

Анаболизм
Автотрофное питание
Хемосинтез

С.Н.Виноградский (1887-1890 г.)



Хемосинтез

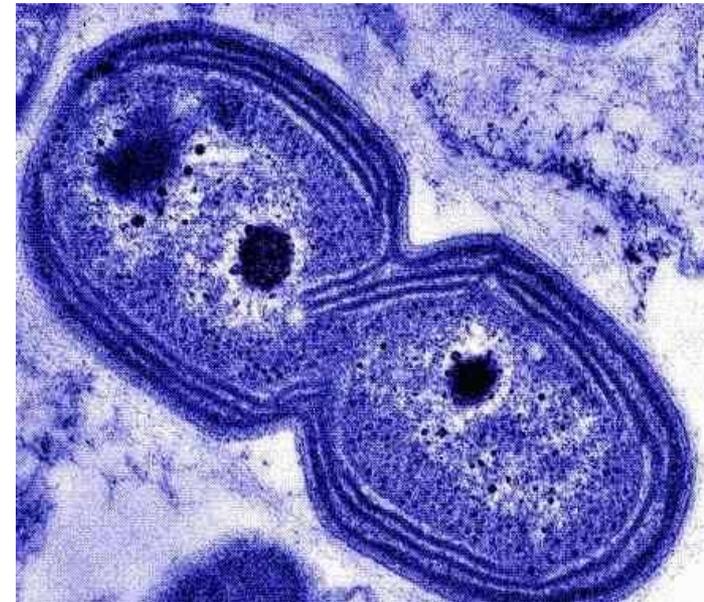
- В природе органическое вещество создают не только зеленые растения, но и бактерии, не содержащие хлорофилла.
 - **Хемосинтез – автотрофный способ питания бактерий, основанный на усвоении CO_2 за счет энергии, выделяющейся при окислении неорганических соединений (а не за счет энергии солнца).**
 - Для этих нужд бактериями обычно используются (окисляются):
 - - водород
 - - сероводород
 - - аммиак
 - - оксид железа (II)
- } Источники энергии
- Окисляясь, эти соединения снабжают бактериальную клетку не только энергией (АТФ), но, зачастую, и водородом для синтеза органических веществ. У **аэробных** бактерий усвоение CO_2 происходит так же, как при фотосинтезе, а окислителем является кислород.

Хемосинтез

- В зависимости от того, какое вещество окисляется, различают несколько групп хемосинтезирующих бактерий:
- - нитрифицирующие бактерии;
- - железобактерии;
- - серобактерии и тионовые бактерии;
- - водородные бактерии.
- Все они являются аэробами.

Хемосинтез

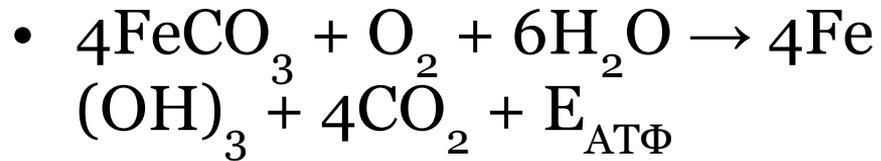
- Нитрифицирующие бактерии – это почвенные бактерии, получающие энергию за счет окисления восстановленных соединений азота (NH_3 и HNO_2).
- Сначала окисляется образующийся при гниении аммиак (нитрификация):
- $2\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{HNO}_2 + \text{H}_2\text{O} + E_{\text{АТФ}}$,
- Азотистая кислота окисляется
- далее другой группой бактерий:
- $2\text{HNO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{HNO}_3 + E_{\text{АТФ}}$



Нитрозомонас

Хемосинтез

- Железобактерии, обитающие в условиях затопленных почв, участвуют в образовании болотных железных руд:



- Выделяющийся при этом углекислый газ служит источником углерода.



