

Первичные продуценты, в основе
новообразования органического
вещества которыми лежит
хемосинтез

Введение

Первичной продукцией называют скорость образования органического вещества автотрофными организмами, отнесенную к единице площади или объема водоема.

Первичная продукция в водоемах может образовываться в результате фотосинтеза фотоавтотрофов или бактериального хемосинтеза.

Относительное значение фито- и хемосинтетических процессов в образовании первичной продукции зависит от условий среды. При определенных условиях **роль хемосинтетических процессов может быть значительной**. Однако при сопоставлении роли фито- и хемосинтеза в создании первопищи в водоемах следует учитывать существенные различия энергетики этих процессов.



Родился в 1853 в России
Умер в 1953 во Франции



Ещё в 1887 г. русский микробиолог С.Н. Виноградский открыл бактериальный хемосинтез. Оказалось, что некоторые бактерии тоже умеют создавать новое органическое вещество из неорганического, но тратят на это энергию, получаемую не от солнечных лучей, а от химических реакций, при окислении аммиака, водорода, соединений серы, закисного железа и др.

1. Хемосинтезирующие бактерии: классификация и экология

Хемосинтезирующие бактерии

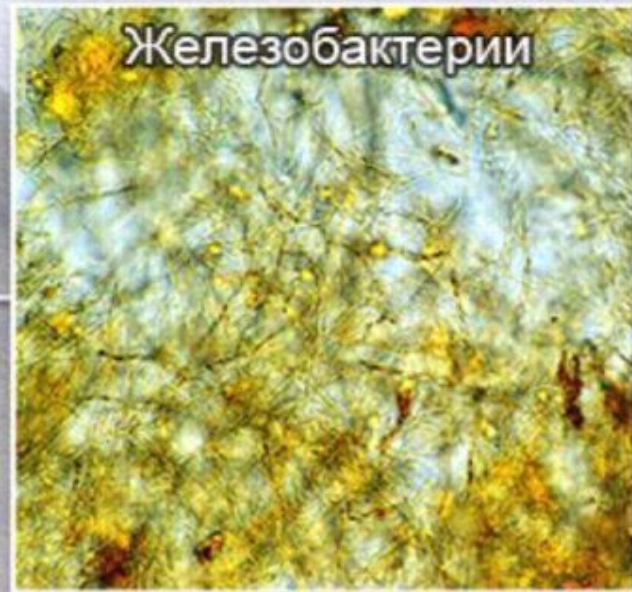
(хемолитоавтотрофы) — бактерии, использующие диоксид углерода в качестве единственного источника углерода, энергию получают в результате окислительно-восстановительных реакций, донором электронов являются неорганические соединения.



Водородные
бактерии



Железобактерии



Серобактерии



Нитрифицирующие
бактерии



Х
Е
М
О
Т
Р
О
Ф
Ы

Хемосинтезирующие бактерии.

Серобактерии (*Desulfuromonas*, *Desulfobacter*, *Beeggiatoa*) окисляют сероводород до молекулярной серы или до солей серной кислоты.



Энергию для синтеза органических веществ они получают, окисляя сероводород:



К серобактериям относят многие фототрофные пурпурные и зеленые бактерии, некоторые цианобактерии, а также ряд нефотосинтезирующих бактерий. Обитают в пресных и солёных водах. Изучение серобактерий послужило С. Н. Виноградскому основанием для установления хемосинтеза.

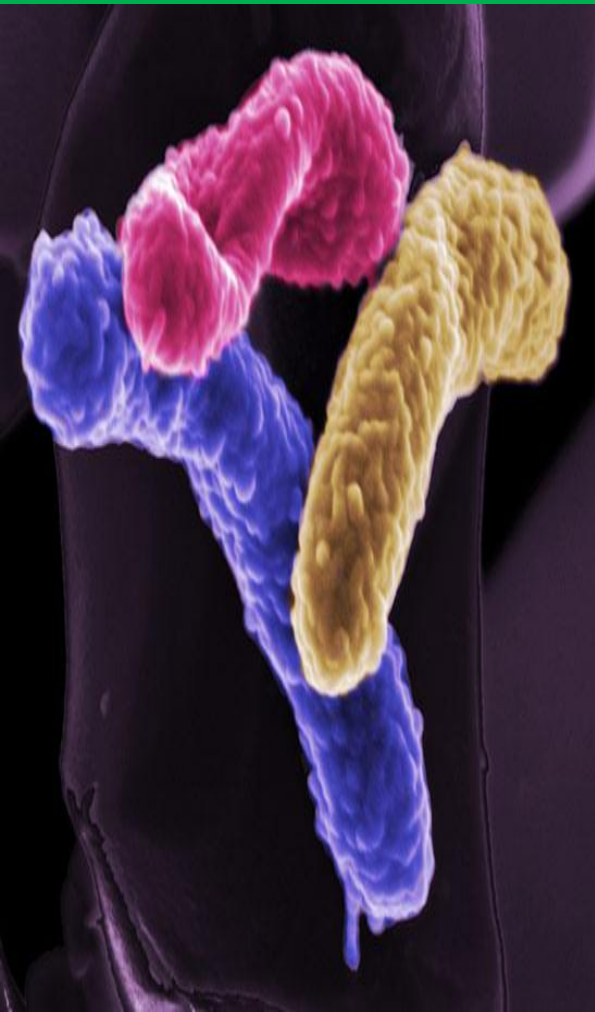
Выделяющаяся свободная сера накапливается в их клетках в виде множества крупинок.

