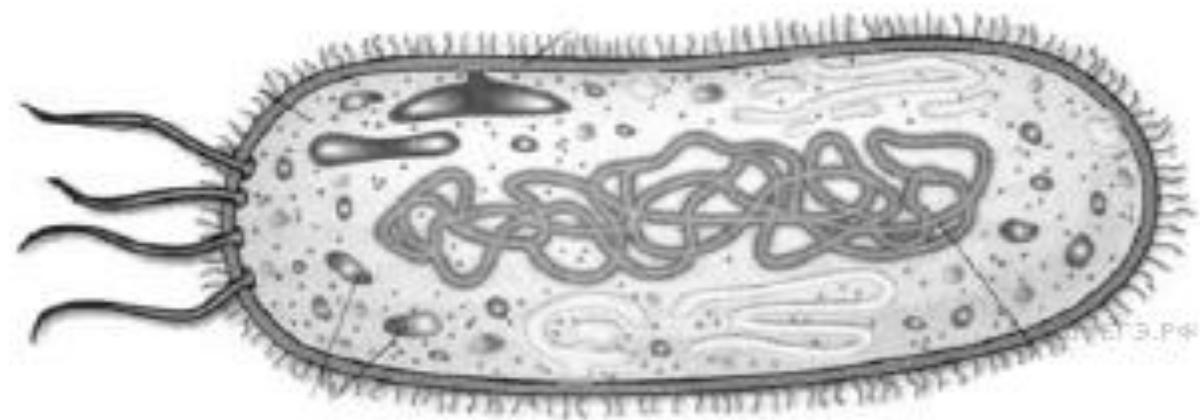
1. мезосомы
2. рибосомы
3. нуклеоид
4. клеточный центр
5. митоз



# Задание 4 (ответ)

Все перечисленные ниже термины, кроме двух, используют для описания клетки, изображённой на рисунке. Определите два термина, «выпадающих» из общего списка, и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

1. мезосомы
2. рибосомы
3. нуклеоид
4. клеточный центр
5. митоз

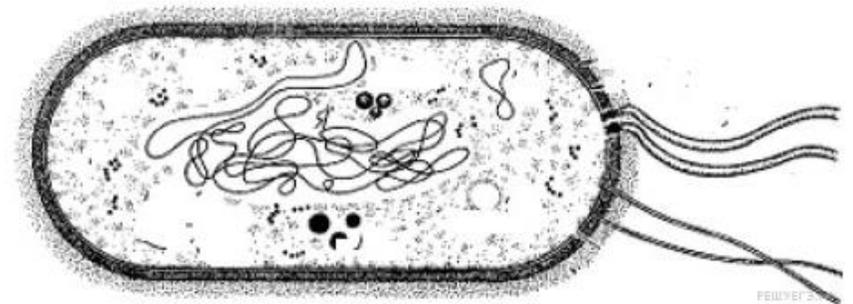


**Ответ: 4,5**

# ЗАДАНИЕ 8

Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. В процессе эволюции сформировались организмы разных царств. Какие признаки характерны для царства, представитель которого изображён на рисунке?

- 1) клеточная стенка состоит в основном из муреина
- 2) хроматин содержится в ядрышке
- 3) хорошо развита эндоплазматическая сеть
- 4) отсутствуют митохондрии
- 5) наследственная информация содержится в кольцевой молекуле ДНК
- 6) пищеварение происходит в лизосомах

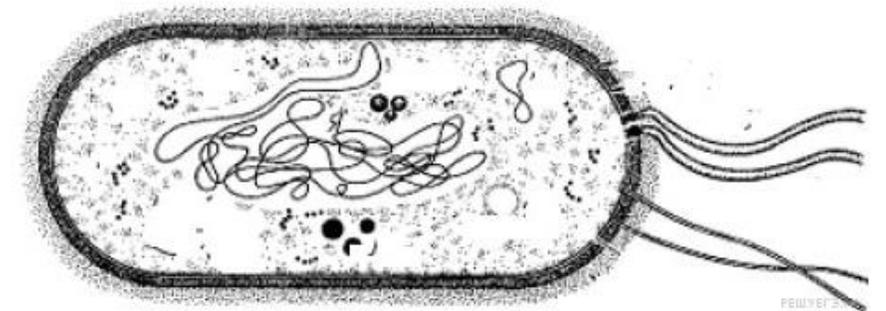


# ЗАДАНИЕ 8 (ОТВЕТ)

Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны. В процессе эволюции сформировались организмы разных царств. Какие признаки характерны для царства, представитель которого изображён на рисунке?

- 1) клеточная стенка состоит в основном из муреина
- 2) хроматин содержится в ядрышке
- 3) хорошо развита эндоплазматическая сеть
- 4) отсутствуют митохондрии
- 5) наследственная информация содержится в кольцевой молекуле ДНК
- 6) пищеварение происходит в лизосомах

**Ответ: 145.**



# ЗАДАНИЕ 9

Что из перечисленного входит в состав клеток прокариот? Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- 1) ядро
- 2) цитоплазма
- 3) эндоплазматическая сеть
- 4) плазматическая мембрана
- 5) рибосомы
- 6) пластиды

# ЗАДАНИЕ 9 (ответ)

Что из перечисленного входит в состав клеток прокариот? Выберите три верных ответа из шести и запишите в таблицу цифры, под которыми они указаны.

- 1) ядро
- 2) цитоплазма
- 3) эндоплазматическая сеть
- 4) плазматическая мембрана
- 5) рибосомы
- 6) пластиды

В состав клеток прокариот входит: цитоплазма, плазматическая мембрана, рибосомы. У клеток эукариот есть мембранные органоиды: ядро, эндоплазматическая сеть, пластиды.

**Ответ: 245.**

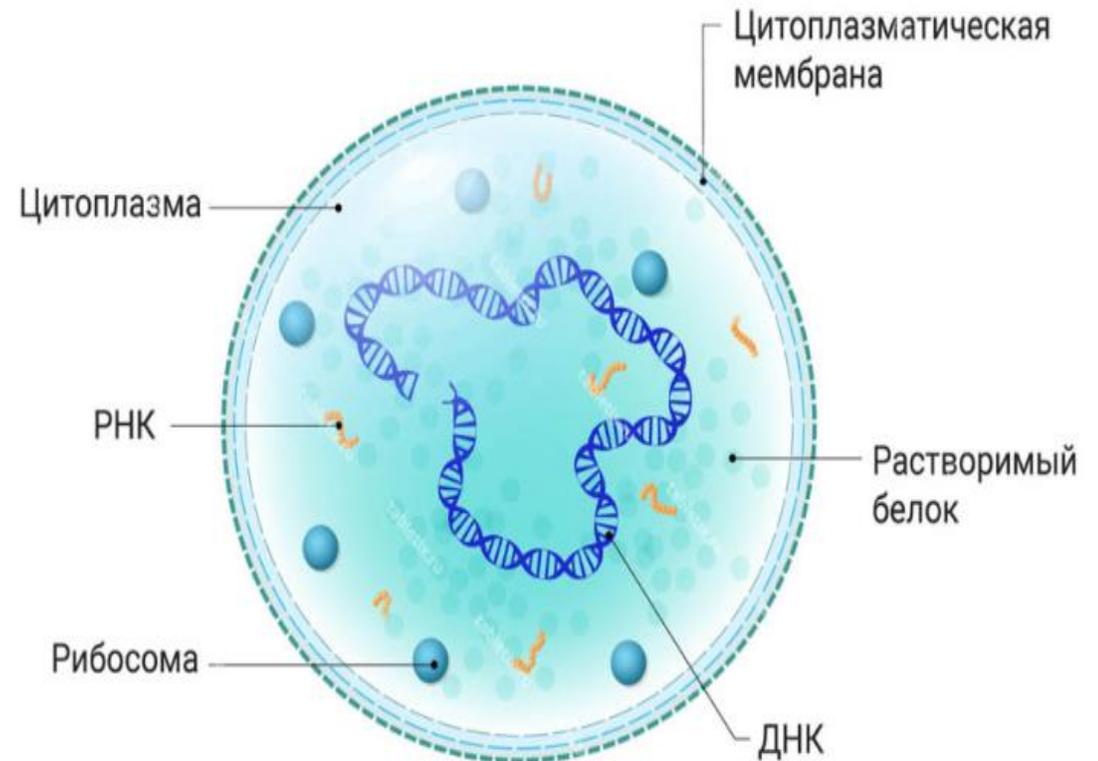
# Строение прокариотической клетки

**Микопла́змы (лат. Mollicutes)** — класс бактерий, одноклеточных микроорганизмов, не имеющих клеточной стенки, которые были открыты при изучении плевропневмонии у коров. Микоплазмы являются наиболее низкоорганизованными, самостоятельно воспроизводимыми живыми организмами, объём их генетической информации в 4 раза меньше, чем у *Escherichia coli*.

Микоплазмы отличаются от остальных бактерий **отсутствием жёсткой клеточной стенки**, от внешней среды их отделяет **лишь цитоплазматическая мембрана**.

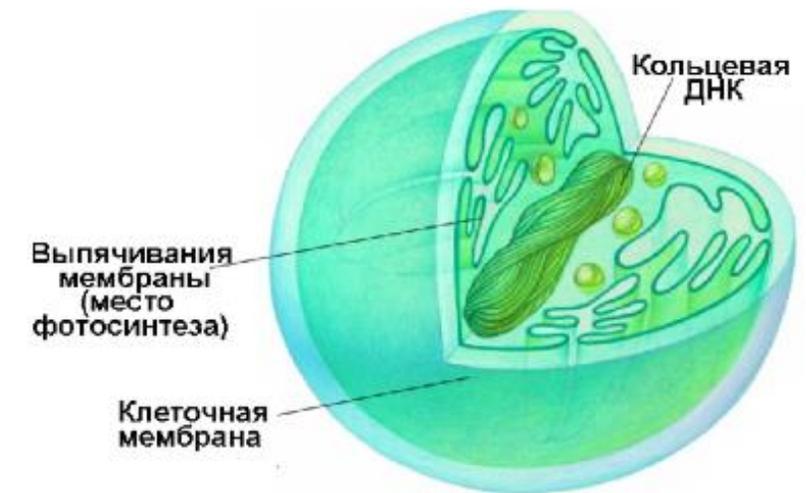
## Строение микоплазмы

Бактерия не имеет жесткой клеточной стенки



# Строение прокариотической клетки

**Цианобактэрии, или синезелёные водоросли, или цианэи** (лат. Cyanobacteria, от греч. κυανός - сине-зелёный). Особенность заключается в **отсутствии жгутиков и наличии клеточной стенки (гликокаликс, состоящий из пептидогликана), присутствия пигмента хлорофилла и пигмента синего цвета — фикоциана, размещенных в пластинчатых образованиях, образованных выростами плазматической мембраны.** Способны адаптировать состав фотосинтетических пигментов к спектральному составу света — от светло-зелёного до тёмно-синего. Некоторые азотфиксирующие цианобактерии способны к формированию специализированных клеток: гетероцисты выполняют функцию азотфиксации, а другие клетки осуществляют фотосинтез. Симбиоз (лишайник). Фитопланктон. Некоторые виды токсичны. Главные участники цветения воды.



