

ПРОДУЦЕНТЫ - это автотрофные организмы,
вырабатывающие органические вещества из
неорганических



растения

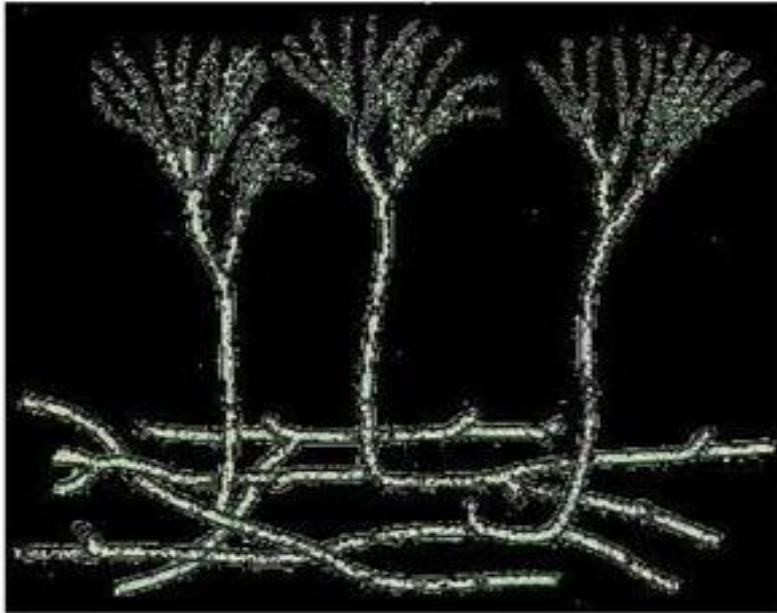


цианобактерии



Хемосинтезирующие
бактерии

РЕДУЦЕНТЫ – гетеротрофные организмы, в основном бактерии и грибы, получающие энергию путем разложения мертвых тканей или поглощения растворенного органического вещества



грибы



бактерии

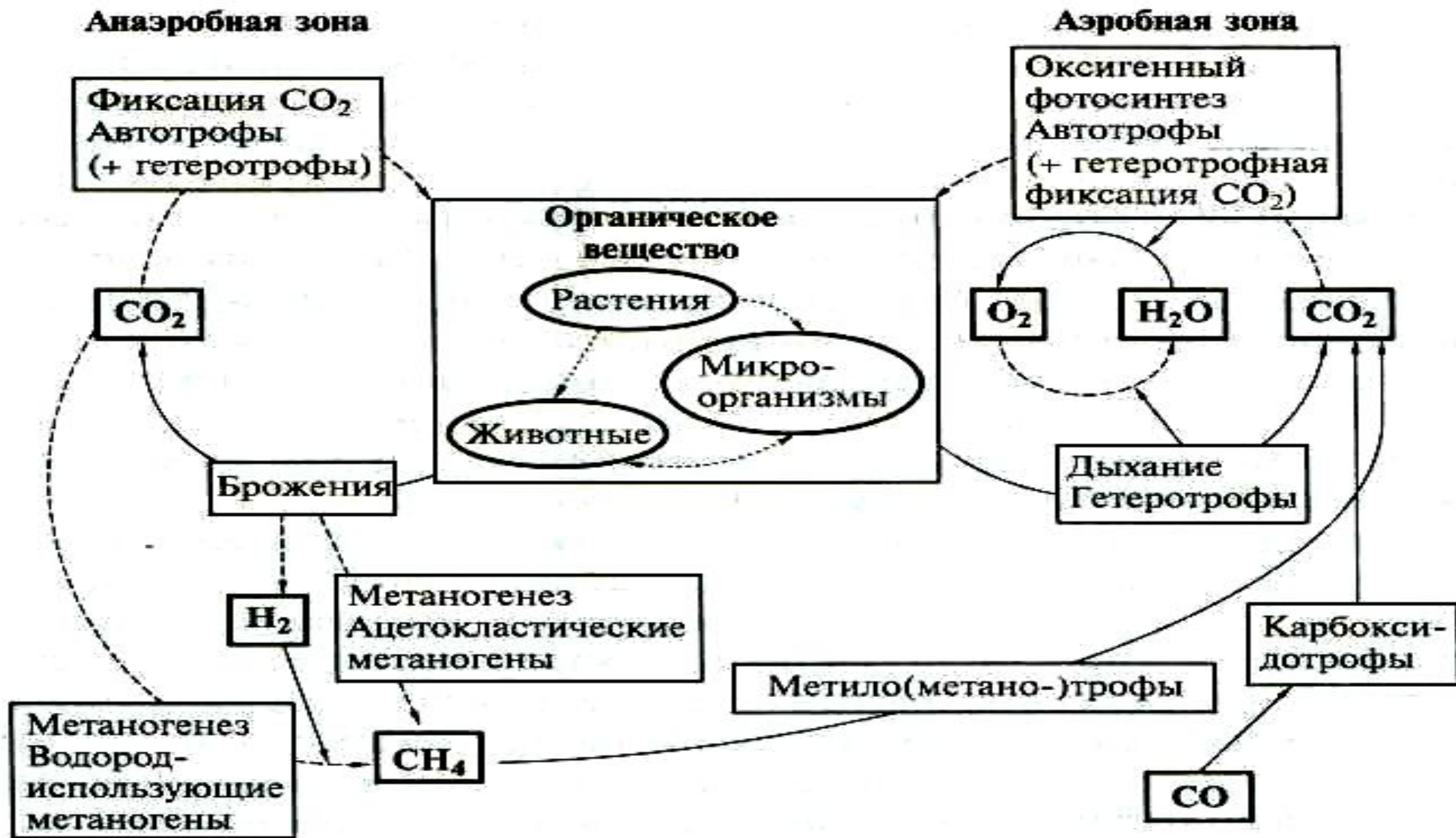
Участие микроорганизмов в круговороте углерода и кислорода