При недостатке сероводорода серобактерии производят дальнейшее окисление находящейся в них свободной серы до серной кислоты:



Водородные бактерии (*Hydrogenophilus*)

способны окислять молекулярный водород, являются умеренными термофилами (растут при температуре +50 °С)



- **Водородные бактерии** - наиболее многочисленная и разнообразная группа хемосинтезирующих организмов, получающие для роста энергию в результате окисления молекулярного водорода и использующие образующуюся при этом энергию для усвоения углерода.
- Окисляют водород, постоянно образующийся при анаэробном разложении различных органических остатков микроорганизмами

ПОЧВЫ :

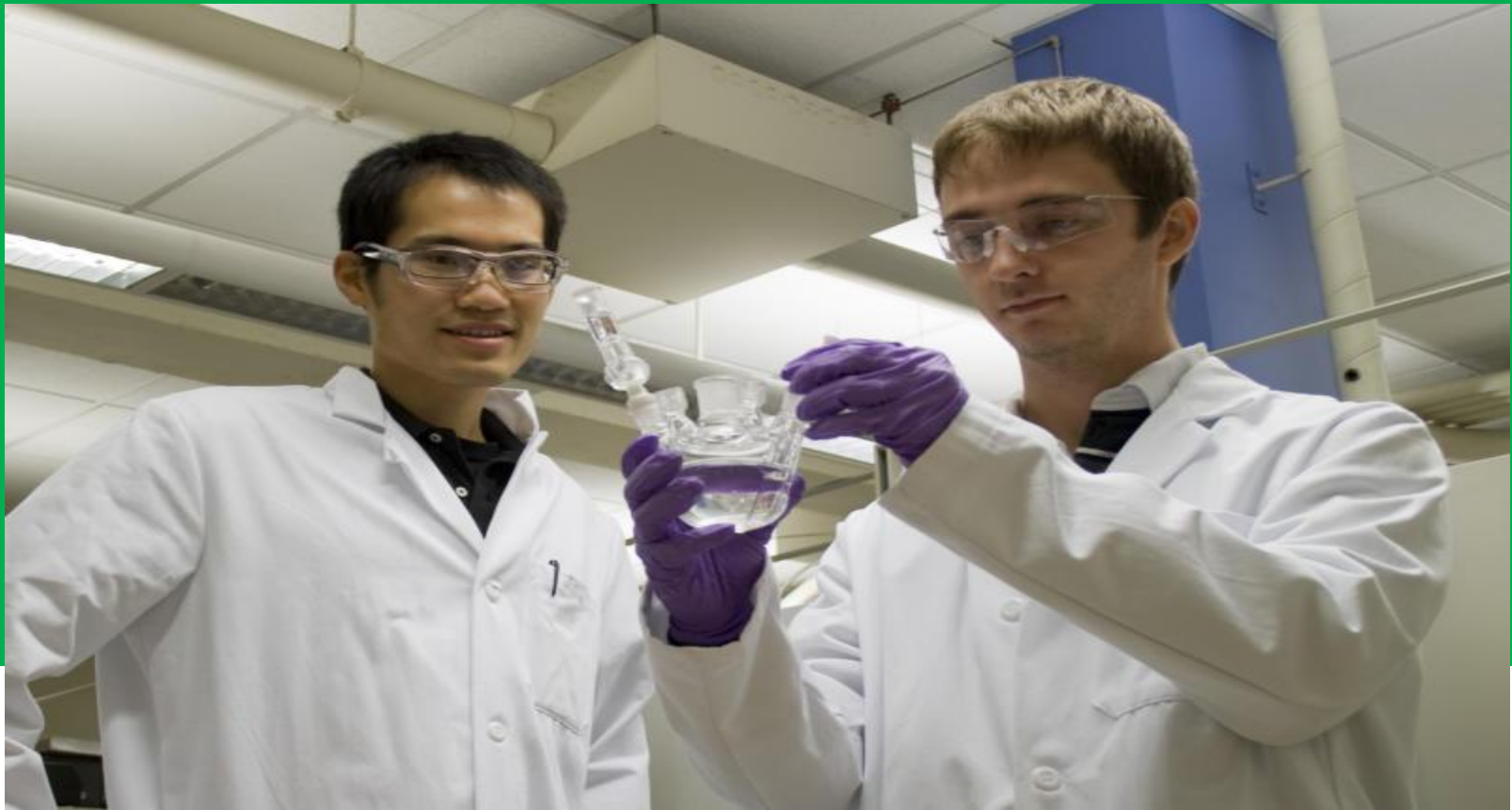


Водородные бактерии характеризуются:

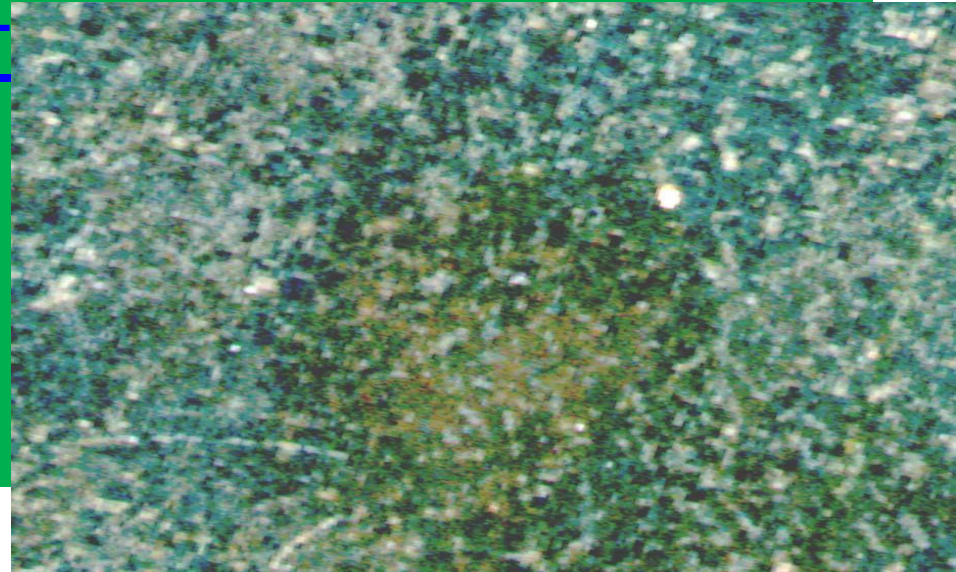
- Высокой скоростью роста
- Дают большую биомассу
- В зависимости от субстрата могут быть как автотрофами, так и гетеротрофами (миксотрофами)

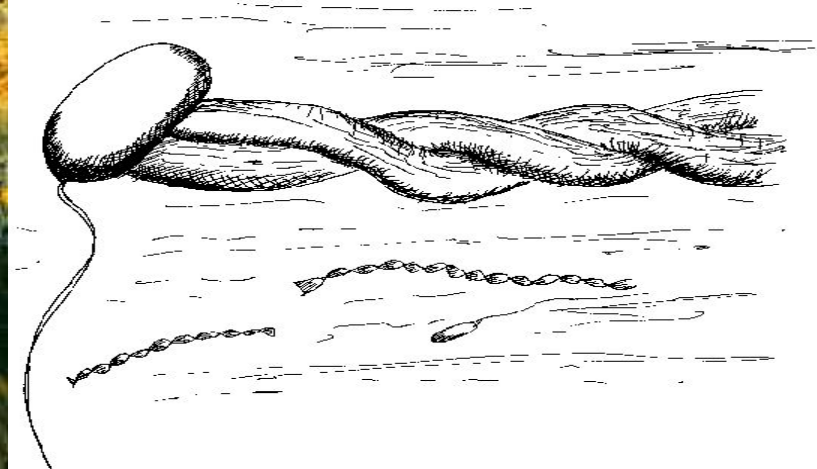
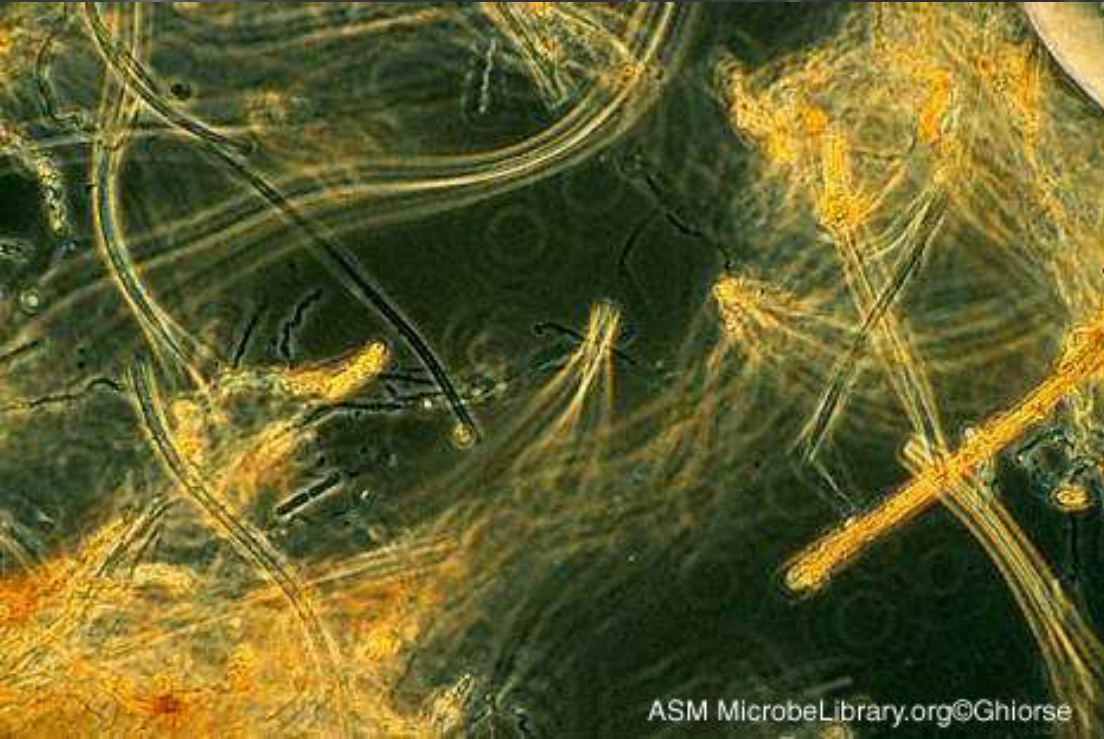
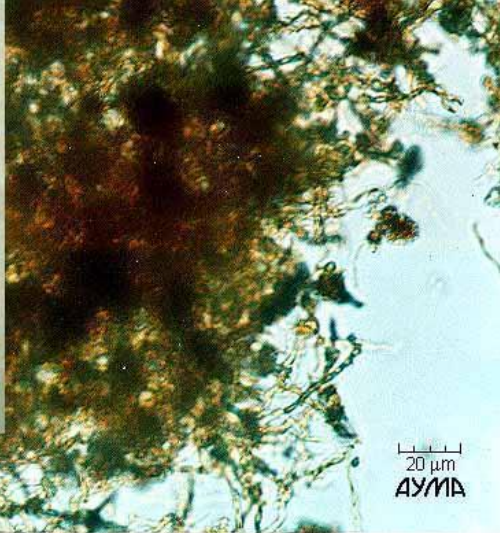
- Впервые водородные бактерии были описаны [А. Ф. Лебедевым](#) и Г. Казерером в [1906 году](#), а в [1909 году](#) С. Орла-Йенсен выделил их в самостоятельный род *Hydrogenomonas*.