# Задание 24-1

Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, исправьте их.

1. Цианобактерии (сине-зелёные) наиболее древние организмы, их относят к прокариотам.
2. Клетки имеют толстую клеточную стенку.
3. У цианобактерий кольцевая хромосома обособлена от цитоплазмы ядерной оболочкой.
4. У цианобактерий имеется хлорофилл, в их клетках образуются органические вещества из неорганических.
5. Фотосинтез у цианобактерий происходит в хлоропластах.
6. В мелких рибосомах синтезируются белки.
7. Синтез АТФ происходит в митохондриях.

# Задание 24-1 (ответ)

Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых они сделаны, исправьте их.

3. У цианобактерий кольцевая хромосома обособлена от цитоплазмы ядерной оболочкой.
5. Фотосинтез у цианобактерий происходит в хлоропластах.
7. Синтез АТФ происходит в митохондриях.

## **Ошибки в предложениях 3, 5, 7.**

3. У цианобактерий нет ядерной оболочки.
5. У цианобактерий нет мембранных органоидов, в том числе хлоропластов.
7. У цианобактерий нет мембранных органоидов, в том числе митохондрий.

# Движение бактерий

У большинства прокариот движение обеспечивается **жгутиками**. Строение и расположение жгутиков строго генетически predeterminedены. Жгутик образует трубку из субъединиц белка флагеллина, снабжённую крючком и базальным тельцем, которые закрепляют жгутик в клеточной оболочке. Базальное тельце функционирует как мотор жгутика по типу корабельного винта. Помимо жгутиков, бактериальные клетки образуют и другие выросты (**фимбрии и пили**), которые обеспечивают прикрепление клеток к различным поверхностям, а также отвечают за межклеточное распознавание. Некоторые бактерии могут активно двигаться, вращаясь вокруг своей оси с огромной скоростью. Они преодолевают за секунду расстояние в 100 мкм, тогда как длина их не превышает 2 мкм. Если бы человек мог так двигаться, он развивал бы скорость до 350 км/ч.

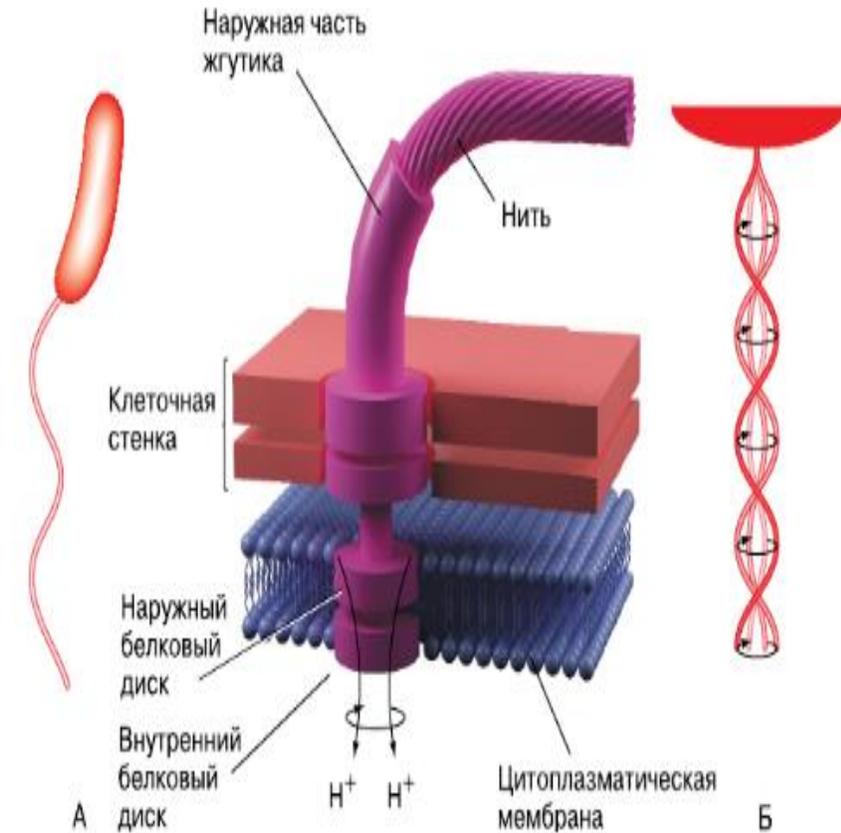


Рис. 5.5. Жгутик бактерии: А — схема строения; Б — принцип движения

# Сравнение клеток прокариот и эукариот

Признаки	Прокариоты	Эукариоты
Ядро	Нет. ДНК находится в цитоплазме	Есть. Имеет оболочку из двух мембран. Содержит ядрышки
Генетический материал	Кольцевая молекула ДНК, условно называемая «бактериальной хромосомой»	Линейные молекулы ДНК, организованные в хромосомы
Клеточная стенка	Есть. Обычно образована пектином и муреином	У животных нет, у растений образована целлюлозой, у грибов хитином
Мембранные органоиды	Обычно нет. Функции этих органоидов выполняют впячивания клеточной мембраны	Есть
Рибосомы	Есть. Мелкие	Есть
Цитоскелет	Нет	Есть
Митоз и мейоз. Гаметы	Нет	Есть
Жгутики	Есть, но отличаются по строению	Есть
Размеры	Диаметр в среднем 0,3—5,0 мкм, максимум 15 мкм	Диаметр до 40 мкм и более
Капсула (слизь)	Поверх клеточной стенки	Нет
Плазматическая мембрана	Есть	Есть

# Сравнение клеток прокариот и эукариот

Сравнивая прокариотическую и эукариотическую клетки, можно отметить, что строение двухмембранных органоидов — митохондрий и пластид, имеющих собственную кольцевую ДНК и рибосомы, синтезирующие РНК и белки, — напоминает строение бактериальной клетки. Это сходство послужило основой гипотезы о симбиотическом происхождении эукариот. Несколько миллиардов лет назад древние прокариотические организмы внедрялись друг в друга, в результате чего возникал взаимовыгодный союз.

# ЗАДАНИЕ 8-1

Установите соответствие между наличием названных органоидов у бактериальной клетки и клетки печени животного:

## ОРГАНОИД

- А) митохондрии
- Б) клеточная стенка
- В) ядро
- Г) аппарат Гольджи
- Д) нуклеоид
- Е) жгутики

## КЛЕТКА

- 1) бактериальной клетки
- 2) клетки печени животного

# ЗАДАНИЕ 8-1 (ОТВЕТ)

Установите соответствие между наличием названных органоидов у бактериальной клетки и клетки печени животного:

## ОРГАНОИД

- А) митохондрии
- Б) клеточная стенка
- В) ядро
- Г) аппарат Гольджи
- Д) нуклеоид
- Е) жгутики

## КЛЕТКА

- 1) бактериальной клетки
- 2) клетка печени животного

Клетки животных содержат митохондрии, ядро, аппарат Гольджи. В клетках бактерий есть нуклеоид, содержащий генетический материал, их мембрана с клеточной стенкой, орган движения плавающих бактерий — жгутики.

**Ответ: 212211.**

# ЗАДАНИЕ 8-2

Установите соответствие между царством живых организмов и признаками его представителей.

## ПРИЗНАКИ

- А) различные представители способны к фотосинтезу и хемосинтезу
- Б) в наземных экосистемах превосходят все другие группы по биомассе
- В) клетки делятся путем митоза и мейоза
- Г) имеют пластиды
- Д) клеточные стенки обычно не содержат целлюлозы
- Е) лишены митохондрий

## ЦАРСТВА ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

- 1)  
бактерии
- 2)  
растения

# ЗАДАНИЕ 8-2 (ОТВЕТ)

Установите соответствие между царством живых организмов и признаками его представителей.

## ПРИЗНАКИ

- А) различные представители способны к фотосинтезу и хемосинтезу
- Б) в наземных экосистемах превосходят все другие группы по биомассе
- В) клетки делятся путем митоза и мейоза
- Г) имеют пластиды
- Д) клеточные стенки обычно не содержат целлюлозы
- Е) лишены митохондрий

## ЦАРСТВА ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ

- 1)  
бактерии
- 2)  
растения

Бактерии способны к фотосинтезу, клеточные стенки состоят из муреина, почти не имеют органоидов клетки. Остальные признаки характерны для растений.

**Ответ: 122211.**

# Размножение прокариот

Бактерии размножаются простым делением надвое. После редупликации кольцевой ДНК клетка удлиняется и в ней образуется поперечная перегородка. В дальнейшем дочерние клетки расходятся или остаются связанными в группы. Геном прокариот построен по оперонному типу. Все бактерии, сине-зелёные водоросли и микоплазмы гаплоидны, т. е. содержат одну копию генов.

