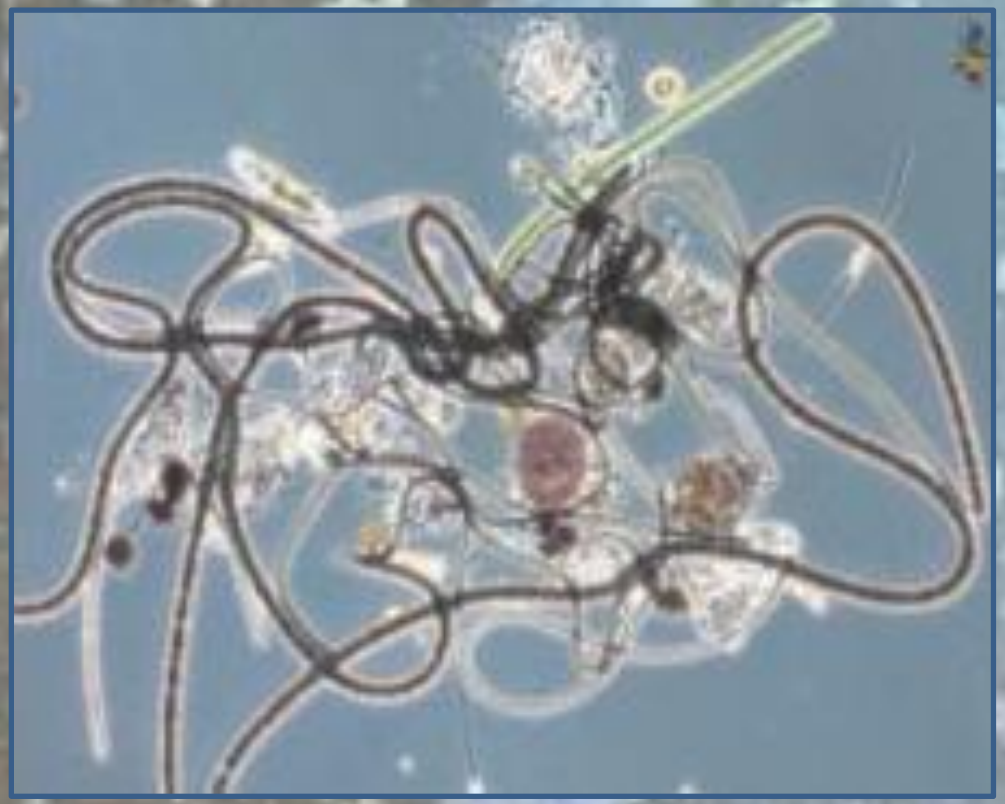
Хемосинтез

хемосинтез

- Способ автотрофного питания, при котором источником энергии для синтеза органического вещества служат процессы окисления различных неорганических веществ: аммиака, сероводорода, серы, водорода, соединения железа….
- Источником водорода является вода

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.

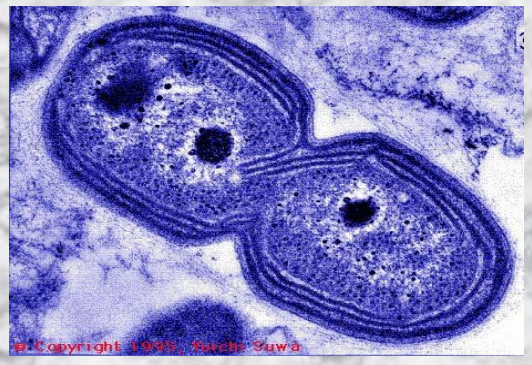
Нитрифицирующие бактерии

Способны окислять аммиак, образующийся при гниении органических остатков сначала до азотистой, а затем до азотной кислоты.

$$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 663 \text{ кДж}$$

$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 142 \text{ кДж}$$

Азотная кислота реагируя с минеральными соединениями почвы образует нитраты, которые хорошо усваиваются растениями