Водородные бактерии используются учеными для получения белка и очистки атмосферы от углекислого газа, особенно это необходимо в замкнутых экологических системах.

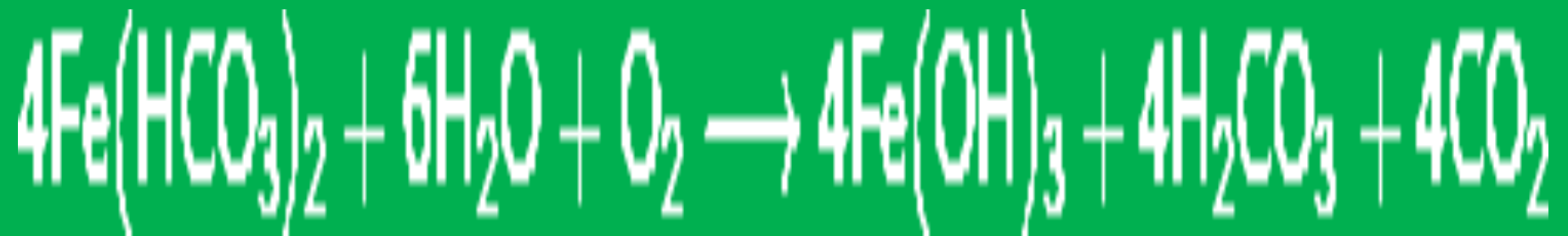


Железобактерии - (*Geobacter*, *Gallionella*)
бактерии, способные окислять
двухвалентное железо до
трёхвалентного и использовать
освобождающуюся при этом энергию на
усвоение углерода из углекислого газа
или карбонатов. Железобактерии были
открыты С. Н. Виноградским





Окисление протекает следующим образом:



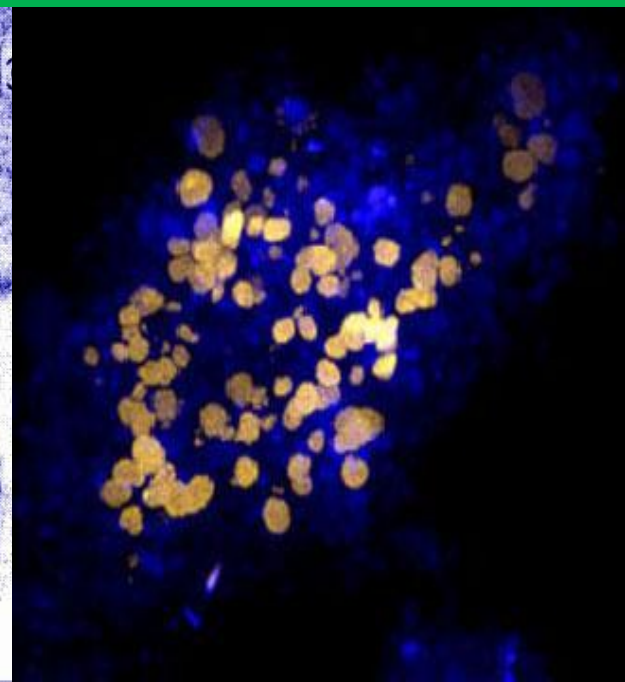
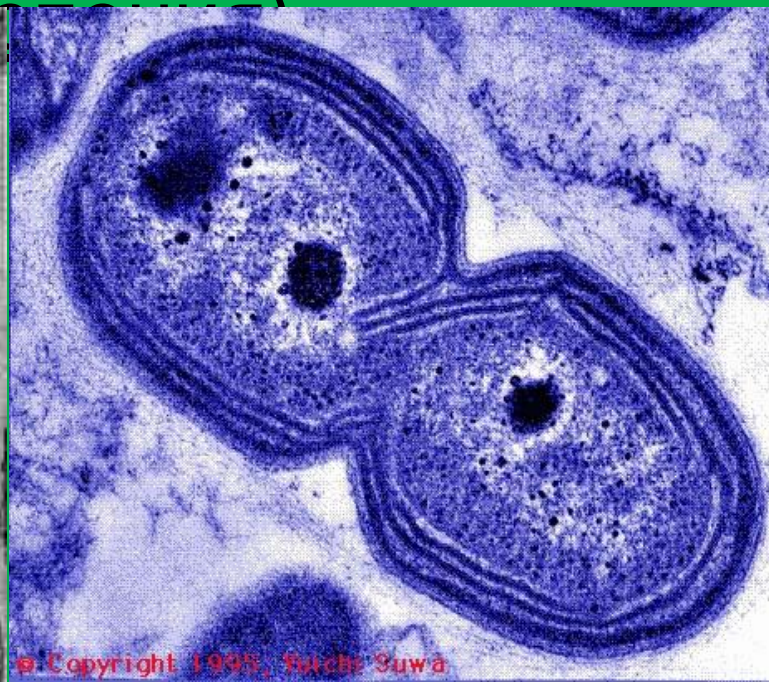
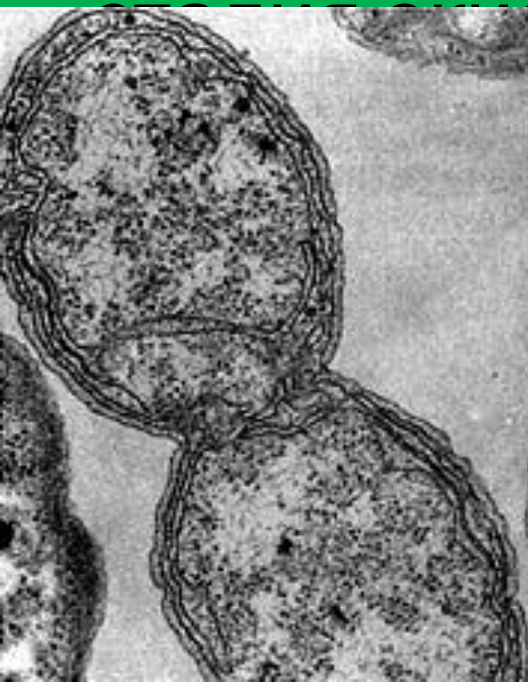
Железобактерии превращают закисное железо в окисное. Образованная гидроокись железа оседает и образует так называемую болотную железную руду.



Нитрифицирующие бактерии

(*Nitrobacteraceae*, *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*)

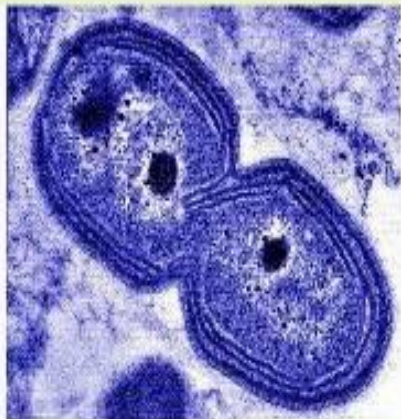
окисляют аммиак, образующийся в процессе гниения органических веществ, до азотистой и азотной кислот, которые, взаимодействуя с почвенными минералами, образуют нитриты (1-ая стадия окисления) и нитраты (2-ая



- 1) $2\text{NH}_3 + 3\text{O}_2 = 2\text{HNO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 158 \text{ ккал}$
- 2) $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{HNO}_3 + 48 \text{ ккал}$

Бактерии первой фазы нитрификации представлены четырьмя родами: *Nitrosomonas*, *Nitrosocystis*, *Nitrosolobus* и *Nitrospira*. Из них наиболее изучен вид *Nitrosomonas europaea*, хотя получение чистых культур этих микроорганизмов, как и других нитрифицирующих хемоавтотрофов, до сих пор остается достаточно сложным.