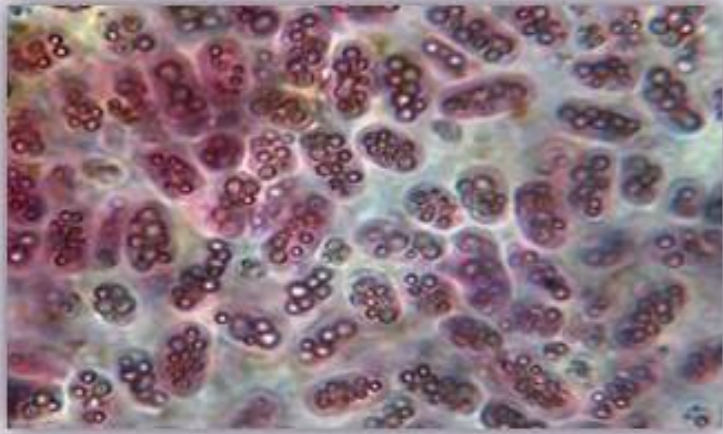
- Центральное место в системе биогеохимических циклов занимает цикл углерода и сопряженный с ним цикл кислорода
- Циклические превращения углерода и кислорода осуществляются главным образом в результате двух процессов:
 - кислородного фотосинтеза
 - аэробного дыхания

Участие микроорганизмов в круговороте углерода и кислорода

- В результате **кислородного фотосинтеза** происходит фиксация углекислого газа, и при этом углерод из окисленной формы переходит в восстановленную, в которой он находится в органических соединениях
- При этом восстановленная форма кислорода (H_2O) окисляется до молекулярного кислорода (O_2)
- При **аэробном дыхании** в результате диссимиляционных процессов происходит минерализация органических веществ, при этом поглощается кислород и выделяется углекислый газ
- При этом происходит окисление органических веществ до углекислого газа и регенерация восстановленной формы кислорода (H_2O)

КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА, КИСЛОРОДА И ВОДОРОДА

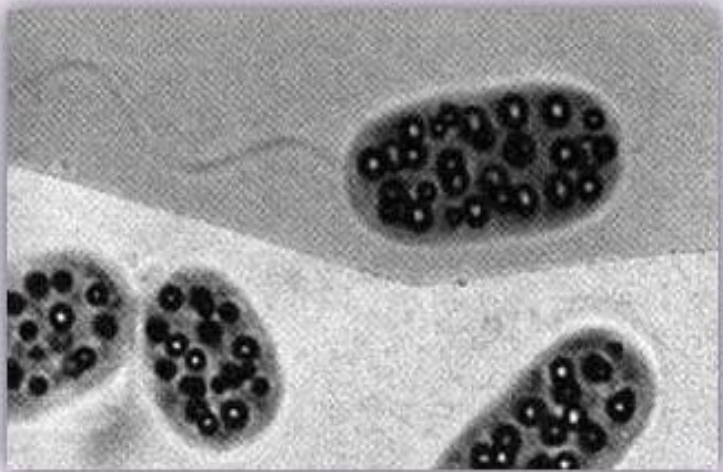




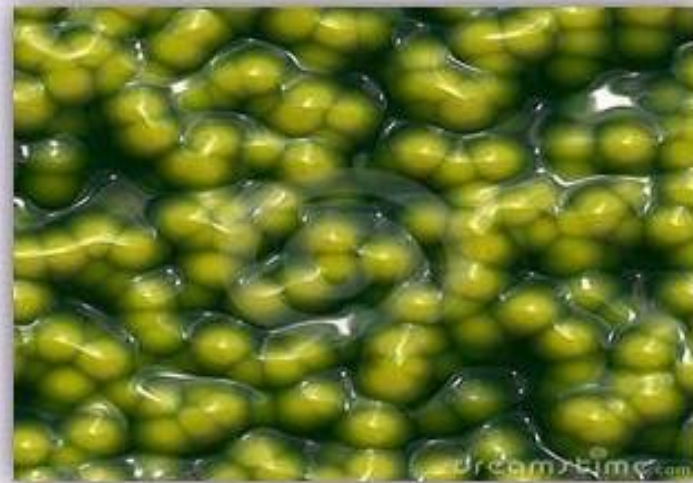
Chromatium okenii



Chlorobium limicola



Thiospirillum jenense



Pelodictyon clothratiforme

Зеленые и пурпурные фототрофные бактерии

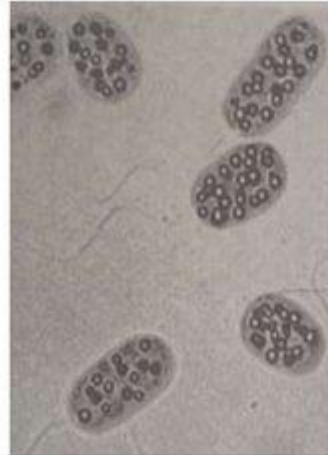
Аноксигенный фотосинтез, содержат бактериохлорофилл

Факультативные или облигатные анаэробы

В основном водные обитатели на средних глубинах (проникает свет, низкая концентрация O_2) В почве – в верхних слоях