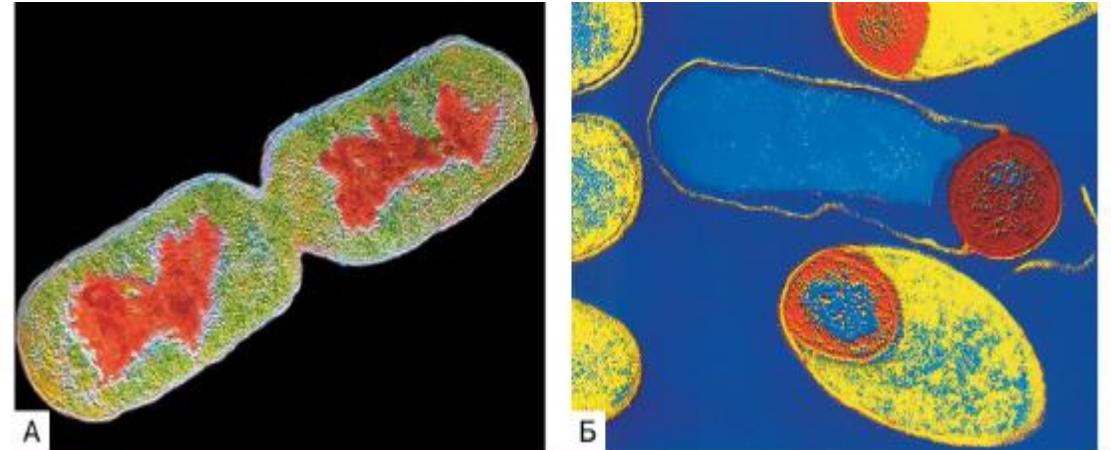
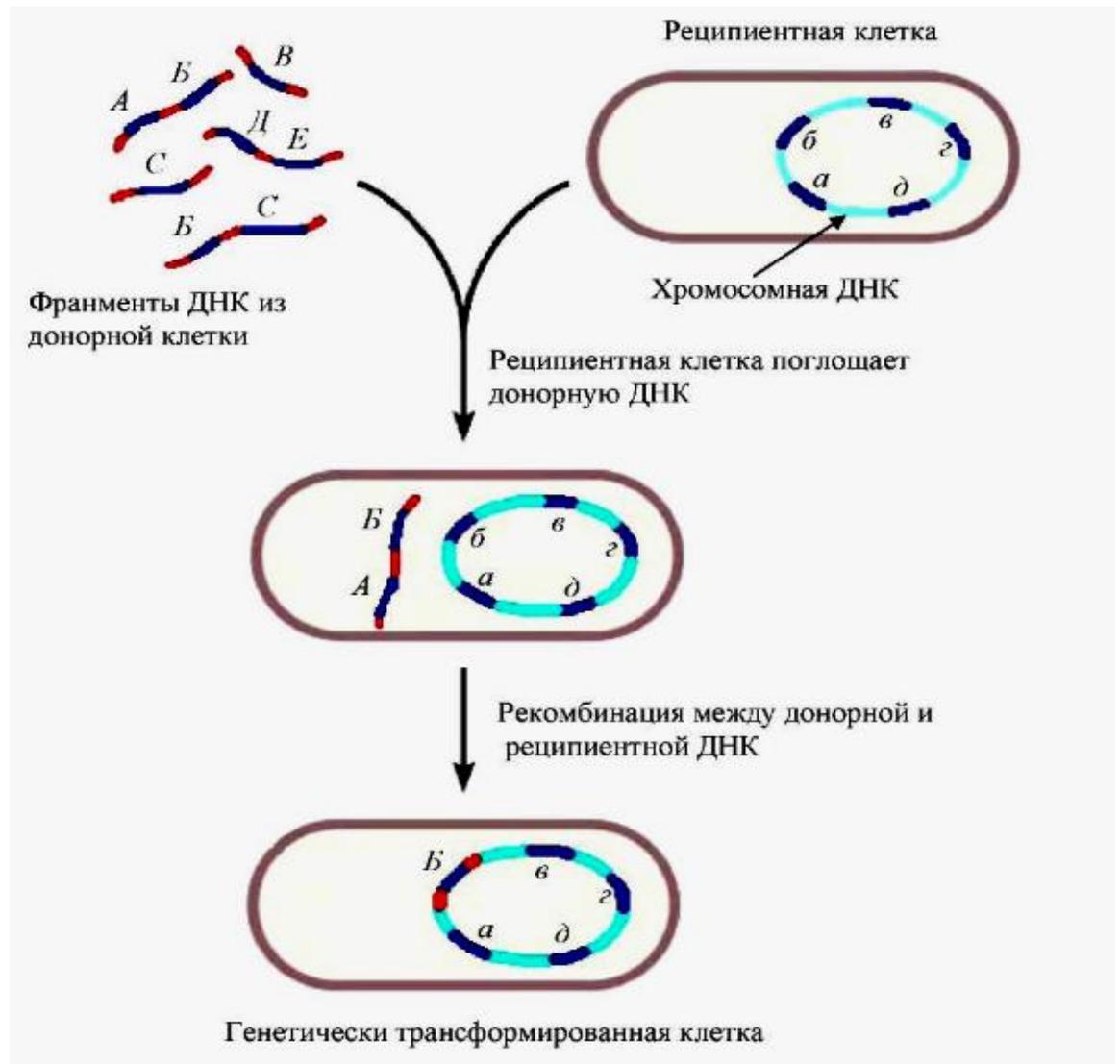


Рис. 5.6. Электронные микрофотографии процесса деления бактериальной клетки (А) и образования спор (Б)

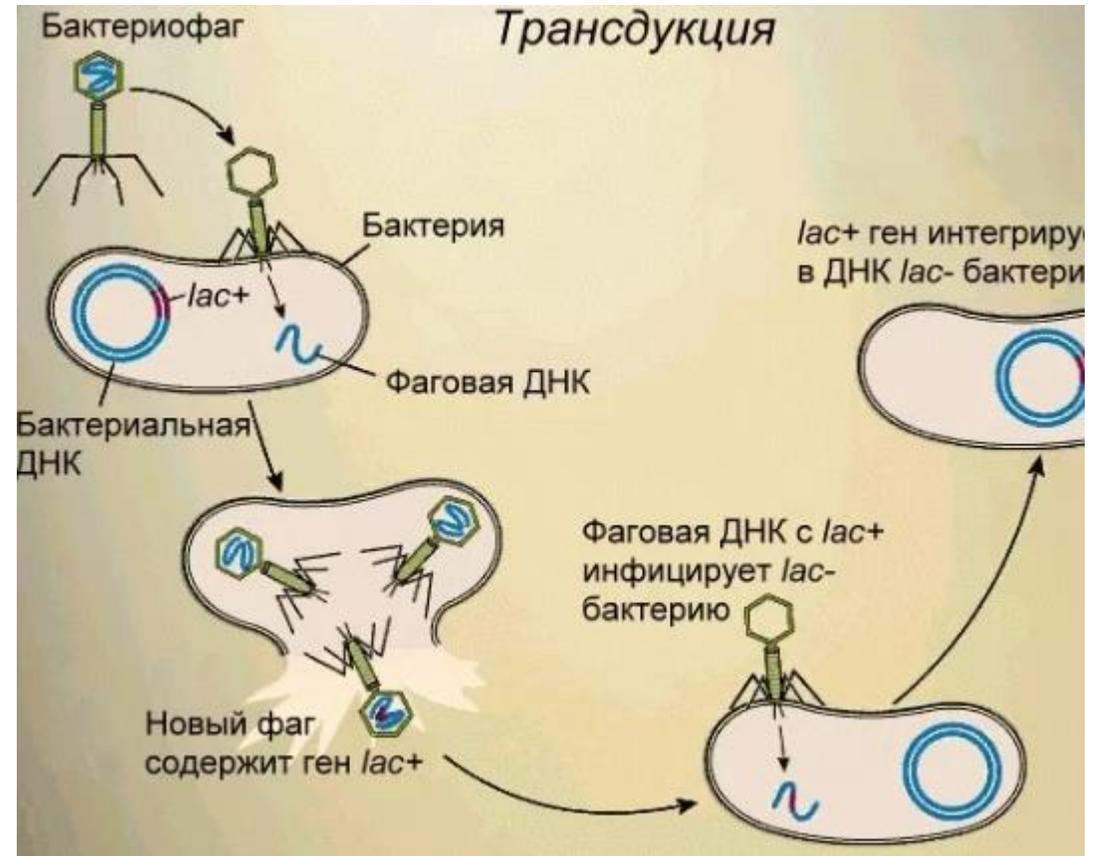
# Размножение прокариот

Иногда размножению предшествует половой процесс, результатом которого является возникновение новых комбинаций генов. При обмене генетической информацией бактерии передают друг другу устойчивость к неблагоприятным воздействиям (к лекарствам и т.д.). При половом процессе бактерии могут обмениваться как участками бактериальной хромосомы, так и особыми маленькими кольцевыми двуцепочечными молекулами ДНК — плазмидами. Обмен может происходить через цитоплазматический мостик между двумя бактериями.



# Размножение прокариот

Обмен участками хромосом может происходить с помощью вирусов, усваивающих участки ДНК одной бактерии и переносящих их в другие бактериальные клетки, которые они заражают.



# Задание 22-1

Каким образом методами генной инженерии получают инсулин в промышленных масштабах?

Элементы ответа:

- 1) Ген, кодирующий инсулин, пересаживают в кольцевые молекулы ДНК (плазмиды).
- 2) Рекомбинантные плазмиды вводят в бактериальные клетки. Культура таких клеток синтезирует инсулин в промышленных масштабах. (В настоящее время для получения инсулина используют дрожжи.)

# Спорообразование у прокариот

Споры возникают, как правило, в неблагоприятных условиях и представляют собой клетки с резко сниженным уровнем метаболизма. Вокруг кольцевой молекулы ДНК образуется особая плотная оболочка, остальное содержимое клетки отмирает. Споры сохраняют жизнеспособность в течение сотен и даже тысяч лет и выдерживают колебания температуры от  $-243$  до  $140$  °С. При наступлении благоприятных условий споры «прорастают» и дают начало новой бактериальной клетке. Спорообразование у прокариот является этапом жизненного цикла. В состоянии спор микроорганизмы могут легко распространяться при помощи ветра и другими способами.

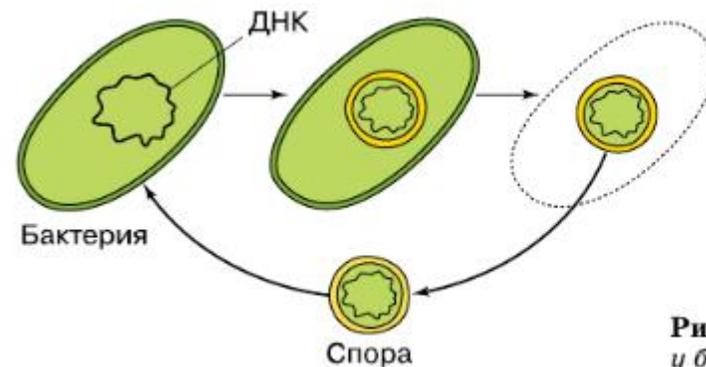


Рис. 37. Схема образования спор у бактерий

# Задание 24-1

Найдите три ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых они допущены, исправьте их.