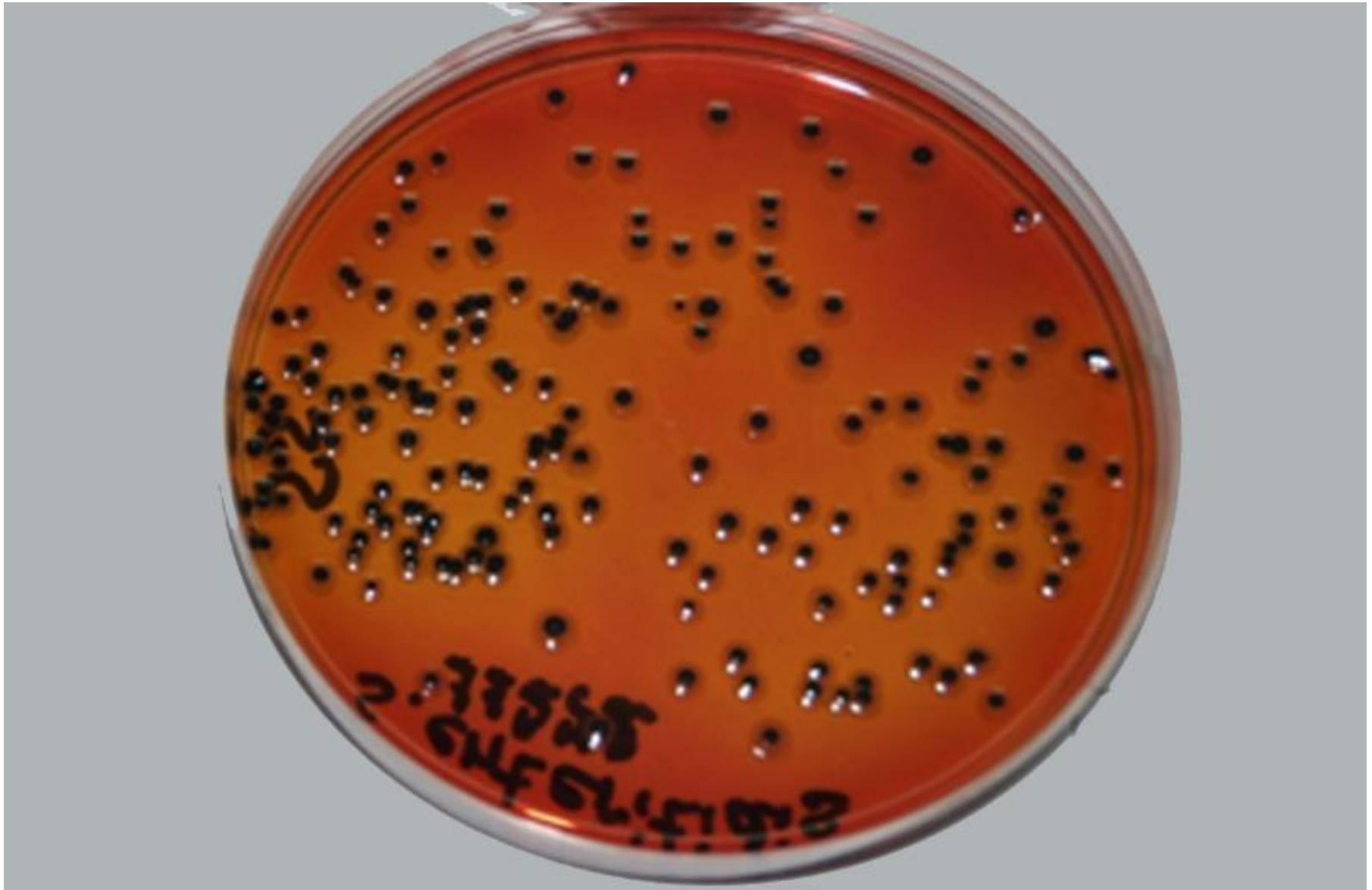
Среди бактерий второй фазы нитрификации различают три рода: *Nitrobacter*, *Nitrospina* и *Nitrococcus*



Тионовые бактерии (*Thiobacillus*, *Acidithiobacillus*) способны окислять тиосульфаты, сульфиты, сульфиды и молекулярную серу до серной кислоты (часто с существенным понижением pH раствора), процесс окисления отличается от такового у серобактерий (в частности тем, что тионовые бактерии не откладывают внутриклеточной серы).



К ним относятся многие фототрофные пурпурные и зеленые бактерии, некоторые цианобактерии, а также ряд нефотосинтезирующих бактерий. Обитают в пресных и соленых водах, в серных источниках с невысоким содержанием H_2S . Активно участвуют в круговороте серы в природе. Вызывают аэробную коррозию металлов, разрушение бетонных сооружений и т. д. Способность превращать H_2S в процессе аноксигенного фотосинтеза позволяет использовать их для биологической очистки воды от этого токсичного соединения.