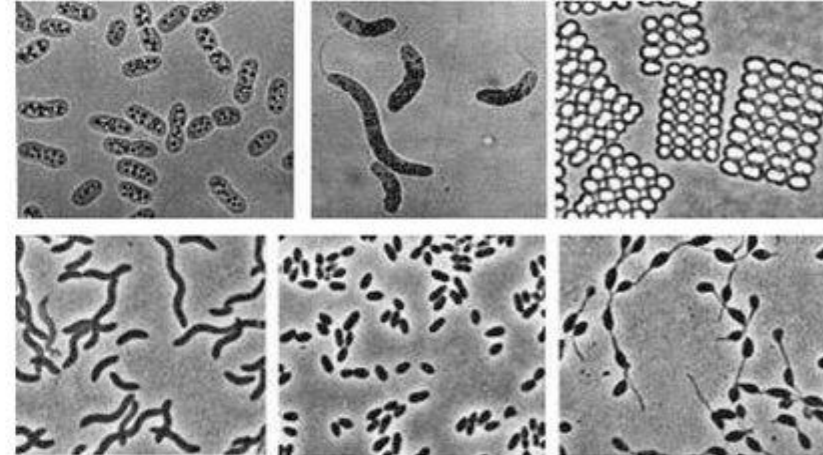
Строение клетки: внутриклеточные мембраны, содержащие бактериохлорофилл



Капли серы в клетках *Chlorobium*

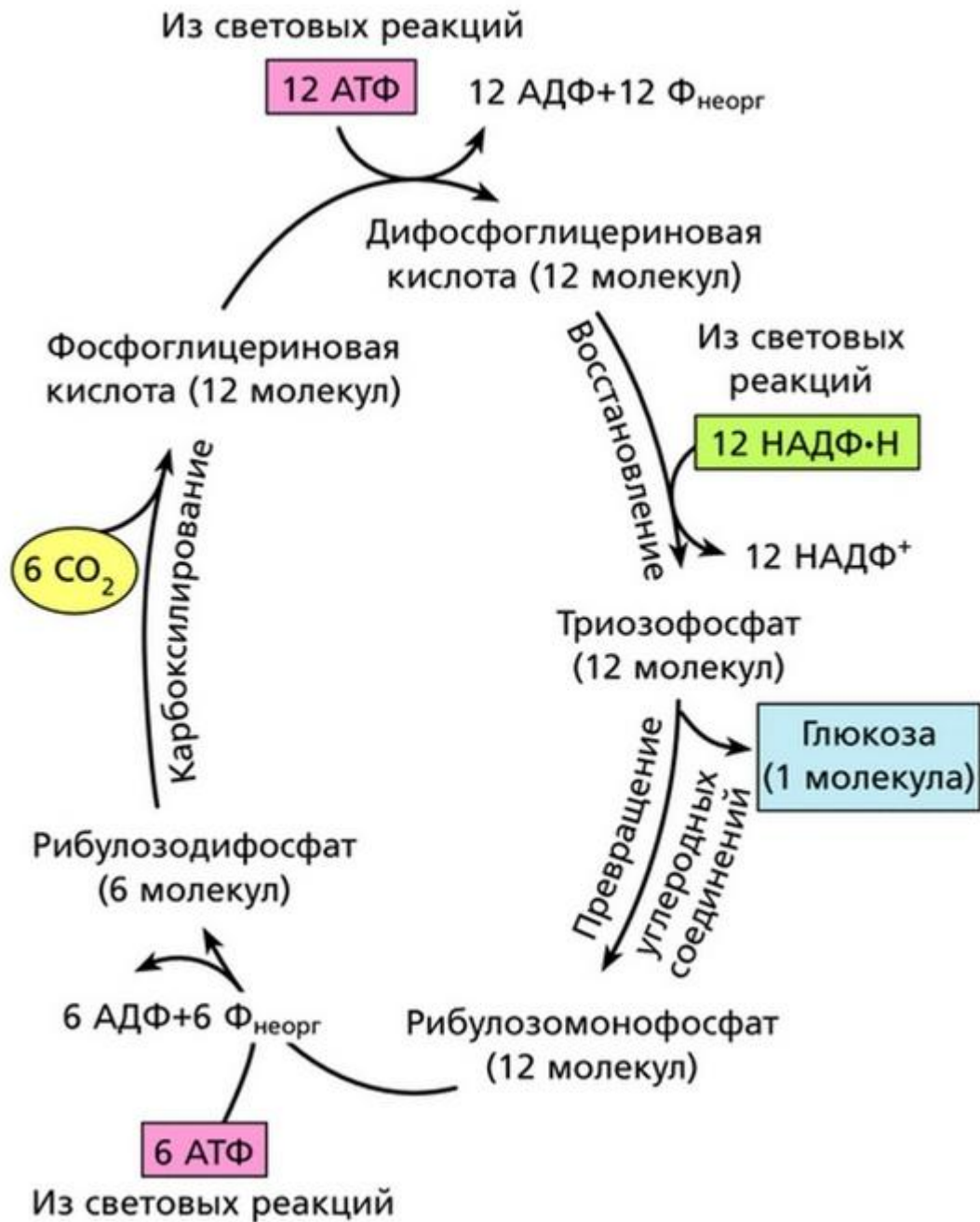


Горячий источник с массовым развитием зеленых бактерий



Морфология различных фототрофных бактерий

| Признак | Пурпурные бактерии | | Зеленые бактерии | |
|--------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | Несерные | Серные | Нитчатые | Серные |
| Донор электронов | Органические соединения, H_2 | H_2S , S^0 , H_2 | Органические соединения, S_2O_3 | H_2S , S^0 , H_2 |
| Источники углерода | Органические соединения | CO_2 | Органические соединения | CO_2 |
| Отношение к O_2 | Факультативные анаэробы | Облигатные анаэробы | Факультативные анаэробы | Облигатные анаэробы |
| Представители | <i>Rhodospirillum</i> | <i>Thiospirillum</i> | <i>Chloroflexus</i> | <i>Chlorobium</i> |



Упрощенная схема цикла Кальвина – пути фиксации углерода при фотосинтезе

Цикл Кальвина состоит из трех стадий:

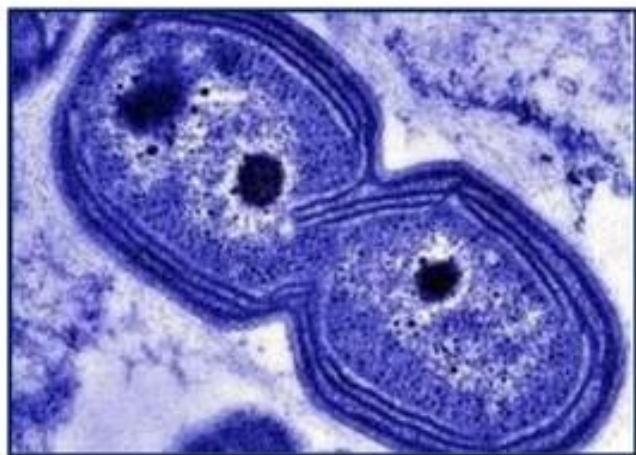
- карбоксилирования,
- восстановления,
- превращения.

- Хемосинтез – это способ автотрофного питания, при котором источником энергии для синтеза органических веществ из CO_2 служат реакции окисления неорганических соединений. Явление хемосинтеза было открыто в 1887 году русским учёным С. Н. Виноградским. Этот способ получения энергии используется только бактериям. (Железобактерии, Серобактерии, Нитрифицирующие бактерии, Водородные бактерии, Метанобактерии)



*С.Н.Виноградский
в 1887 году впервые
открыл процесс
хемосинтеза.*

НИТРИФИЦИРУЮЩИЕ БАКТЕРИИ

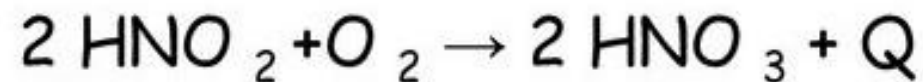
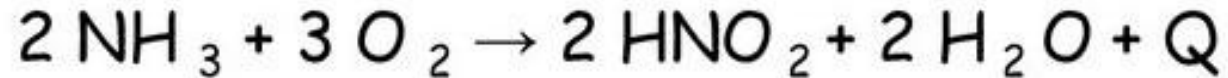


Nitrosomonas



Nitrobacter

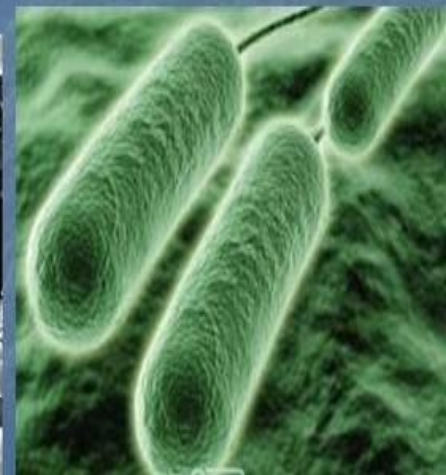
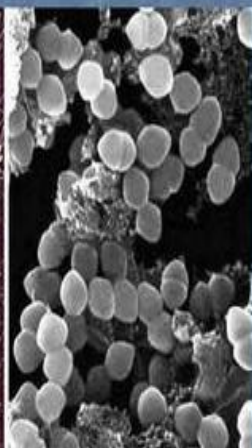
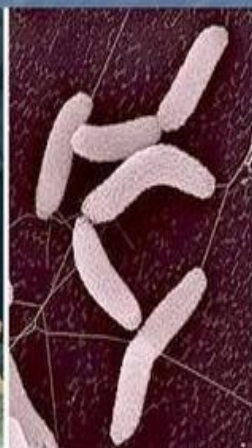
Нитрифицирующие бактерии (Nitrobacteraceae , Nitrosomonas , Nitrosococcus) Окисляют аммиак , образующийся в процессе гниения органических веществ , до азотистой и азотной кислот , которые , взаимодействуя с почвенными минералами , образуют нитриты и нитраты.



Полученную энергию тратят на образование органического вещества из углекислого газа. Широко распространены в почве

Серобактерии

Серобактерии окисляют сероводород до молекулярной серы или до солей серной кислоты.



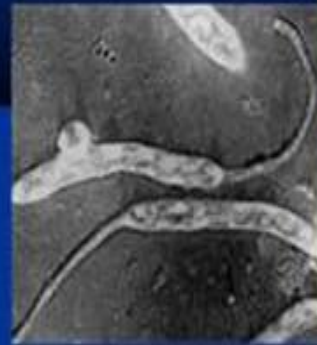
Железобактерии.

Железобактерии окисляют двухвалентное железо Fe^{2+} до трёхвалентного Fe^{3+} .