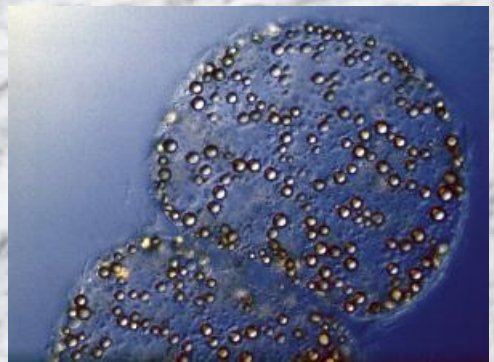
Бесцветные серобактерии

Окисляют сероводород и накапливают в своих клетках серу:

$$2\ H_2S + O_2 = 2\ H_2O + 2\ S + 272\ кДж$$

При недостатке сероводорода , бактерии производят дальнейшее окисление серы до серной кислоты:

$$2\ S + 3\ O_2 + 2\ H_2O = 2H_2SO_4 + 636\ кДж$$



Железобактерии

Окисляют двухвалентное железо до трёхвалентного

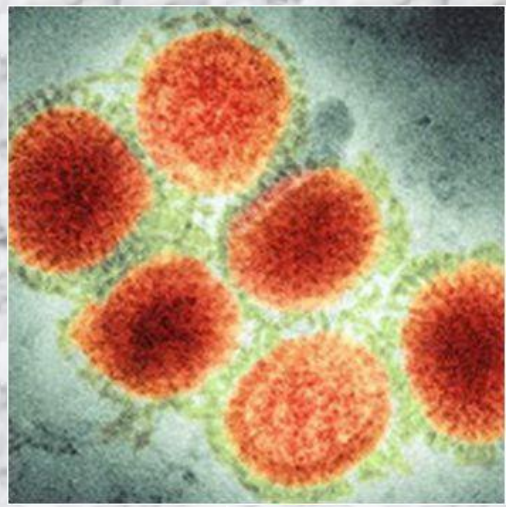
$$4\ FeCO_3 + O_2 + 6\ H_2O = 4\ Fe(OH)_3 + 4\ CO_2 + 324\ кДж$$

Железобактерии живут в рудничных водах, содержащих различные соединения металлов, в том числе и железа. Человек использует свойства этих бактерий при обогащении руд для получения меди, цинка, молибдена.

Водородные бактерии

Используют энергию, выделяющуюся при окислении молекулярного водорода

$$2H_2 + O_2 = 2\ H_2O + 235\ кДж$$



Анаэробные хемоавтотрофы

Важное значение в природе имеют бактерии способные **получать энергию из неорганических соединений в условиях отсутствия кислорода**.

- **Денитрифицирующие бактерии** способны восстановить нитраты до газообразного азота и закиси азота:

$$10H + 2H^+ + 2NO_3^- \rightarrow N_2 + 6H_2O + АТФ$$

В отсутствии данных бактерий содержание азота в атмосфере уменьшилось бы и рост растений и биомассы на Земле остановился.

- **Сульфатредуцирующие бактерии** способны образовывать сероводород из сульфата:

$$8H + SO_4^{2-} \rightarrow H_2S + 2H_2O + 2OH^- + АТФ$$

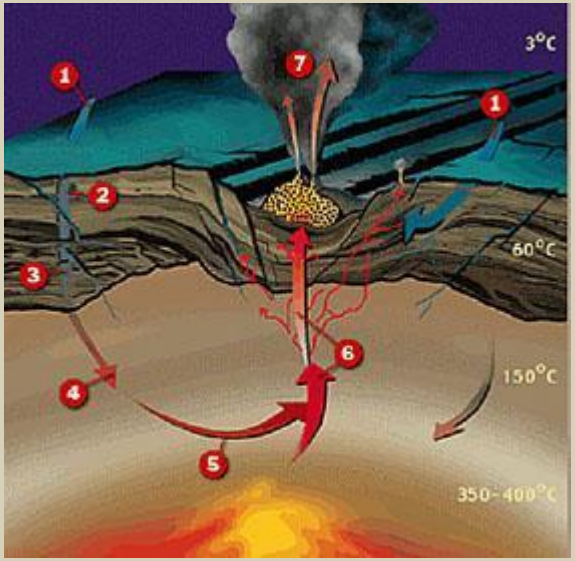
Водород для этой реакции бактерии берут из продуктов гликолиза. Энергия, которая запасается в этом процессе, используется для синтеза органических соединений.