1. Бактерии – эукариотические организмы, выполняющие функцию редуцентов в экосистемах.
2. В благоприятных условиях они образуют споры.
3. Клеточная стенка бактерий состоит из целлюлозы.
4. Перемещаются бактерии с помощью жгутиков.
5. Большинство бактерий редуценты или болезнетворны.
6. Некоторые из бактерий способны создавать органические вещества из неорганических.

# Задание 24-1 (ответ)

Найдите три ошибки в приведённом тексте. Укажите номера предложений, в которых они допущены, исправьте их.

1. Бактерии – эукариотические организмы, выполняющие функцию редуцентов в экосистемах.
2. В благоприятных условиях они образуют споры.
3. Клеточная стенка бактерий состоит из целлюлозы.

**Ошибки допущены в предложениях: 1,2,3**

- 1) 1 – Бактерии прокариотические организмы.
- 2) 2 – Бактерии образуют споры в неблагоприятных условиях.
- 3) 3 – Клеточная стенка бактерий состоит из муреина.

# Задание 24-2

Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, объясните их.

- (1) Бактерии — это прокариоты, наследственное вещество их клеток не отделено от цитоплазмы.
- (2) ДНК бактерий представлена одной молекулой, которая имеет линейную форму.
- (3) Снаружи бактериальная клетка окружена плотной оболочкой.
- (4) На рибосомах её гранулярной эндоплазматической сети происходит биосинтез белка.
- (5) При неблагоприятных условиях бактерии размножаются с помощью спор.
- (6) Бактерии бывают анаэробные и аэробные.

# Задание 24-2 (ответ)

Найдите ошибки в приведенном тексте. Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, объясните их.

- (2) ДНК бактерий представлена одной молекулой, которая имеет линейную форму.
- (4) На рибосомах её гранулярной эндоплазматической сети происходит биосинтез белка.
- (5) При неблагоприятных условиях бактерии размножаются с помощью спор.

**Ошибки допущены в предложениях 2, 4, 5.**

- 1)2 — у бактерий имеется одна кольцевая молекула ДНК.
- 2)4 — рибосомы бактерий расположены в цитоплазме.
- 3)5 — споры бактериям необходимы для перенесения неблагоприятных условий. Размножаются бактерии делением надвое.

# Питание бактерий в зависимости от источника углерода и других неорганических соединений

## Автотрофы

Использующие для построения своих клеток диоксид углерода  $\text{CO}_2$  и другие неорганические соединения.

**Фототрофы и хемотрофы.**

## Гетеротрофы

Питающиеся за счет готовых органических соединений.

**Сапрофиты. Патогенные (паразиты).  
Симбионты.**

# Учитывая источник энергии, среди бактерий различают

## **Фототрофы** (солнечная энергия)

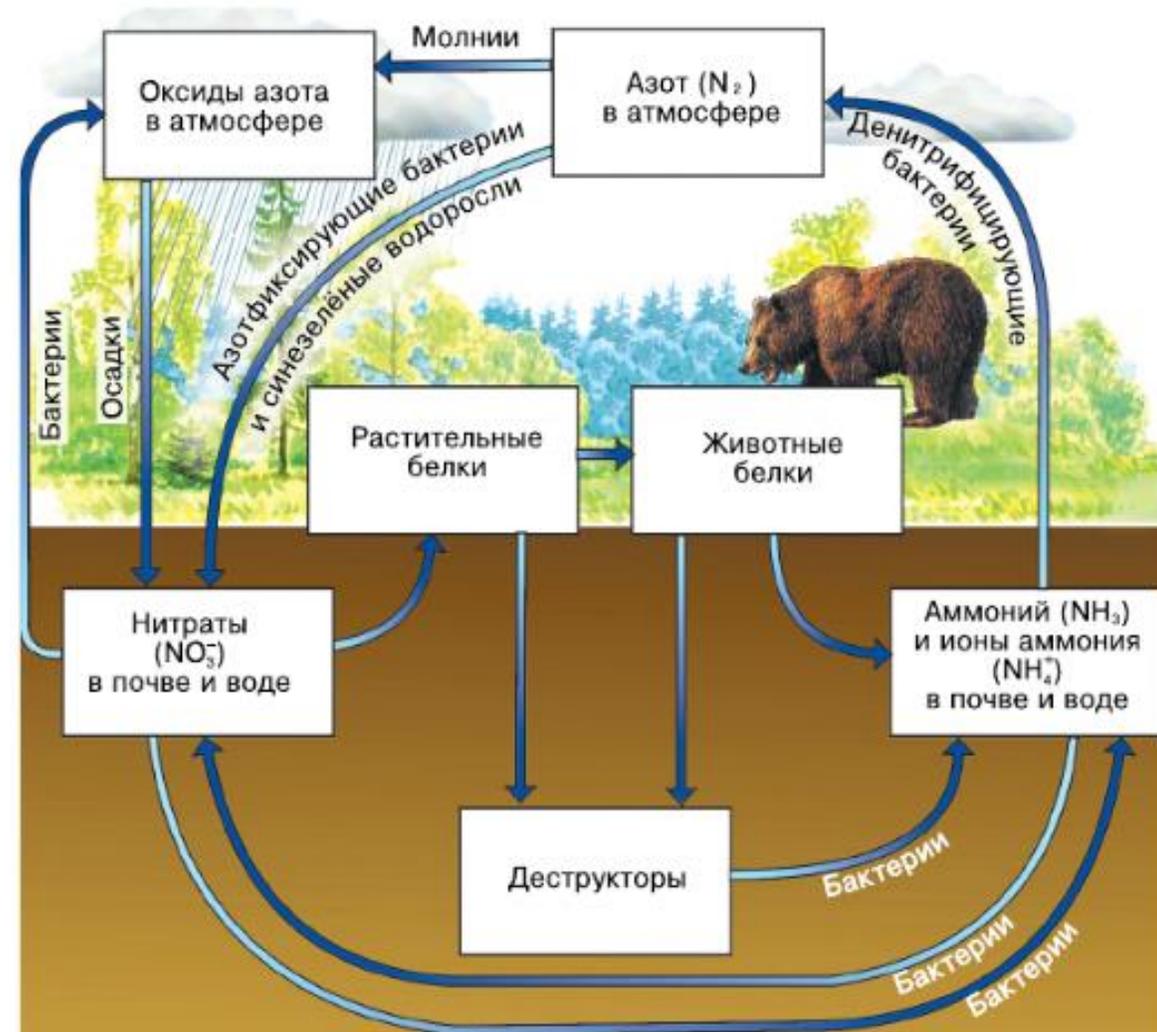
Rhodobacteria (**пурпурные бактерии**),  
Cyanobacteria (**зеленые бактерии**) и  
Cyanobacteria (**синезеленые бактерии**).  
Однако только пурпурные и зеленые  
бактерии осуществляют фотосинтез без  
выделения кислорода и отличаются от  
остальных фотосинтезирующих форм, в  
том числе и от цианобактерий, составом  
хлорофиллов и других пигментов.

## **Хемотротрофы** (химическая энергия)

1. Нитрифицирующие бактерии.
2. Водородные бактерии.
3. Серобактерии и тионовые бактерии.
4. Железобактерии.
5. Stibiobacter, окисляющий окислы трехвалентной сурьмы ( $Sb_2O_3$ ) до пентавалентной ( $Sb_2O_5$ ).

# БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ АЗОТА

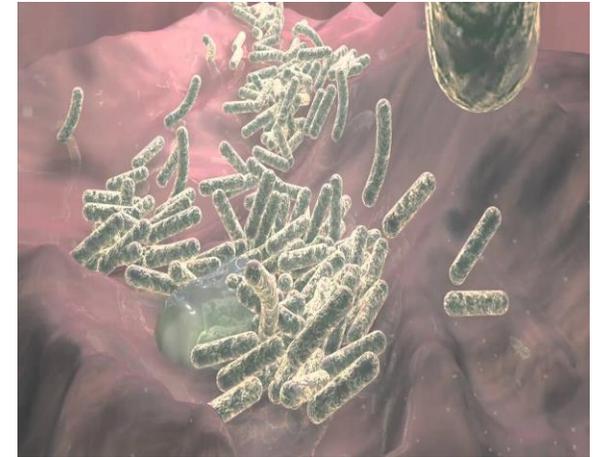
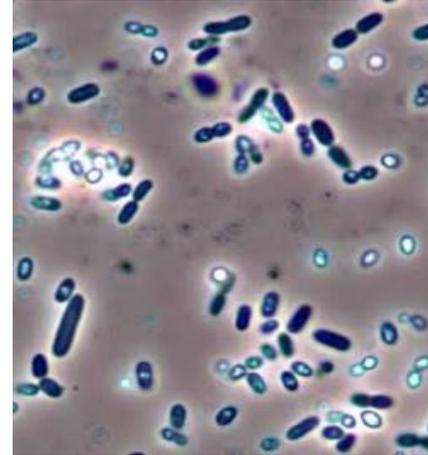
**Атмосферный азот** включается в круговорот благодаря деятельности азотфиксирующих бактерий и водорослей, синтезирующих нитраты, пригодные для использования растениями. Соединения азота (нитраты) из почвы по ступают в растения и используются для построения белков (при разрушении белков переходит в мочевины). После отмирания живых организмов гнилостные бактерии разлагают органические остатки до аммиака. Нитрифицирующие бактерии превращают аммиак в азотистую, затем в азотную кислоту, кислота реагирует с почвенными солями и образуются нитраты.



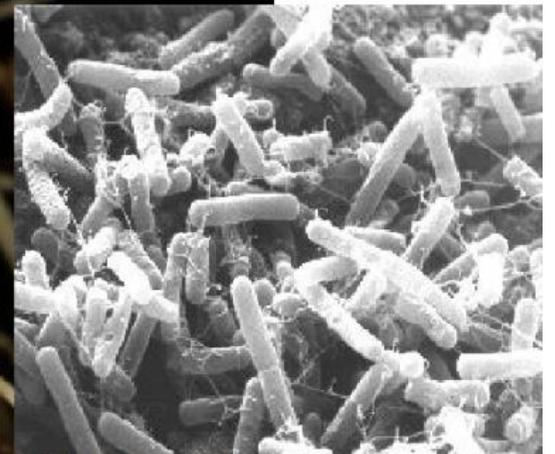
# Азотофиксирующие бактерии

В почве имеются бактерии, усваивающие молекулярный азот атмосферы - **азотфиксирующие бактерии**. К ним относятся

- свободноживущие азотобактер
- клостридий пастерианум
- клубеньковые бактерии.