$$4Fe^{2+} + 4H^{+} + 6SO_4^{2-} + O_2 = 2Fe_2(SO_4)_3 + 2H_2O$$

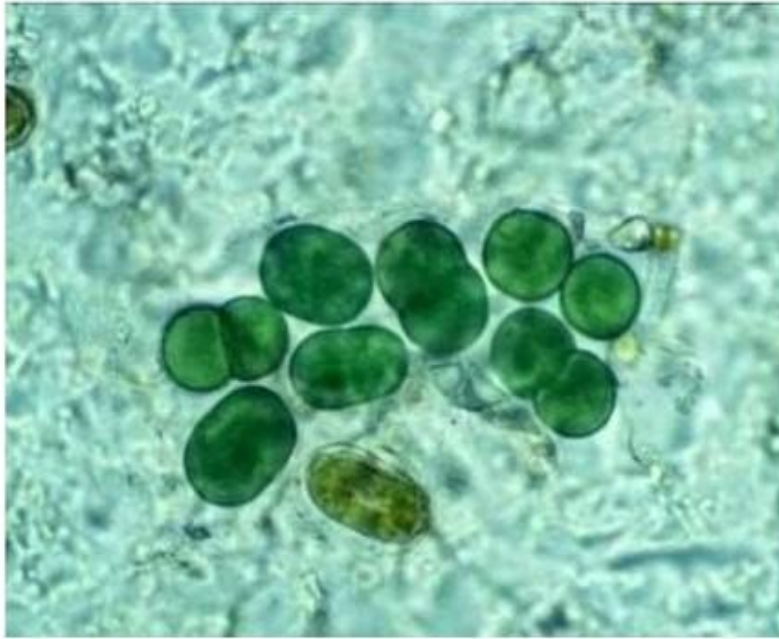
Группы бактерий

1. Железобактерии



Водородные бактерии

- Водородные бактерии — наиболее многочисленная и разнообразная группа хемосинтезирующих организмов;
- осуществляют реакцию $6\text{H}_2 + 2\text{O}_2 + \text{CO}_2 = (\text{CH}_2\text{O}) + 5\text{H}_2\text{O}$, где (CH_2O) — условное обозначение образующихся органических веществ.
- Характеризуются:
 - высокой скоростью роста
 - могут давать большую биомассу в зависимости от субстрата
 - могут быть как автотрофами, так и гетеротрофами (миксотрофы)



Грамотрицательные:
Pseudomonas
Paracoccus

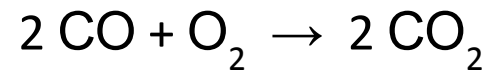
Грамположительные:
Bacillus
Mycobacterium
Rhizobium

КАРБОКСИДОБАКТЕРИИ

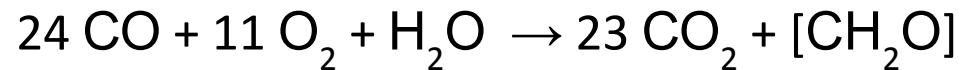
Грамотрицательные прямые или слегка изогнутые палочки, подвижные

(*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Carbophilus*)

Использование CO происходит путем его окисления до CO₂ в соответствии с уравнением:



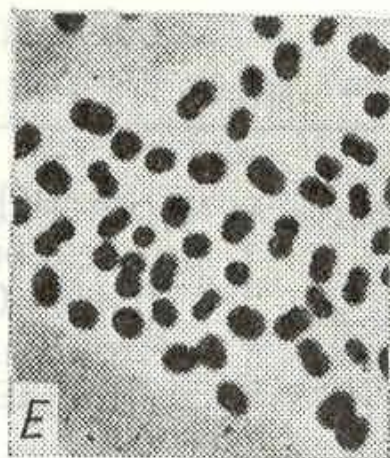
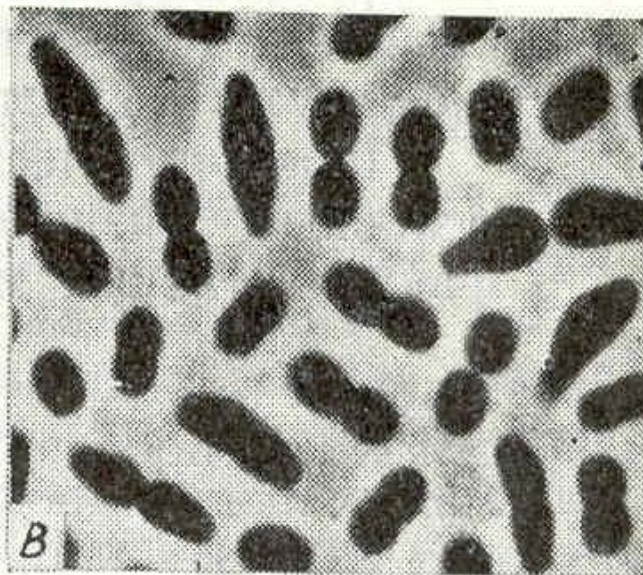
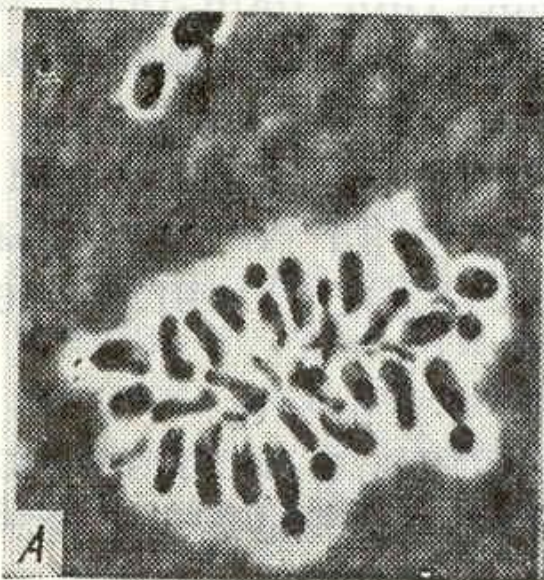
Общее уравнение обмена может быть представлено в виде следующего уравнения:



Окисление CO карбоксидобактериями осуществляется с участием CO-дегидрогеназы.