Эти бактерии встречаются сероводородном иле (например, в Черном море на глубине более 200м). Большинстве месторождений серы – это биогенные отложения серы.

Так люди впервые увидели фауну гидротерм, глубоководных «оазисов» на дне океана.

В 1977 г. глазам геологов, спустившихся в подводном аппарате в море в районе Галапагосских островов и достигших дна на глубине 2,6 км, предстала фантастическая
картина. Лучи прожекторов высветили из мрака вечной ночи фантастическое буйство
жизни. В мерцающих струях тёплой воды в углублениях дна, как булочки в корзине, десятками лежали огромные снежно-белые двустворчатые моллюски, гроздьями висели
крупные коричневые мидии, стадами бродили белые раки и крабы, торчали трубки

И это там, где невозможен фотосинтез, где не встречаются растения-продуценты, являющиеся первым звеном пищевой цепи. Мерцающая вода, в которой купались обитатели Райского сада (именно это название было присвоено открытому полю), сильно насыщена сероводородом.

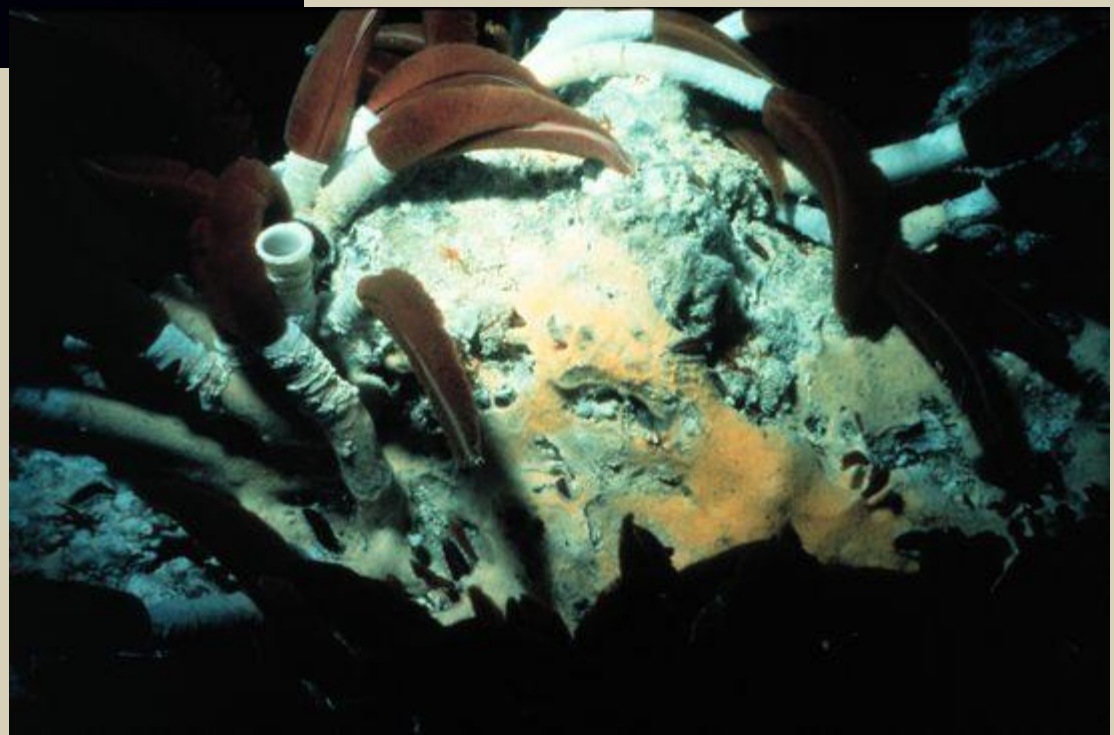


Такие башни с бьющими из них чёрными "дымами" известны сейчас

под именем чёрных курильщиков.

вестиментиферы, относятся к классу причудливых животных - погонофор

помпейный червь Alvinella



Чем же питаются обитатели здешних сообществ?