Хемосинтез

- Водородные бактерии, широко распространенные в почве и водоемах, окисляют молекулярный водород по схеме, используя его не только как источник энергии, но и непосредственно для образования НАД·Н:

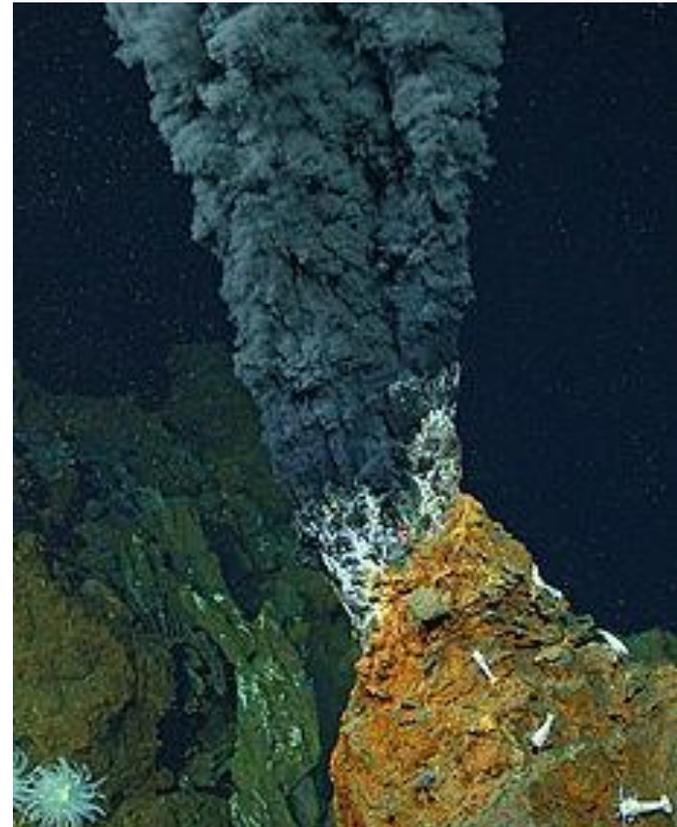


Хемосинтез

- Бесцветные серобактерии широко распространены в месторождениях серы и сульфидных минералов, в почве, илах и грунтах морей, озёр, серных источников и других водоемов, содержащих сероводород, например, в Чёрном море.



- При недостатке сероводорода окисление идет далее:



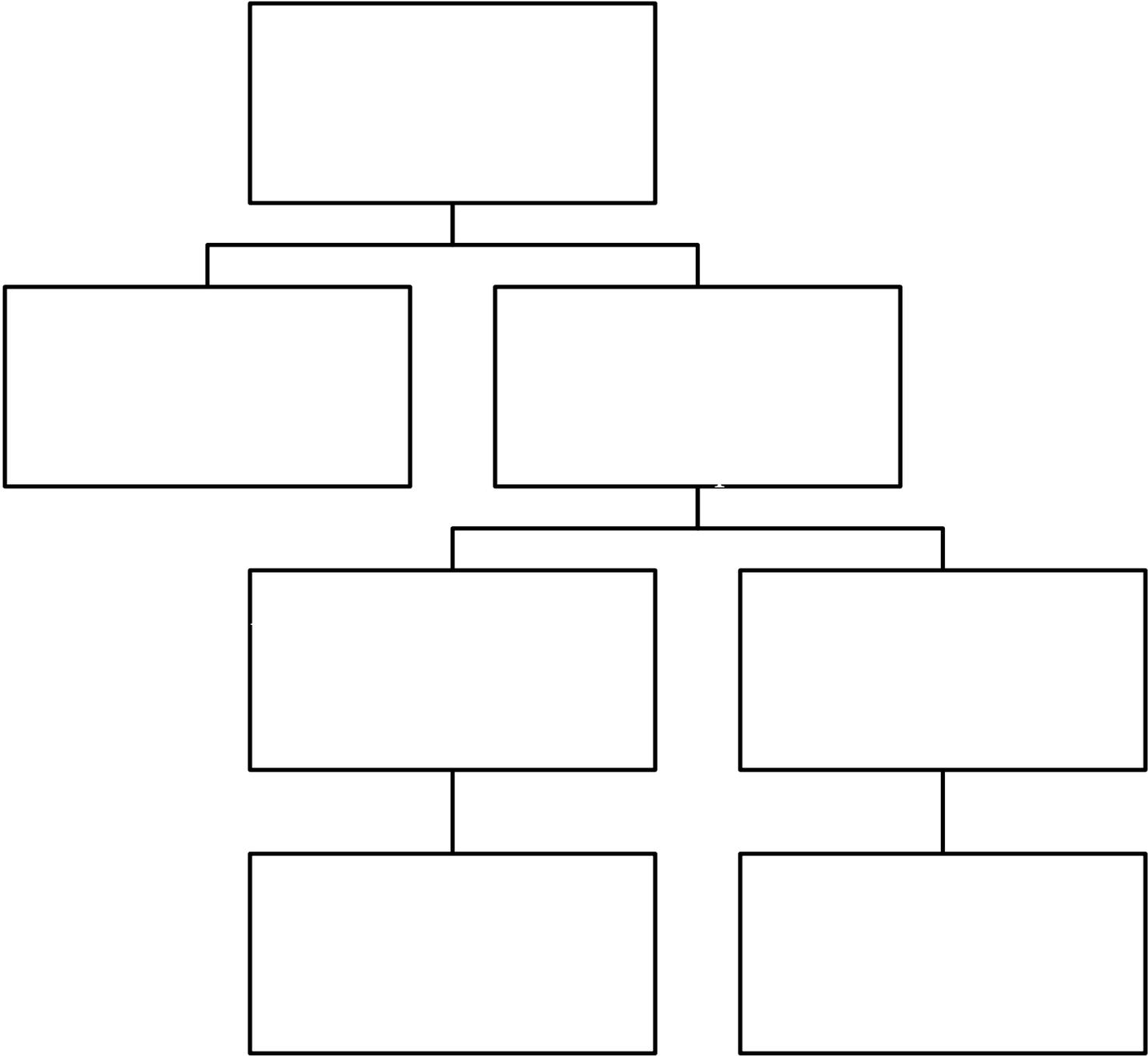
Хемосинтез

- Карбоксидобактерии способны использовать угарный газ CO в качестве источника энергии и углерода. CO в присутствии кислорода или воды окисляется до углекислого газа, который используется в синтетических процессах вместе с образующимися при окислении энергией и НАД·Н.

Хемосинтез

- Метанобразующие архебактерии являются строгими анаэробами – они осуществляют хемосинтез без участия кислорода. Они обитают в затопляемых почвах, болотах, рубце жвачных животных. Энергия выделяется при восстановлении углекислого газа до метана:

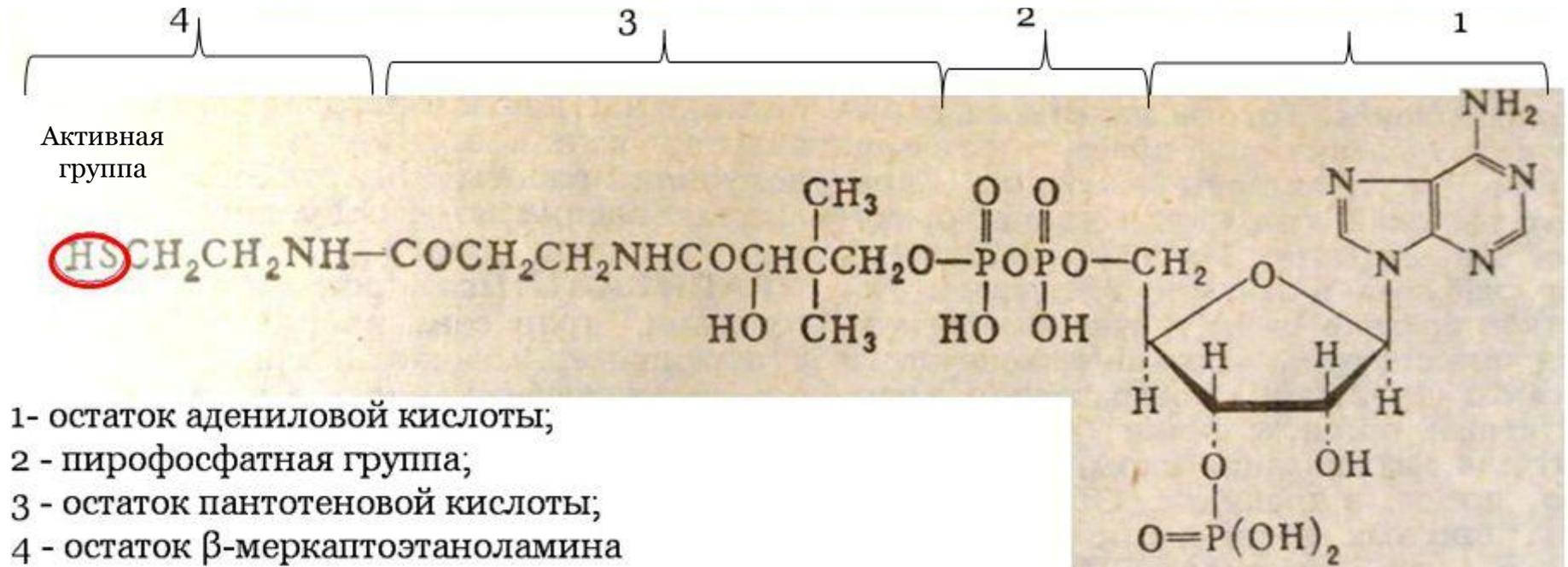




Хемосинтез

- Реакции окисления восстановленных соединений азота, серы, железа – это лишь подготовительный этап при хемосинтезе, аналогичный световой фазе фотосинтеза, когда запасается солнечная энергия в виде молекул АТФ и восстановитель - НАД·Н.
- Для этого у хемосинтезирующих бактерий имеется электрон-транспортная цепь (аналогичная дыхательной цепи в митохондриях, конечный акцептор - кислород), где в процессе окисления какого-нибудь неорганического соединения также образуются АТФ и НАД·Н, которые используются впоследствии для восстановления CO_2 . Т.о. получение энергии (дыхание) у хемосинтетиков является подготовительным этапом при автотрофном типе питания.
- У аэробных бактерий ассимиляция углекислого газа идет также, как и при фотосинтезе (цикл Кальвина), т.е. акцептором CO_2 является 1,5-рибулозодифосфат. У анаэробных бактерий акцептором углекислого газа является ацетил-коэнзим А – сложный белок-переносчик, коферментом для которого является пантотеновая кислота (витамин B_5).

Витамин В₅, пантотеновая кислота как кофермент



- Пантотеновая кислота в составе кофермента А участвует в обмене липидов, углеводов, белков. Недостаточность ее в организме вызывает замедление роста, поражение кожи, поседение волос, нарушение деятельности нервной системы и желудочно-кишечного тракта; у человека встречается редко. Содержится во многих продуктах растительного и животного происхождения, синтезируется микрофлорой.

Значение хемосинтеза

- 1. Основное значение хемосинтеза заключается в том, что он обеспечивает круговорот важнейших элементов с переменной степенью окисления: железа, серы, азота и других.
- 2. Хемосинтетики важны также в качестве природных усвоителей таких ядовитых веществ, как аммиак, сероводород и водород.
- 3. Огромное значение имеют нитрифицирующие бактерии, которые обогащают почву нитритами и нитратами, в форме которых растения усваивают азот.
- 4. Серобактерии способствуют постепенному разрушению и выветриванию горных пород вследствие образования ими серной кислоты, являются причиной порчи каменных и металлических сооружений, их используют для выщелачивания руд.
- 5. Некоторые хемосинтетики (в частности, серобактерии) используются для очистки сточных вод.
- 6. Железобактерии в прошлые геологические эпохи участвовали в образовании залежей железных и марганцевых руд на нашей планете.
- 7. Водородные бактерии используются для получения дешевого пищевого и кормового белка, а также для регенерации (восстановления) атмосферы в замкнутых системах жизнеобеспечения .

- **Домашнее задание § 12**