МЕТИЛОТРОФНЫЕ БАКТЕРИИ



А – Methylosinus

Б – Methylocystis

В – Methylobacter

Г, Д – Methyломонас

Е, Ж – Methylococcus

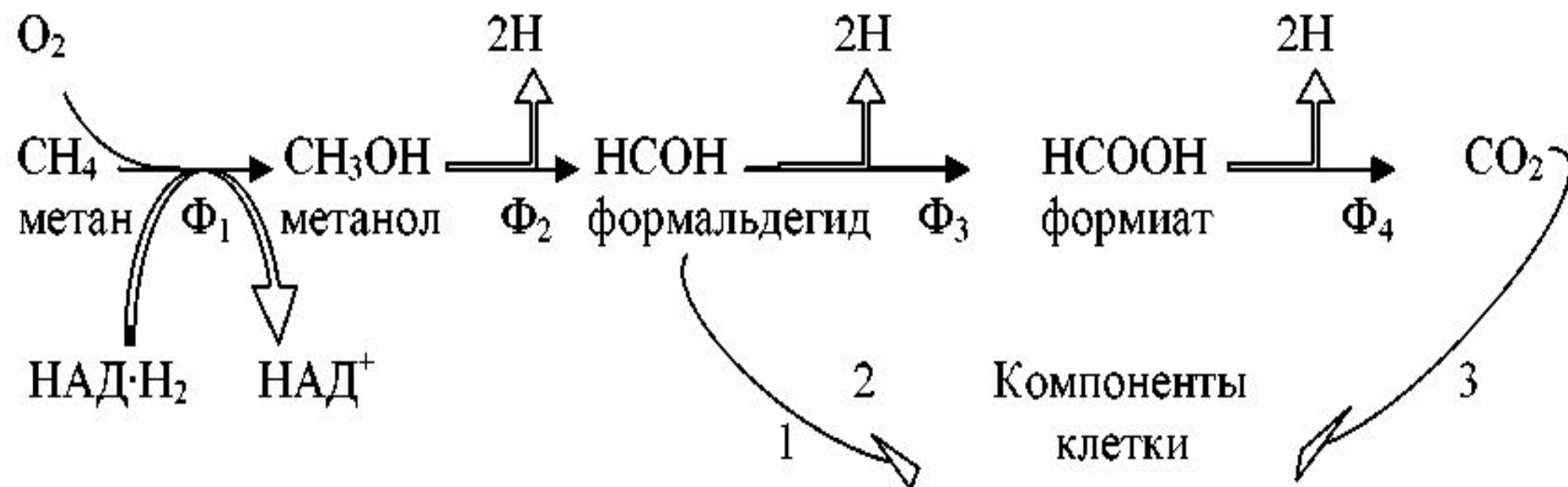
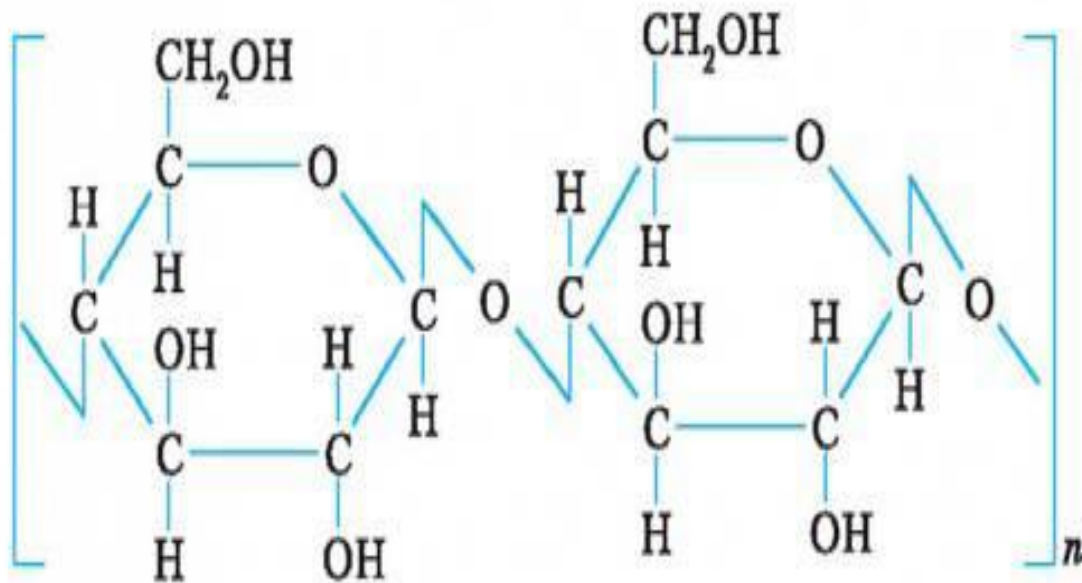


Рис. 106. Окисление метана и связь энергетического и конструктивного метаболизма у метилотрофов:

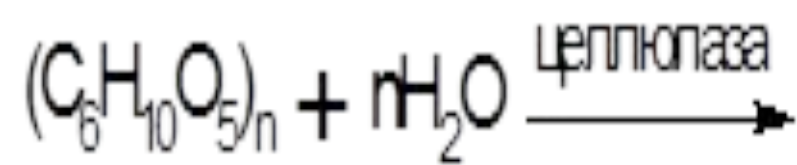
Φ_1 – метанмонооксигеназа; Φ_2 – метанолдегидрогеназа; Φ_3 – формальдегиддегидрогеназа; Φ_4 – формиатдегидрогеназа. Ассимиляционные циклы: 1 – рибулозомонофосфатный, 2 – сериновый, 3 – восстановительный пентозофосфатный