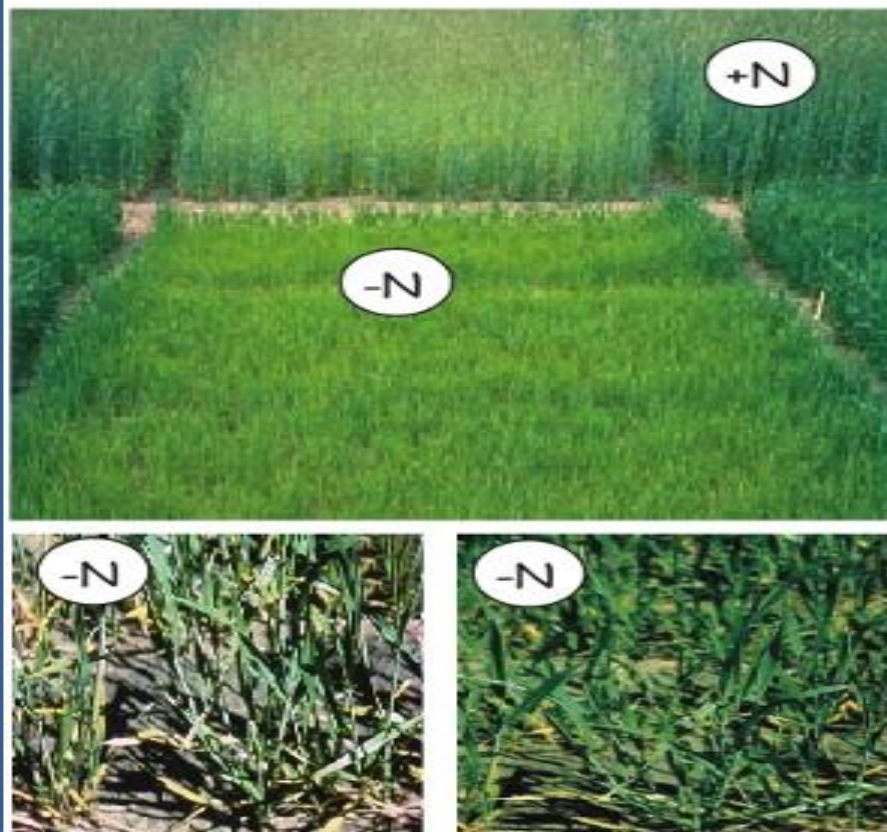
Метанобразующие бактерии —

анаэробные бактерии, способные получать энергию за счет восстановления CO_2 до метана (CH_4); некоторые из них способны также сбрасывать метиловый спирт или уксусную кислоту, при этом метан образуется из углерода метильной группы. Не образуют спор, трудно выделяются в чистой культуре. Используются для получения биогаза из органических отходов.

Распространение и экологические функции

Хемосинтезирующие организмы (напр, серобактерии) могут жить в океанах на огромной глубине, в тех местах, где из разломов земной коры в воду выходит сероводород. Хемосинтетика — единственные организмы на земле, не зависящие от энергии солнечного света. Роль хемосинтетиков для всех живых существ очень велика. Они являются неременным звеном природного круговорота важнейших элементов: S, Fe и др. Хемосинтетика важны также в качестве природных потребителей таких ядовитых веществ, как аммиак и сероводород.

Огромное значение
имеют
нитрифицирующие
бактерии, которые
обогащают почву
нитритами, — в
основном именно в
форме нитратов
растения
усваивают азот.



Биомасса «подземной биосферы», которая находится, в частности, под морским дном и включает хемосинтезирующих анаэробных метаноокисляющих архебактерий, может превышать биомассу остальной биосферы.



2. Хемосинтез как этап
утилизации энергии первичной
продукции и как
процесс новообразования
органического вещества

Хемосинтез - процесс синтеза из углекислого газа органических веществ, который происходит за счет энергии, выделяемой при окислении аммиака, сероводорода и других химических веществ, в ходе жизнедеятельности микроорганизмов. У хемосинтеза также есть и другое название - хемолитоавтотрофия.

- В отличие от фотосинтеза в хемосинтезе вместо энергии света используется энергия, которая образуется в результате окислительно-восстановительных реакций. Этой энергии должно быть достаточно для синтеза аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ), а её количество должно превышать 10 ккал/моль. Некоторые из окисляемых веществ отдают свои электроны в цепь уже на уровне цитохрома, и таким образом создаётся

Из-за очень большого расхода энергии все хемосинтезирующие бактерии, кроме водородных, образуют довольно мало биомассы, но при этом они окисляют большой объем неорганических веществ.

Хемосинтезирующие бактерии образуют органическое вещество в результате экзотермических процессов окисления некоторых восстановленных соединений. Источником энергии для хемосинтезирующих бактерий служит окисление водорода, метана, аммиака или закисного железа.

Если эти вещества, поступившие из вне, образовались в результате разложения автохтонных органических веществ, естественно, **хемосинтез не играет никакой роли в образовании» первичной продукции.** В этом случае деятельность хемосинтезирующих бактерий есть не что иное, как этап утилизации энергии первичной продукции. Образование органических веществ в результате хемосинтетических процессов может рассматриваться как первичная продукция только в том случае, когда вещества, служащие источником для хемосинтеза, поступают в водоем извне, подобно приходящей солнечной радиации.

**3. Роль в
биогеохимическом
круговороте простых
элементов: водорода,
азота, серы, железа.**

Водород.

- В земной коре свободный водород неустойчив. Он быстро соединяется с кислородом, образуя воду, а также участвует в других реакциях.
- Организмы закрепляют водород в биосфере планеты, связывая его не только в органическом веществе, но и участвуя в фиксации водорода минеральным веществом почвы. Это становится возможным в результате диссоциации кислотных продуктов метаболизма с высвобождением иона H^+ . Последний, как правило, образует с молекулой воды посредством водородной связи ион

- **Азот и его соединения** играют в жизни биосферы важную и незаменимую роль.
- Основным резервуаром азота в биосфере также является воздушная оболочка. Около 80% всех запасов азота сосредоточено в атмосфере планеты, что связано с направлением биогеохимических потоков соединений азота, образующихся при денитрификации. Основной формой, в которой содержится азот в атмосфере, является молекулярная – N_2 . В качестве незначительной примеси в атмосфере содержатся различные оксидные соединения азота NO_x , а также аммиак NH_3 . Последний в условиях земной атмосферы наиболее неустойчив и легко окисляется.
- Первичный азот в атмосфере, вероятно, появился в результате процессов дегазации верхней мантии и из вулканических выделений.