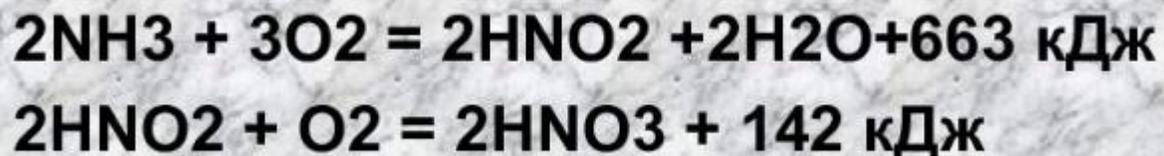


Клубеньковые бактерии

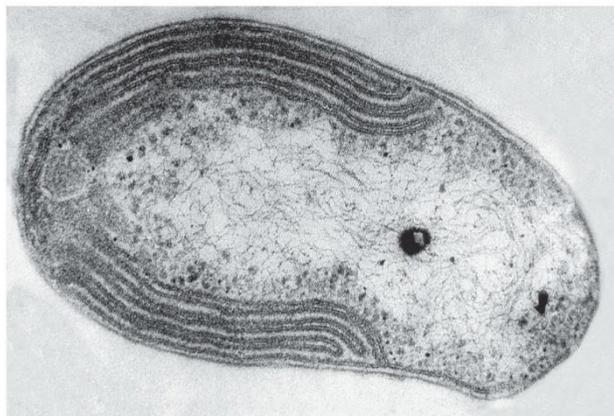


# Нитрифицирующие бактерии

**Нитрифицирующие бактерии**, например нитрозомонас и нитробактер, населяют почву, где осуществляют окисление аммиака, образующегося при гниении органических остатков, до солей азотной кислоты. Процесс окисления идет в два этапа. Сначала образуются соли азотистой кислоты – нитриты, а затем азотной кислоты – нитраты.

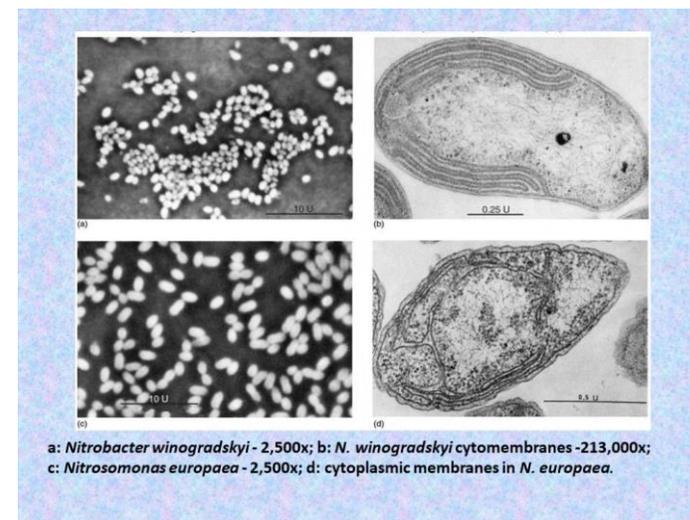
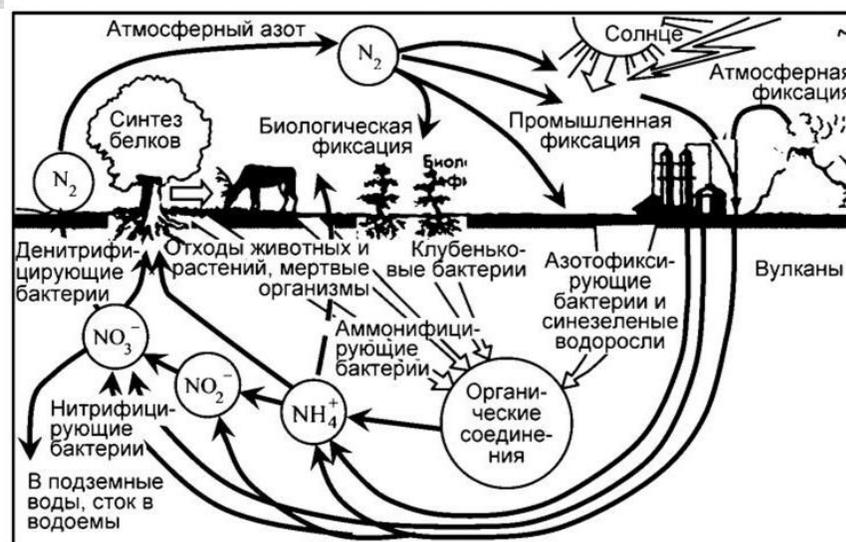


The nitrogen cycle: fixation, nitrification, denitrification  
*Nitrobacter winogradskyi*



Microbiology: An Evolving Science, Third Edition Figure 22.11b  
Copyright © 2014 W. W. Norton & Company, Inc.

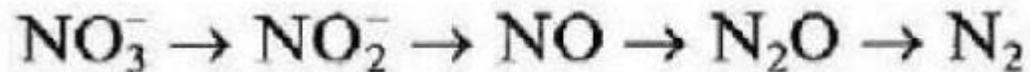
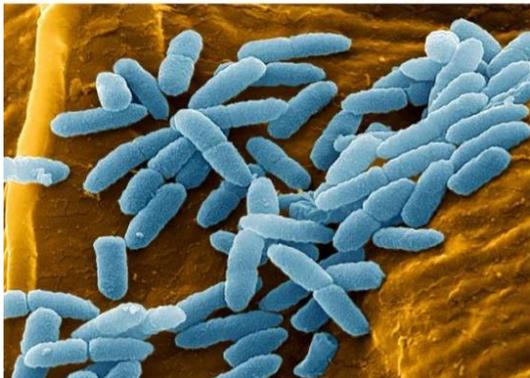
SCIENTEMATRIX.COM



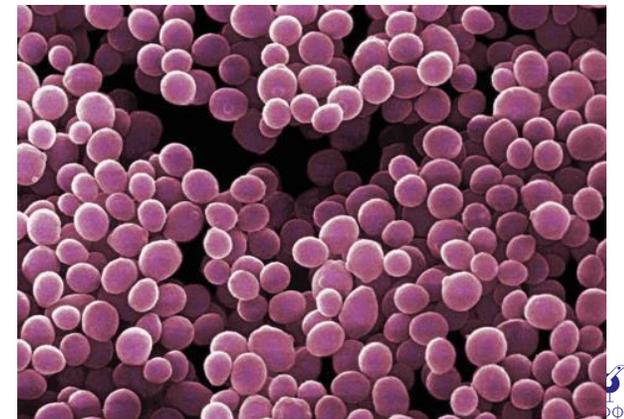
# Денитрифицирующие бактерии

**Денитрифицирующие бактерии** — бактерии, восстанавливающие нитраты до молекулярного азота, более 150 видов из 50 родов (в том числе *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus* и *Micrococcus*). Денитрифицирующие бактерии — обитатели пресных и морских водоемов, почв разного типа, в связи с чем денитрификация (процесс восстановления азота) широко распространена в природе и служит источником атмосферного азота, являясь необходимым звеном в круговороте азота в природе. Сумма микробиологических процессов восстановления нитратов до нитритов и далее до газообразных оксидов и молекулярного азота. В результате их азот возвращается в атмосферу и становится недоступным большинству организмов.

[Pseudomonas Aeruginosa](#)