Строение молекулы целлюлозы

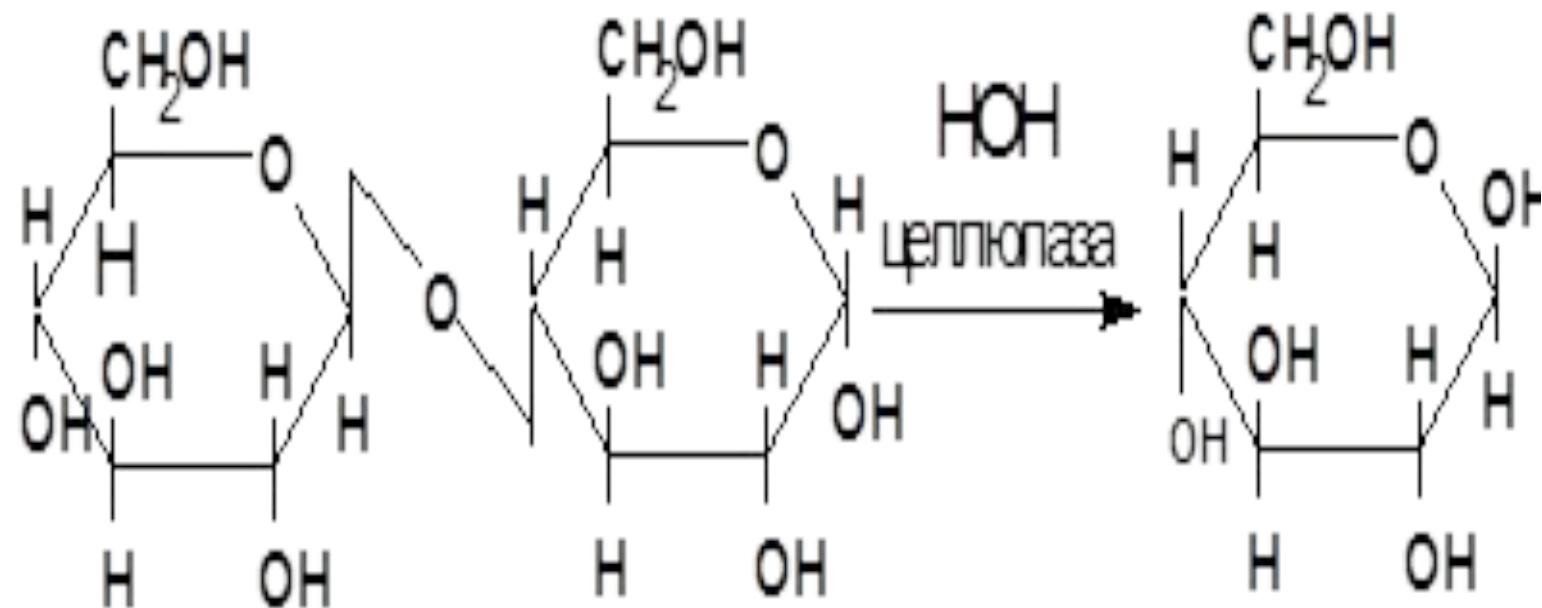


Ферментативное расщепление целлюлозы происходит под воздействием **целлюлазы**. В систему целлюлазы входит **три фермента**:

1. *Эндо- β -1,4-глюконаза* разрывает β -1,4-связи макромолекулы с образованием больших фрагментов.
2. *Экзо- β -1,4-глюконаза* отщепляет дисахарид целлобиозу.
3. *β -глюкозидаза* осуществляет гидролиз целлобиазы с образованием **глюкозы**.



целлюлоза



β -D-глюкоза

В аэробных условиях значительная роль в разложении целлюлозы принадлежит **грибам**. Они эффективнее бактерий, особенно в кислых почвах, разлагают целлюлозу древесины, которая содержит большое количество **лигнина**. Большую роль в этом процессе играют грибы родов- *Fusarium*, *Chaetomium*, *Aspergillus*, *Botritis*, *Trichoderma* и др.

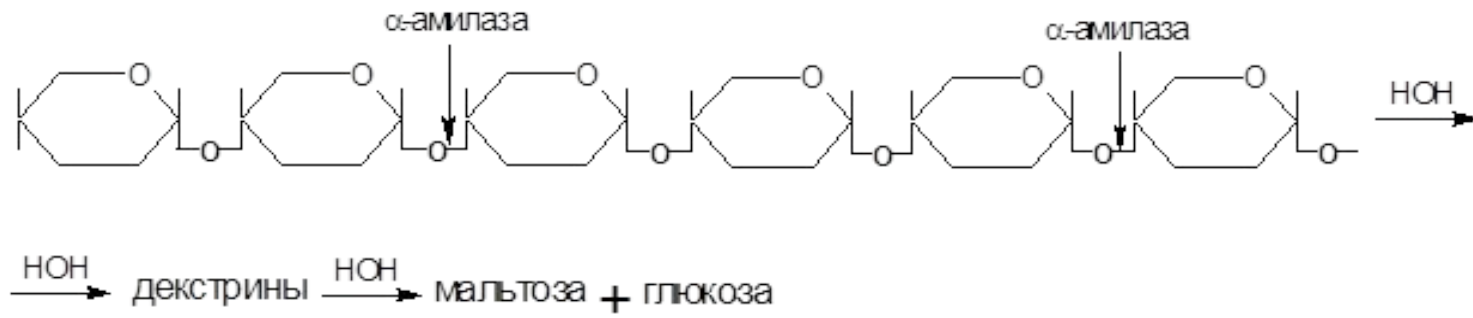
Использовать целлюлозу как питательный субстрат в аэробных условиях могут: *Pseudomonas fluorescens var. cellulose* (когда в среде отсутствуют другие источники углерода), *Cellulomonas* (коринеформная бактерия). Последний микроорганизм предполагали использовать в качестве продуцента белка из целлюлозы.