Сероводород содержит атом серы в восстановленном виде, легко окисляется с
выделением большого количества энергии. При наличии определенных систем
ферментов эту энергию можно утилизировать, использовав ее для синтеза АТФ.
А энергия АТФ, в свою очередь, может быть использована для восстановления
углерода и синтеза «обычных» питательных веществ (углеводов) из углекислого газа. Необходимые ферментные системы имеются у ряда видов бактерий.
Подобно зеленым растениям, они являются автотрофными организмами, самостоятельно создающими органическое вещество из неорганического.

$$2H_2S + 3O_2 \rightarrow 2SO_2 + 2H_2O + energy$$

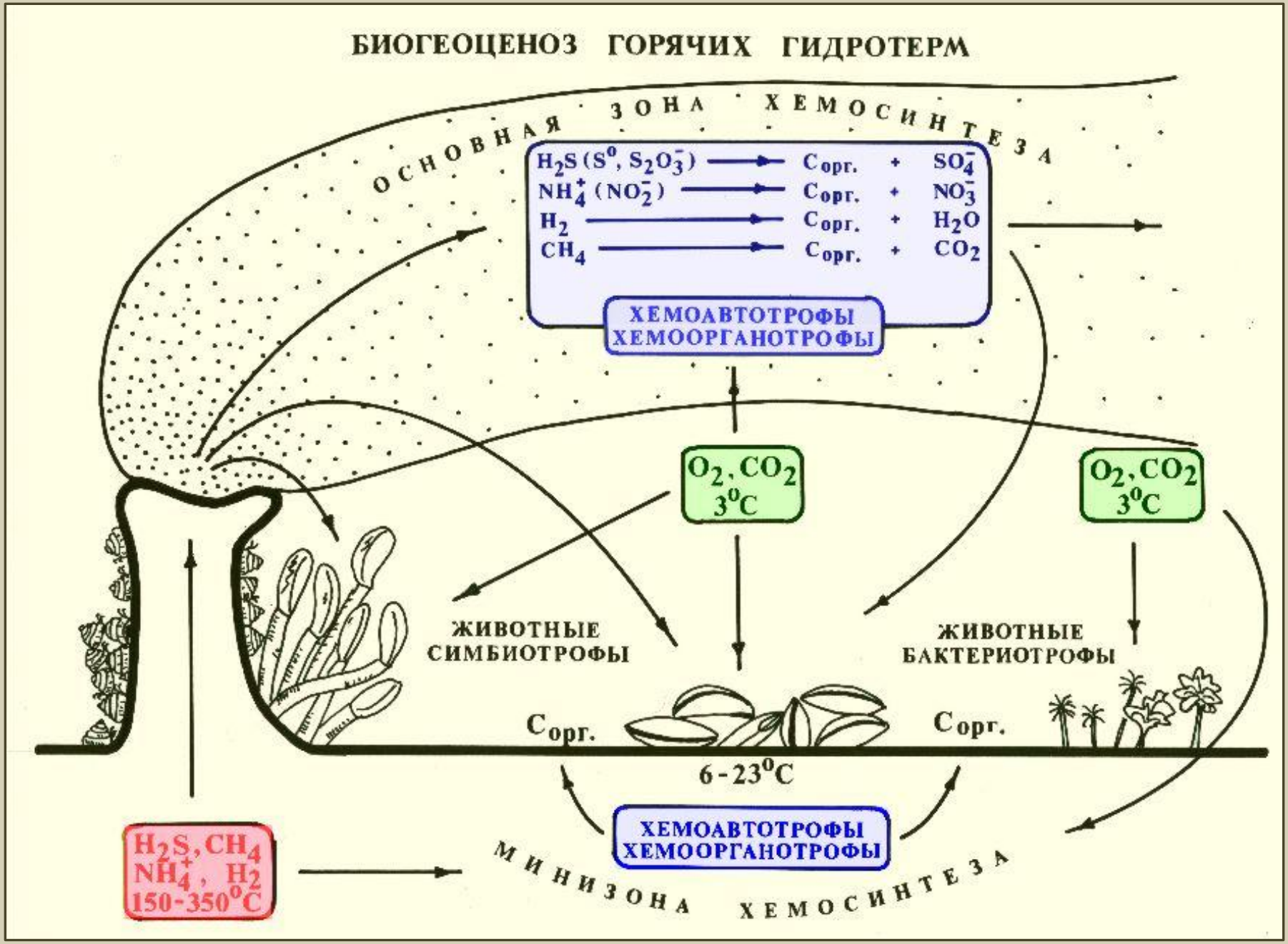
$$CH_4 + 2O_2 \rightarrow 2H_2O + CO_2 + energy$$

$$6H_2O + 6CO_2 + energy \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Эти бактерии живут в темноте и называются **хемотрофами.**

В дело вступают так же бактерии, работающие с водородом, соединениями азота и метаном. И все они синтезируют органику, органику, органику... Конечно, на голодных глубинах на эту органику немедленно находятся потребители.