В отличие от углерода, атмосферный азот не может напрямую использоваться высшими растениями. Поэтому ключевую роль в биологическом круговороте азота играют **организмы-фиксаторы**. Это микроорганизмы нескольких различных групп, обладающие способностью путём прямой фиксации непосредственно извлекать азот из атмосферы и, в конечном счёте, связывать его в почве.

К ним относятся:

- некоторые свободноживущие почвенные бактерии;
- симбионтные клубеньковые бактерии (существующие в симбиозе с бобовыми);
- цианобионты, которые также бывают симбионтами грибов, мхов, папоротников, а иногда и высших растений.

В результате деятельности организмов – фиксаторов азота он связывается в почвах в нитритной форме (соединения на основе NH_3).

Таким образом, основными специфическими чертами круговорота азота в биосфере можно считать следующие:

- преимущественную концентрацию в атмосфере, играющей исключительную роль резервуара, из которой живые организмы черпают запасы необходимого им азота;
- ведущую роль в круговороте азота почв и, в особенности, почвенных микроорганизмов, деятельность которых обеспечивает переход азота в биосфере из одних форм в другие

Сера.

- Она относится к числу химических элементов, наиболее необходимых для живых организмов. В частности, она является компонентом аминокислот. Она предопределяет важные биохимические процессы живой клетки, является незаменимым компонентом питания растений и микрофлоры.
- Содержание серы в земной коре составляет $4,7 \times 10^{-2}\%$, в почве – $8,5 \times 10^{-2}\%$, в океане – $8,8 \times 10^{-2}\%$ (Виноградов, 1962). Однако, в засоленных почвах содержание серы может достигать значений, измеряемых целыми процентами.
- В составе земной коры соединения серы существуют, в основном, в двух минеральных формах: сульфидной (соли сероводородной кислоты) и сульфатной (соли серной кислоты).

Биогеохимический цикл серы состоит из 4 стадий

- **усвоение** соединений серы живыми организмами (растениями и бактериями) и включение серы в состав белков и аминокислот.
- **Превращение** органической серы живыми организмами (животными и бактериями) в конечный продукт – сероводород.
- **Окисление** минеральной серы живыми организмами (серобактериями, тионовыми бактериями) в процессе сульфатредукции. На этой стадии происходит окисление сероводорода, элементарной серы, ее тио- и тетрасоединений.
- **Восстановление** минеральной серы живыми организмами (бактериями) в процессе десульфификации до сероводорода. Таким образом, важнейшим звеном всего биогеохимического цикла серы в биосфере является биогенное образование сероводорода.

Таким образом, к характерным особенностям круговорота серы можно отнести второстепенную роль процессов атмосферной миграции, а также многообразие форм нахождения, обусловленное переходом её из сульфидных форм в сульфатные и обратно, в зависимости от изменения окислительно-восстановительных условий.

Железо по распространенности занимает второе место после алюминия среди металлов и четвертое среди всех элементов земной коры.

- Биогеохимические циклы железа в решающей степени зависят от условий увлажнения, реакции среды, степени аэрации почвы, условий разложения органического вещества. Соединения железа активно мигрируют с боковым внутрипочвенным стоком, образуя скопления конкреций в болотах. Луговых и глеевых почвах, мелководных озерах и лагунах.

Заключение

- Благодаря хемосинтезу бактерии активно участвуют в экологических процессах:
- Нитрифицирующие бактерии участвуют в круговороте азота в биосфере;
- Серобактерии, образуя серную кислоту способствуют постепенному разрушению и выветриванию горных пород, разрушению каменных и металлических сооружений; выщелачивают руды и серные месторождения;
- Водородные бактерии участвуют в окислении водорода, накапливающегося в результате жизнедеятельности некоторых микроорганизмов, в природных условиях

- Значение хемосинтеза в жизнедеятельности человека:
- Нитрифицирующие бактерии участвуют в почвообразовательном процессе, их жизнедеятельность способствует повышению урожайности с/х культур;
- Серобактерии, окисляющие серу до сульфатов, участвуют в очищении промышленных сточных вод; скопления выделяющегося в результате деятельности железобактерий $\text{Fe}(\text{OH})_3$, образуют болотную железную руду;
- водородные бактерии используются для получения пищевого и кормового белка;
- также для регенерации атмосферы в замкнутых системах жизнеобеспечения (например система "Оазис-2", которая была испытана на космическом корабле "Союз-3").

Список литературы:

1. Колесников С.И. Экология. – Ростов на Дону: «Феникс», 2003.
2. Николайкин Н.И. Экология.: Учеб. для вузов/ Николайкин Н.Н., Николайкина Н.Е., Мелехина О.П. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Дрофа, 2003.
3. Петров К.М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы: Учебн. пособие. 2-е изд.- СПб.; Химия, 1998.
4. Современная микробиология. Прокариоты: В 2-х томах. Пер. с англ./Под ред. И. Ленглера, Г. Дрекса, Г. Шлегеля. — М.: Мир, 2005.
5. Умаров М. М., Кураков А. В., Степанов А. Л. Микробиологическая трансформация азота в почве. — М.: ГЕОС, 2007.
6. Хотунцев Ю.Л. Экология и экологическая безопасность: Учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2002.
7. Шилов И.А. Экология: Учеб. для биол. и мед. спец. вузов И.А. Шилов.-4-е изд., испр.- М.: Высшая школа, 2003.