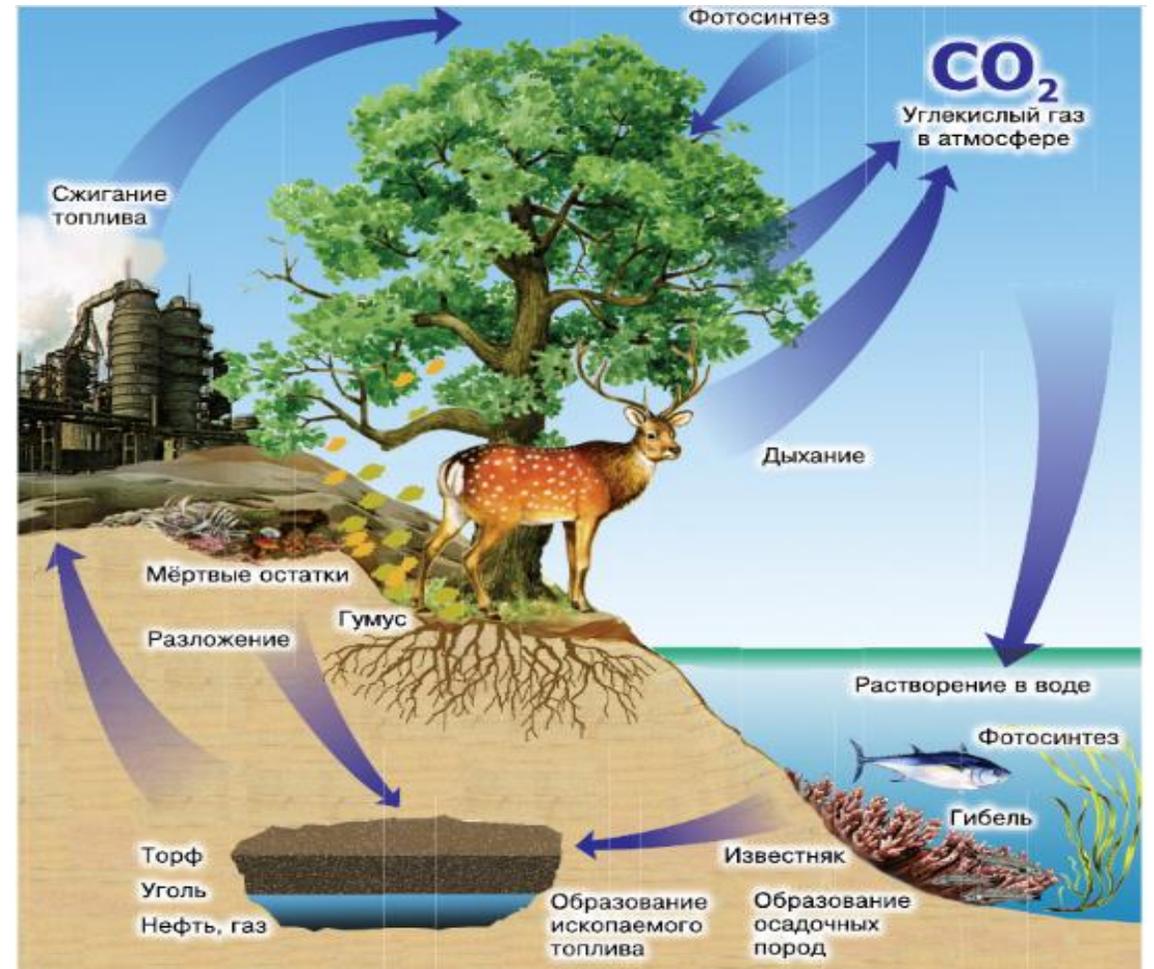


**Micrococcus**



# БИОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ЦИКЛ УГЛЕРОДА

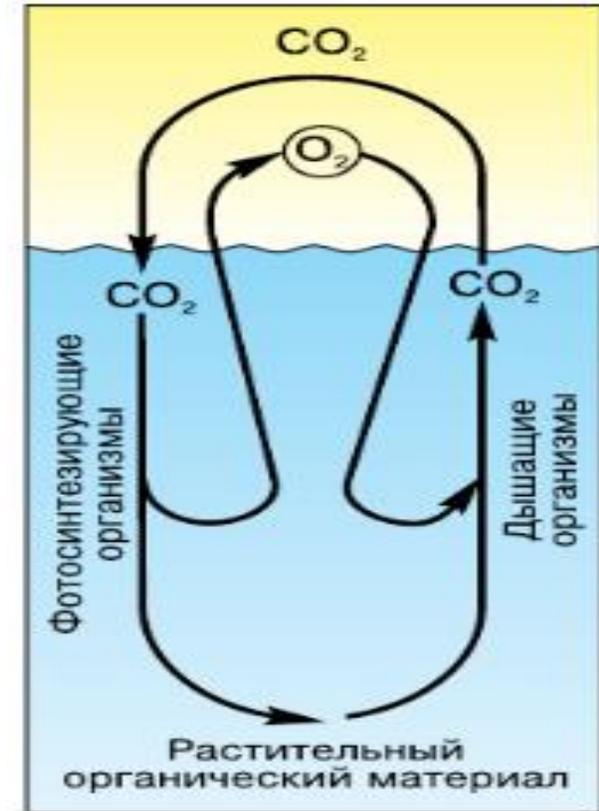
**Углерод** входит в состав разнообразных органических веществ, из которых состоит всё живое. В процессе фотосинтеза зелёные растения используют углерод диоксида углерода и водород воды для синтеза органических соединений, а освободившийся кислород поступает в атмосферу. Им дышат различные животные и растения, а конечный продукт дыхания —  $\text{CO}_2$  — выделяется в атмосферу.



**Рис. 114.** Упрощённая схема круговорота углерода, показывающая прохождение углерода через несколько экосистем

# КРУГОВОРОТ КИСЛОРОДА В БИОСФЕРЕ

**Кислород выделяется** в процессе фотосинтеза. В процессе дыхания организмы потребляют кислород и выделяют соответствующее количество углекислого газа, который используется для синтеза органических веществ в процессе фотосинтеза. **Постепенно между фотосинтезирующими организмами и гетеротрофами установилось равновесие,** которое привело к стабилизации нового состава атмосферы. Сформировались со временные круговороты углерода и кислорода.



**Рис. 95.** Схема круговорота углерода и кислорода с появлением у организмов процесса дыхания

# Задание 22-1 (ответ)

В чём особенность питания сапротрофных бактерий(1)? Почему при их отсутствии жизнь на Земле была бы невозможна(2)?

1. Сапротрофные бактерии питаются отмершими органическими веществами. Переводят органические вещества в минеральные
2. Замыкают круговорот веществ в природе. Являются редуцентами в цепях питания.

# Задание 22-2 (ответ)

В чём состоит роль бактерий(1) в круговороте веществ(2)?

1) Бактерии-гетеротрофы — редуценты разлагают органические вещества до минеральных, которые усваиваются растениями;

2) Бактерии-автотрофы (фото, хемотрофы) — продуценты синтезируют органические вещества из неорганических, обеспечивая круговорот кислорода, углерода, азота и др.

# Задание 25-1 (ответ)

В чем заключается сходство и различие автотрофного питания у фотосинтезирующих и хемосинтезирующих бактерий?

- 1) Сходство: в результате фототрофного и хемотрофного питания образуется углевод — глюкоза.
- 2) Сходство: оба процесса идут с затратой энергии.
- 3) Различие: фототрофные бактерии для синтеза глюкозы используют энергию света, а хемотрофные — энергию окисления неорганических веществ.

# Задание 25-2 (ответ)

Какова роль хемосинтезирующих бактерий в экосистемах?

- 1) Бактерии хемосинтетички, не содержащие хлорофилла, создают органические вещества благодаря энергии, выделяющейся при химических реакциях окисления различных неорганических соединений: водорода, сероводорода, аммиака, железа и др.
- 2) Азотные бактерии играют важную роль в круговороте азота.
- 3) Азотные бактерии осваивают энергию, которая иначе была бы потеряна для животных.

# Задание 25-3 (ответ)

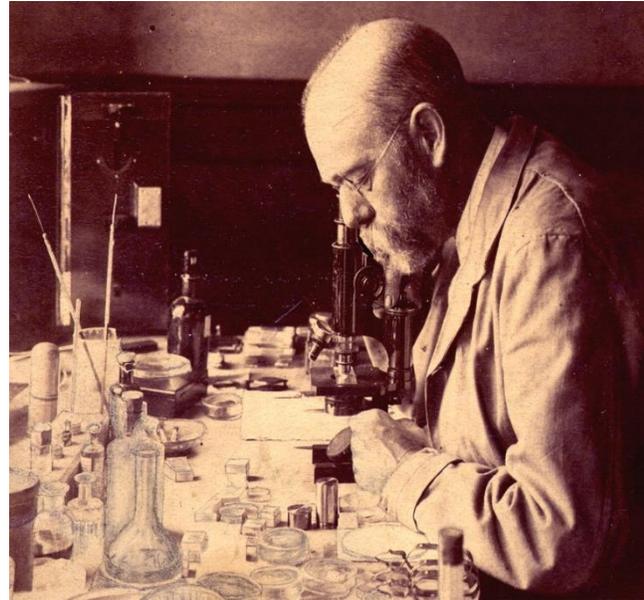
Почему бактерии сапротрофы считают санитарами природы?

- 1) Потому что бактерии-сапротрофы перерабатывают мертвые организмы до неорганических веществ. Сапрофитные бактерии составляют группу организмов-разрушителей.
- 2) Они замыкают круговорот веществ в природе.
- 3) Участвуют в образовании гумуса.

# Аэробные бактерии

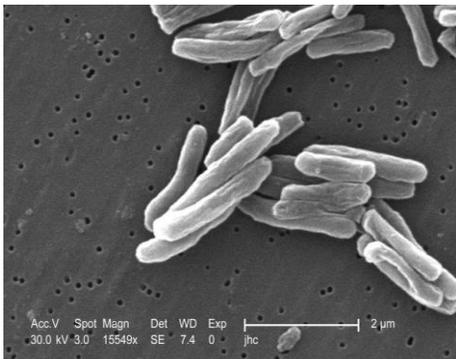
**Аэро́бы** (от греч.  $\alpha\eta\rho$  — воздух и  $\beta\iota\omicron\zeta$  — жизнь) — организмы, которые нуждаются в свободном молекулярном кислороде для процессов синтеза энергии. Организмы, получающие энергию и образующие АТФ при помощи только окислительного фосфорилирования субстрата, где окислителем может выступать только молекулярный кислород. Рост большинства аэробных бактерий прекращается при концентрации кислорода в 40—50 % и выше. В атмосфере чистого кислорода не способны развиваться никакие прокариоты. **Аэробные бактерии: нитрифицирующие бактерии, железобактерии, серобактерии, водородные бактерии. Патогенные бактерии – палочка Коха.**

# Патогенные бактерии – палочка Коха



**Генрих Герман Роберт Кох** ( 11 декабря 1843, Клаусталь-Целлерфельд — 27 мая 1910, Баден-Баден) — немецкий микробиолог. Открыл бациллу сибирской язвы, холерный вибрион и туберкулёзную палочку. Кох создал и усовершенствовал лабораторные технологии и методы в области микробиологии.

За исследования туберкулёза награждён Нобелевской премией по физиологии и медицине в 1905 году. *Mycobacterium tuberculosis* (лат.), палочка Коха обычно поражает лёгкие, реже затрагивая другие органы и системы.



# Задание 15-1

Известно, что бактерия туберкулёзная палочка — аэробный, микроскопический, болезнетворный организм. Выберите из приведённого ниже текста три утверждения, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков бактерии.

- (1) Размеры туберкулёзной палочки составляют в длину 1–10 мкм, а в диаметре 0,2–0,6 мкм.
- (2) Организм неподвижен и не способен образовывать споры.
- (3) При температуре выше 20 °С во влажном и тёмном месте сохраняет жизнеспособность до 7 лет.
- (4) Для своего развития организм нуждается в наличие кислорода.
- (5) Туберкулёзная палочка является паразитическим организмом.
- (6) В природе организм распространяется не только с каплями жидкости, но и ветром.

# Задание 15-1 (ответ)

Известно, что бактерия туберкулёзная палочка — аэробный, микроскопический, болезнетворный организм. Выберите из приведённого ниже текста три утверждения, относящиеся к описанию перечисленных выше признаков бактерии.

(1) Размеры туберкулёзной палочки составляют в длину 1–10 мкм, а в диаметре 0,2–0,6 мкм.

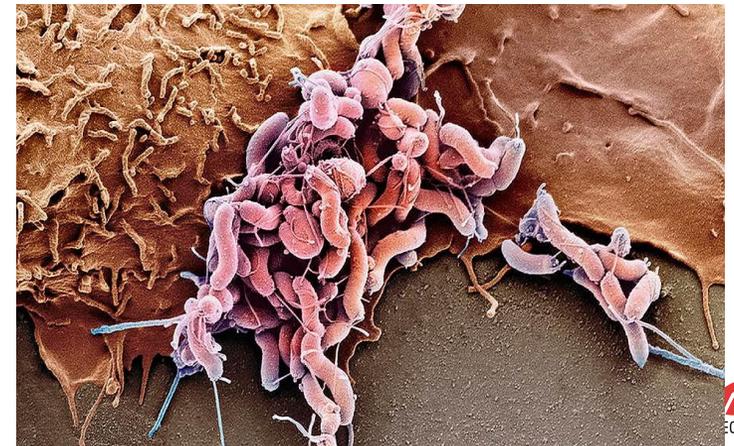
(4) Для своего развития организм нуждается в наличие кислорода.