Hydrogen Sulfide
Sulfur Compounds
Sugar
Carbon Dioxide
Water
Chemosynthesis
$6CO_2 + 6H_2O + 3H_2S \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 3H_2SO_4$
carbon dioxide
water
hydrogen sulfide
sugar
sulfur compounds


БИОГЕОЦЕНОЗ ГОРЯЧИХ ГИДРОТЕРМ
ОСНОВНАЯ ЗОНА ХЕМОСИНТЕЗА
H_2S (S^0, $S_2O_3^-$) → $C_{орг.}$ + SO_4^-
NH_4^+ (NO_2^-) → $C_{орг.}$ + NO_3^-
H_2 → $C_{орг.}$ + H_2O
CH_4 → $C_{орг.}$ + CO_2
ХЕМОАВТОТРОФЫ
ХЕМООРГАНОТРОФЫ
O_2, CO_2
3^oC
O_2, CO_2
3^oC
ЖИВОТНЫЕ СИМБИОТРОФЫ
ЖИВОТНЫЕ БАКТЕРИОТРОФЫ
$C_{орг.}$
$C_{орг.}$
$6-23^oC$
ХЕМОАВТОТРОФЫ
ХЕМООРГАНОТРОФЫ
H_2S, CH_4
NH_4^+, H_2
$150-350^oC$
МИНИЗОНА ХЕМОСИНТЕЗА

Экологическая роль хемосинтеза

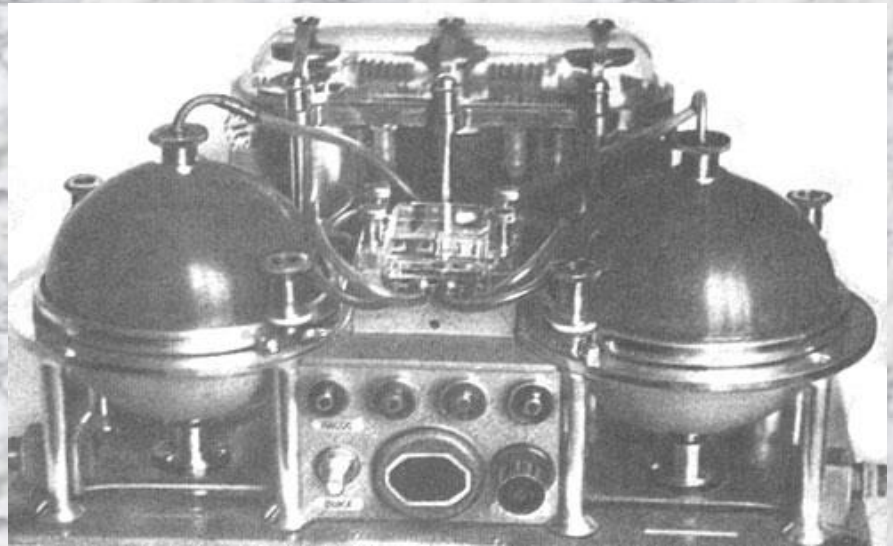
- **Нитрифицирующие бактерии осуществляют круговорот азота в биосфере**

Серобактерии

- Образуя серную кислоту, способствуют разрушению и выветриванию горных пород;
- Разрушают каменные и металлические сооружения
- Выщелачивают руду и серные месторождения
- Очищение промышленных сточных вод

Железобактерии

- **Образуют Fe(OH)3 скопление которого образует болотную железную руду**

Водородные бактерии

- Для получения дешевого кормового и пищевого белка
- Для регенерации атмосферы в замкнутых системах жизнеобеспечения(система Оазис – 2, на космическом корабле «Союз – 3» , 1973 г.)