(5) Туберкулёзная палочка является паразитическим организмом.

Из перечисленных предложений, которые описывают туберкулёзную палочку, необходимо выбрать те, которые соответствуют условиям: аэробный, микроскопический, болезнетворный. Аэробный: для своего развития организм нуждается в наличие кислорода. Микроскопический: размеры туберкулёзной палочки составляют в длину 1–10 мкм, а в диаметре 0,2–0,6 мкм. Болезнетворный: туберкулёзная палочка является паразитическим организмом. **Ответ: 145.**

# Патогенные бактерии

**Helicobacter pylori** (лат. спиралевидная бактерия, обитающая в привратнике желудка, традиционная транскрипция — Х(Г)еликобáктер пилóри) — спиралевидная грамотрицательная бактерия, которая инфицирует различные области желудка и двенадцатиперстной кишки. Многие случаи язв желудка и двенадцатиперстной кишки, гастритов, дуоденитов, рака желудка и, возможно, некоторые случаи лимфом желудка этиологически связаны с инфекцией *Helicobacter pylori*. Однако у большинства (до 90 %) инфицированных носителей *Helicobacter pylori* не обнаруживается никаких симптомов заболеваний. Спиральная форма бактерии, от которой произошло родовое название *Helicobacter*, как полагают, определяет способность этого микроорганизма проникать в слизистую оболочку желудка и двенадцатиперстной кишки и облегчает движение бактерии в слизистом геле, покрывающем слизистую желудка.



# Патогенные бактерии

Существует большое число разновидностей **кишечной палочки (Escherichia coli)**, в том числе, более 100 патогенных («энтеровирулентных») типов, объединенных в четыре класса: энтеропатогенные, энтеротоксигенные, энтероинвазивные и энтерогеморрагические. Морфологические различия между патогенными и непатогенными эшерихиями отсутствуют. Кишечные палочки (*Escherichia coli*) устойчивы во внешней среде, длительное время сохраняются в почве, воде, фекалиях. Хорошо переносят высушивание. Кишечные палочки обладают способностью к размножению в пищевых продуктах, особенно в молоке. Быстро погибают при кипячении и воздействии дезинфицирующих средств (хлорной извести, формалина, фенола, сулемы, едкого натра и др.). Кишечные палочки более устойчивы во внешней среде по сравнению с другими энтеробактериями. Прямой солнечный свет убивает их в течение нескольких минут, температура 60°C и 1 % раствор карболовой кислоты — в течение 15 минут.

# Бактерии симбионты

**Бактерия *Escherichia coli* – симбионт человека, живёт в его толстом кишечнике.**

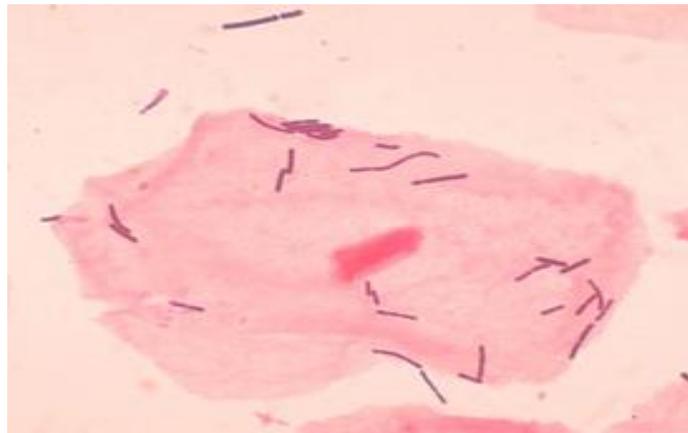
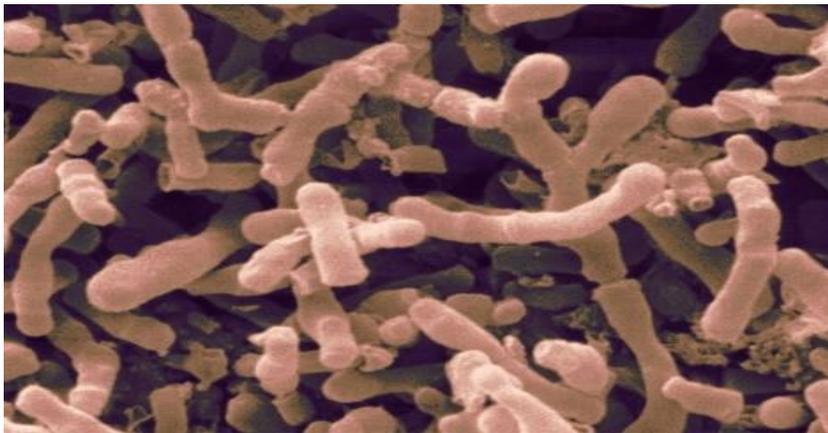
Кишечная палочка (эшерихия коли, лат. *Escherichia coli*; общепринятое сокращение *E. coli*) — вид грамотрицательных палочковидных бактерий, факультативных анаэробов, входящий в состав нормальной микрофлоры желудочно-кишечного тракта человека. Число кишечных палочек *Escherichia coli* среди других представителей микрофлоры кишечника не превышает 1%, но они играют важнейшую роль в функционировании желудочно-кишечного тракта. Кишечные палочки *E. coli* являются основными конкурентами условно-патогенной микрофлоры в отношении заселения ими кишечника. Кишечные палочки *E. coli* забирают из просвета кишечника кислород, который вреден для полезных для человека бифидо- и лактобактерий. Кишечные палочки *E. coli* вырабатывают ряд необходимых для человека витаминов: B1, B2, B3, B5, B6, биотин, B9, B12, K, жирные кислоты (уксусную, муравьиную, а ряд штаммов также молочную, янтарную и другие), участвует в обмене холестерина, билирубина, холина, желчных кислот, оказывает влияние на всасывание железа и кальция.

*Escherichia coli* в кишечнике человека появляются в первые дни после рождения и сохраняются на протяжении жизни на уровне  $10^6$ — $10^8$  КОЕ/г содержимого толстой кишки. Оптимальной температурой для жизнедеятельности и размножения *E. coli* является температура 37°C.

# Бактерии симбионты

**Лактобациллы** (лат. *Lactobacillus*, от лат. *lac* — молоко) — род грамположительных факультативно анаэробных или микроаэрофильных бактерий семейства *Lactobacillaceae*.

Один из важнейших в группе молочнокислых бактерий, большинство членов которой превращают лактозу и другие углеводы в молочную кислоту. В большинстве случаев они непатогенны, многие виды выполняют положительную роль в питании человека. У человека они постоянно присутствуют в кишечнике, во влагалище (палочки Дедерлейна, где являются симбионтами и составляют значительную часть микрофлоры кишечника и основную микрофлору влагалища). Многие виды принимают участие в разложении остатков растений. Они продуцируют молочную кислоту, а кислая среда препятствует росту многих патогенных бактерий и грибов.

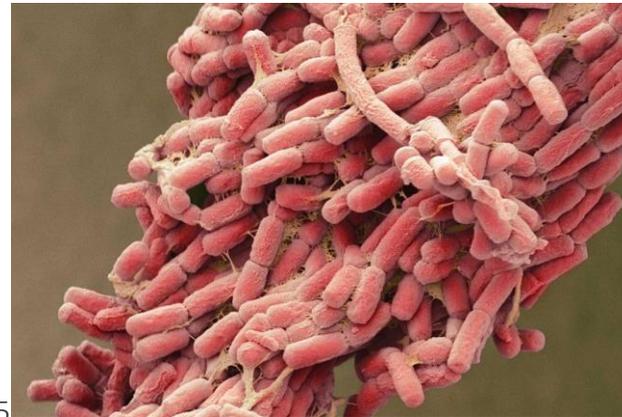


# Задание 22-3 (ответ)

Бактерия *Escherichia coli* – симбионт человека, живёт в его толстом кишечнике. Вы посеяли одинаковое количество бактерий на 5 чашек Петри. Чашки Вы поставили в 5 разных термостатов: на  $+5^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $+35^{\circ}\text{C}$ ,  $+50^{\circ}\text{C}$  и  $+65^{\circ}\text{C}$ . На какой из чашек Вы ожидаете увидеть максимальный рост бактерий через одни сутки? Ответ поясните.

1) максимальный рост будет на чашке  $+35^{\circ}\text{C}$ ;

2) раз бактерии *Escherichia coli* живут в кишечнике человека, значит, оптимальная температура для их роста  $+36,6^{\circ}\text{C}$



# Задание 25-4 (ответ)

В толстом кишечнике человека обитает большое количество бактерий, составляющих нормальную микрофлору. Укажите не менее трёх значений этих бактерий для нормальной жизнедеятельности организма.

Бактерии кишечника:

- 1) способствуют расщеплению клетчатки
- 2) синтезируют витамины (например, группы В, К, Н)
- 3) Подавляют деятельность патогенных микроорганизмов.

Примечание.

Принимают участие в обмене веществ.

# Анаэробные бактерии

**Анаэробы (от греческого an - нет, aer - воздух bios - жизнь)** — организмы, получающие энергию при отсутствии доступа кислорода путём субстратного фосфорилирования, конечные продукты неполного окисления субстрата при этом могут быть окислены с получением большего количества энергии в виде АТФ. Термин «анаэробы» ввел Луи Пастер, открывший в 1861 году бактерии маслянокислого брожения. Анаэробное дыхание — совокупность биохимических реакций, протекающих в клетках живых организмов при использовании в качестве конечного акцептора электронов не кислорода, а других веществ (например, нитратов) и относится к процессам энергетического обмена (катаболизм, диссимилиация), которые характеризуются окислением углеводов, липидов и аминокислот до низкомолекулярных соединений.

**Сульфатные бактерии** – восстанавливают сульфаты и извлекают из них водород.

**Денитрифицирующие бактерии** – восстанавливают в почве свободный азот из аммиака.

# Анаэробные бактерии

Также анаэробные организмы могут получать энергию путём катаболизма аминокислот и их соединений (пептидов, белков). Такие процессы именуют гниением, а микрофлору в энергетическом обмене которой преобладают процессы катаболизма аминокислот называют гнилостной. Анаэробные микроорганизмы расщепляют гексозы (например, глюкозу) разными путями. При этом характерным только для анаэробов является гликолиз, который в зависимости от конечных продуктов реакции разделяют на несколько типов брожения:

молочнокислое брожение — род *Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Bifidobacterium*, а также некоторые ткани многоклеточных животных и человека.

спиртовое брожение — сахаромицеты, кандиды (организмы царства грибов)

муравьинокислое — семейство энтеробактерий

маслянокислое — некоторые виды клостридий

пропионовокислое — пропионобактерии (например, *Propionibacterium acnes*)

брожение с выделением молекулярного водорода — некоторые виды клостридий, ферментация Stickland

метановое брожение — например, *Methanobacterium*

# Задание 24-3

Найдите три ошибки в приведённом тексте «Бактерии». Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

- (1) Все бактерии по способу питания являются гетеротрофами.
- (2) Азотфиксирующие бактерии обеспечивают усвоение атмосферного азота.
- (3) К группе азотфиксаторов относят клубеньковые бактерии, поселяющиеся на корнях бобовых растений.
- (4) Бобовые растения используют соединения азота для синтеза белка.
- (5) Денитрифицирующие бактерии осуществляют процесс нитрификации, повышающий плодородие почвы.
- (6) К хемотрофам относят железобактерии, серобактерии, водородные бактерии и нитрифицирующие бактерии.
- (7) Для всех хемотрофов характерен анаэробный тип энергетического обмена.

# Задание 24-3(ответ)

Найдите три ошибки в приведённом тексте «Бактерии». Укажите номера предложений, в которых сделаны ошибки, исправьте их.

(1) Все бактерии по способу питания являются гетеротрофами.

(5) Денитрифицирующие бактерии осуществляют процесс нитрификации, повышающий плодородие почвы.

(7) Для всех хемотрофов характерен анаэробный тип энергетического обмена.

**(1) Бактерии по способу питания бывают гетеротрофами и автотрофами.**

**(5) Нитрифицирующие бактерии осуществляют процесс нитрификации (процесс окисления аммиака до азотистой кислоты и азотной кислоты), повышающий плодородие почвы (Денитрифицирующие бактерии осуществляют процесс денитрификации - процесс восстановления нитратов до газообразных оксидов и молекулярного азота).**

**(7) Для хемотрофов характерен и анаэробный и аэробный тип энергетического обмена.**

# Роль в биосфере

1. Процессы гниения и брожения
2. Симбиоз с другими организмами (клубеньковые бактерии на корнях бобовых растений); (бактерии симбионты в желудочно-кишечном тракте растительноядных животных)
3. Паразитизм (антибиоз)
4. Нейтрализм (бактерии на коже человека)

# Задание 25-5 (ответ)

Благодаря каким особенностям бактерии широко применяются в биотехнологии? Назовите не менее трёх признаков.

- 1) высокая скорость размножения;
- 2) способность синтезировать биологически активные вещества;
- 3) способность к мутациям и возможность получения новых высокопродуктивных штаммов;
- 4) относительно простые способы выращивания бактерий

# Задание 25-6 (ответ)

В каких отраслях народного хозяйства используются бактерии?

*Укажите не менее 5 отраслей с примерами.*

- 1) в пищевой промышленности: для получения напитков, молочно-кислых продуктов, при квашении, солении, виноделии, сыроделии;
- 2) в фармацевтике: для создания лекарств, вакцин;
- 3) в сельском хозяйстве: для приготовления силоса, сенажа (кормов для животных),
- 4) в коммунальном хозяйстве, в природоохранных мероприятиях: для очистки сточных вод, ликвидации нефтяных пятен;
- 5) в генной инженерии, микробиологии: с помощью них получают витамины, гормоны, лекарства, кормовые белки и т. д.

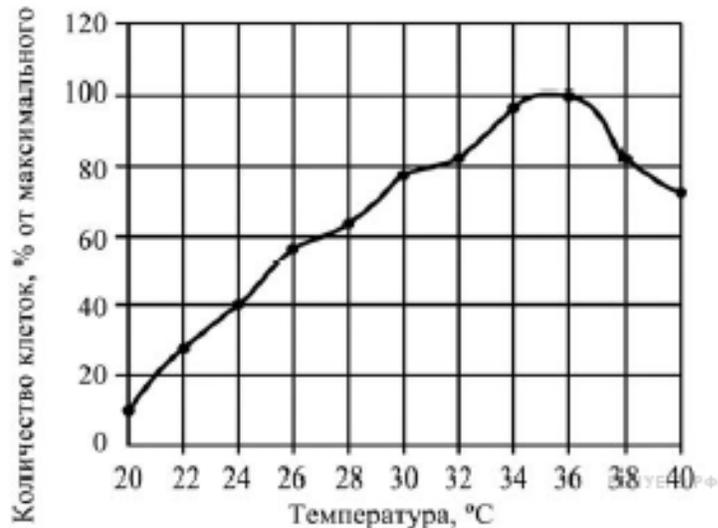
# Задание 21-1

Проанализируйте график скорости размножения молочнокислых бактерий.

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа полученных результатов.

Скорость размножения бактерий

- 1) всегда прямо пропорциональна изменению температуры среды.
- 2) зависит от ресурсов среды, в которой находятся бактерии.
- 3) зависит от генетической программы организма.
- 4) в интервале от 20 до 36 °C повышается.
- 5) уменьшается при температуре выше 36 °C в связи с денатурацией части белков в клетке бактерии.



# Задание 21-1 (ответ)

Скорость размножения бактерий:

4) в интервале от 20 до 36 °С повышается.

5) уменьшается при температуре выше 36 °С в связи с денатурацией части белков в клетке бактерии.

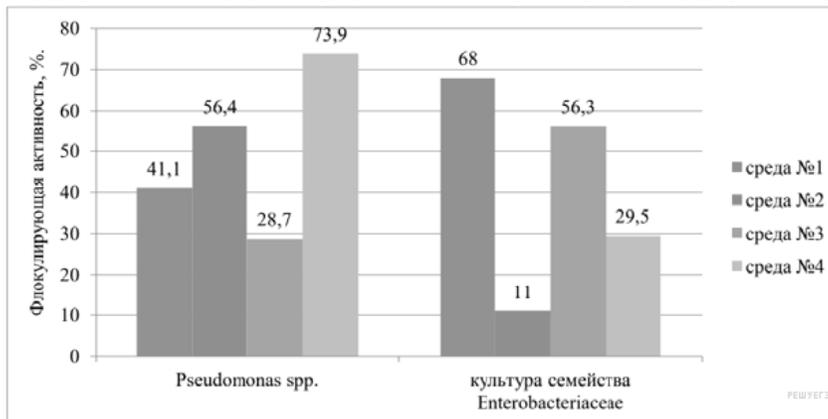
**Ответ: 45.**

# Задание 21-2

Проанализируйте гистограмму, отражающую флокулирующую активность — способность бактерий осаждать загрязняющие вещества различных сред (среда № 1 соответствует эталонной, загрязнённой только органическими бытовыми стоками до очистки; № 2 — дополнительное загрязнение каолиновой глиной, № 3 — углеводородами, № 4 — соединениями фосфора).

Выберите утверждения, которые можно сформулировать на основании анализа представленных данных. Запишите в ответе цифры, под которыми указаны выбранные утверждения.

- 1) Бактерии культуры *Pseudomonas* spp. эффективно удаляют разнообразные мыла.
- 2) Наибольшую активность проявляют бактерии, обитающие в донном иле.
- 3) Культуру бактерий семейства *Enterobacteriaceae* можно использовать для очистки сточных вод, загрязнённых отходами нефти.
- 4) Культура бактерий *Pseudomonas* spp. быстрее участвует в процессах образования биофлокулянтов.
- 5) При очистке сточных вод промышленных предприятий для удаления фосфорсодержащих взвешенных веществ используют культуру бактерий *Pseudomonas* spp.



# Задание 21-2 (ответ)

Верный ответ:

- 3) Культуру бактерий семейства Enterobacteriaceae можно использовать для очистки сточных вод, загрязнённых отходами нефти.
- 5) При очистке сточных вод промышленных предприятий для удаления фосфорсодержащих взвешенных веществ используют культуру бактерий *Pseudomonas* spp.

Неверный/ нет данных/ нельзя сделать вывод по указанным данным:

- 1) Бактерии культуры *Pseudomonas* spp. эффективно удаляют разнообразные мыла.
- 2) Наибольшую активность проявляют бактерии, обитающие в донном иле.
- 4) Культура бактерий *Pseudomonas* spp. быстрее участвует в процессах образования биофлокулянтов.

**Ответ: 35**

# Задание 5 (ответ)

Почему бактерии относят к прокариотам?

- 1) содержат в клетке ядро, обособленное от цитоплазмы
- 2) состоят из множества дифференцированных клеток
- 3) имеют одну кольцевую хромосому
- 4) не имеют клеточного центра, комплекса Гольджи и митохондрий
- 5) не имеют обособленного от цитоплазмы ядра
- 6) имеют цитоплазму и плазматическую мембрану

Под цифрами 345 указаны признаки прокариот, т.к. прокариоты не имеют оформленного ядра, в цитоплазме находится кольцевая ДНК, и у прокариот нет мембранных органоидов.

6 пункт не является признаком именно прокариот, а относится ко всем клеткам.

**Ответ: 345.**

# Задание 6 (ответ)

Микроорганизмы используют в промышленном производстве

- 1) витаминов
- 2) муки
- 3) минеральных солей
- 4) молоко
- 5) лекарственных препаратов
- 6) гормонов

В генной инженерии широко используют бактерии в производстве витаминов, интерферона, инсулина.

**Ответ: 156.**

# Задание 9 (ответ)

Микроорганизмы используют в промышленном производстве

- 1) витаминов
- 2) муки
- 3) минеральных солей
- 4) молоко
- 5) лекарственных препаратов
- 6) гормонов

В генной инженерии широко используют бактерии в производстве витаминов, интерферона, инсулина.

**Ответ: 156.**

# Задание 7 (ответ)

Бактериальную клетку относят к группе прокариотических, так как она:

- 1) не имеет ядра, покрытого оболочкой
- 2) имеет цитоплазму
- 3) имеет одну молекулу ДНК, погруженную в цитоплазму
- 4) имеет наружную плазматическую мембрану
- 5) не имеет митохондрий
- 6) имеет рибосомы, где происходит биосинтез белка

Под цифрами 1, 3, 5 — доказательство прокариотической клетки. Остальные признаки общие с эукариотами.

**Ответ: 135.**