Актиномицеты:

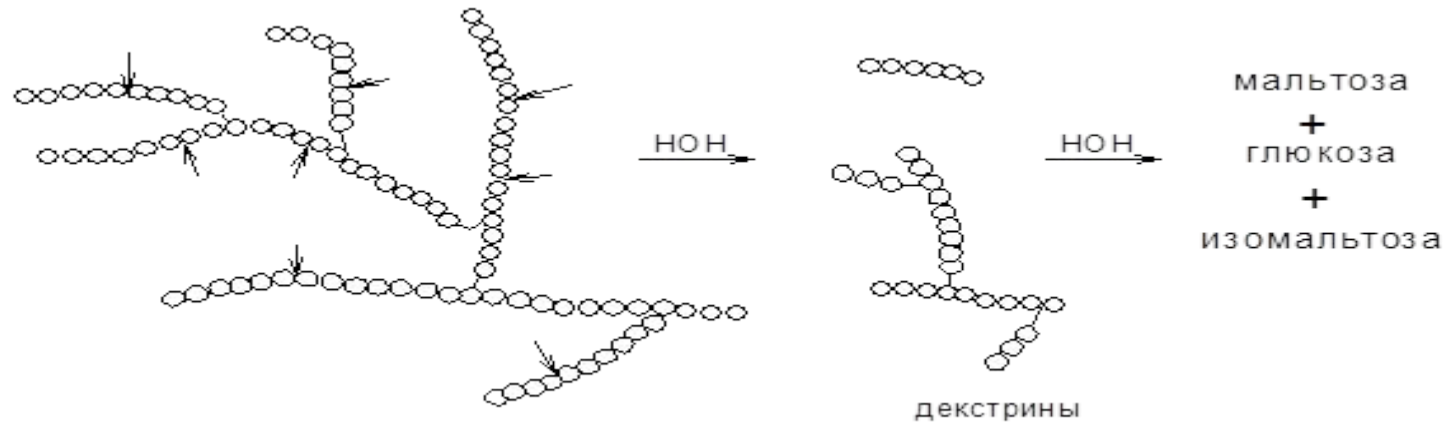
Micromonospora chalcea, *Streptomyces cellulose*, *Streptosporangium*.

В анаэробных условиях целлюлозу расщепляют термофильные и мезофильные клостридии. *Clostridium thermocellum*-в качестве источника углерода используют целлюлозу, источника азота- соли аммония. Глюкозу и другие сахара- не утилизируют. Продуктами метаболизма целлюлозы являются: *этанол, уксусная, муравьиная и молочная кислоты, водород и углекислый газ*.

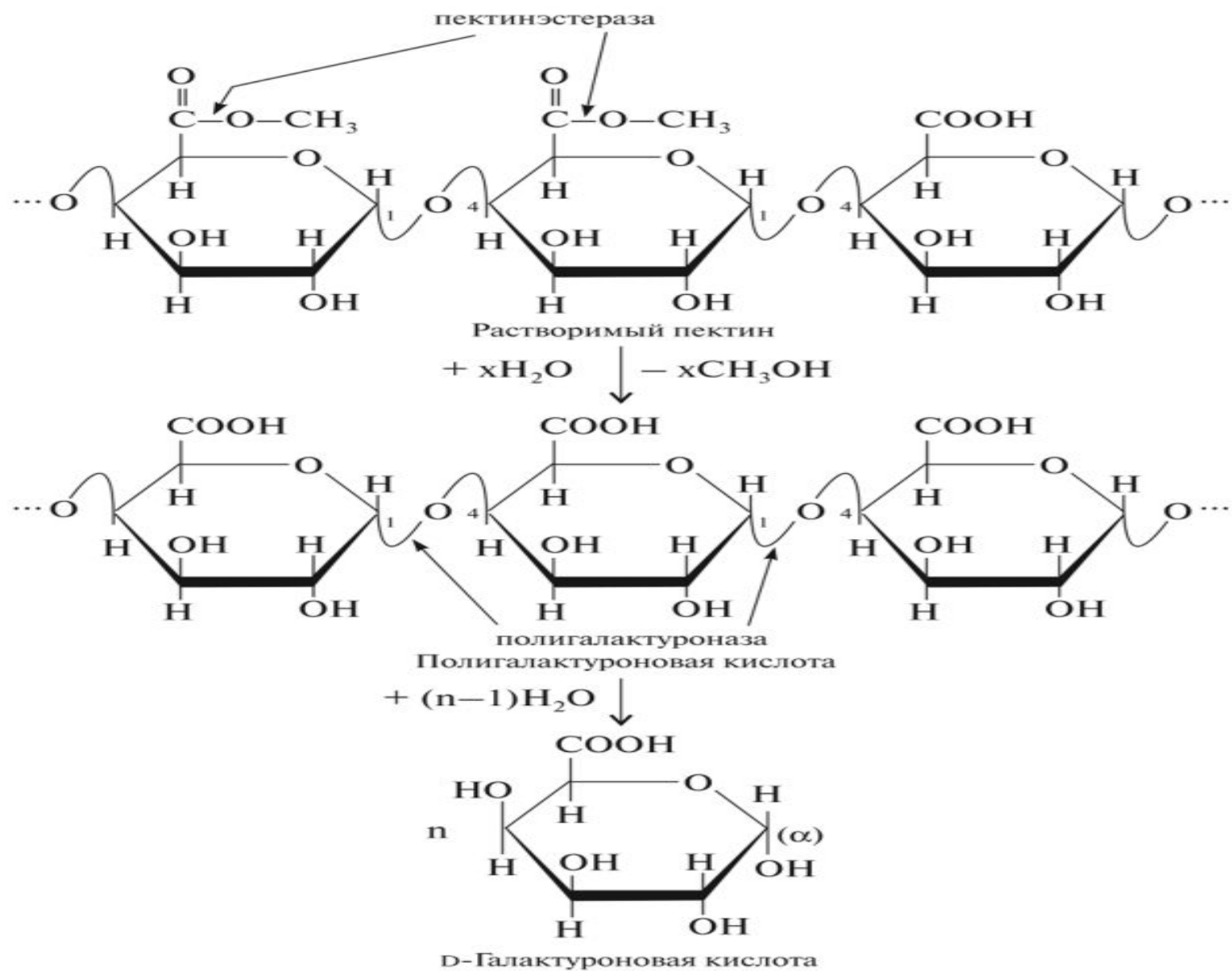
Схематически действие α -амилазы на крахмал можно представить:
а) амилоза:



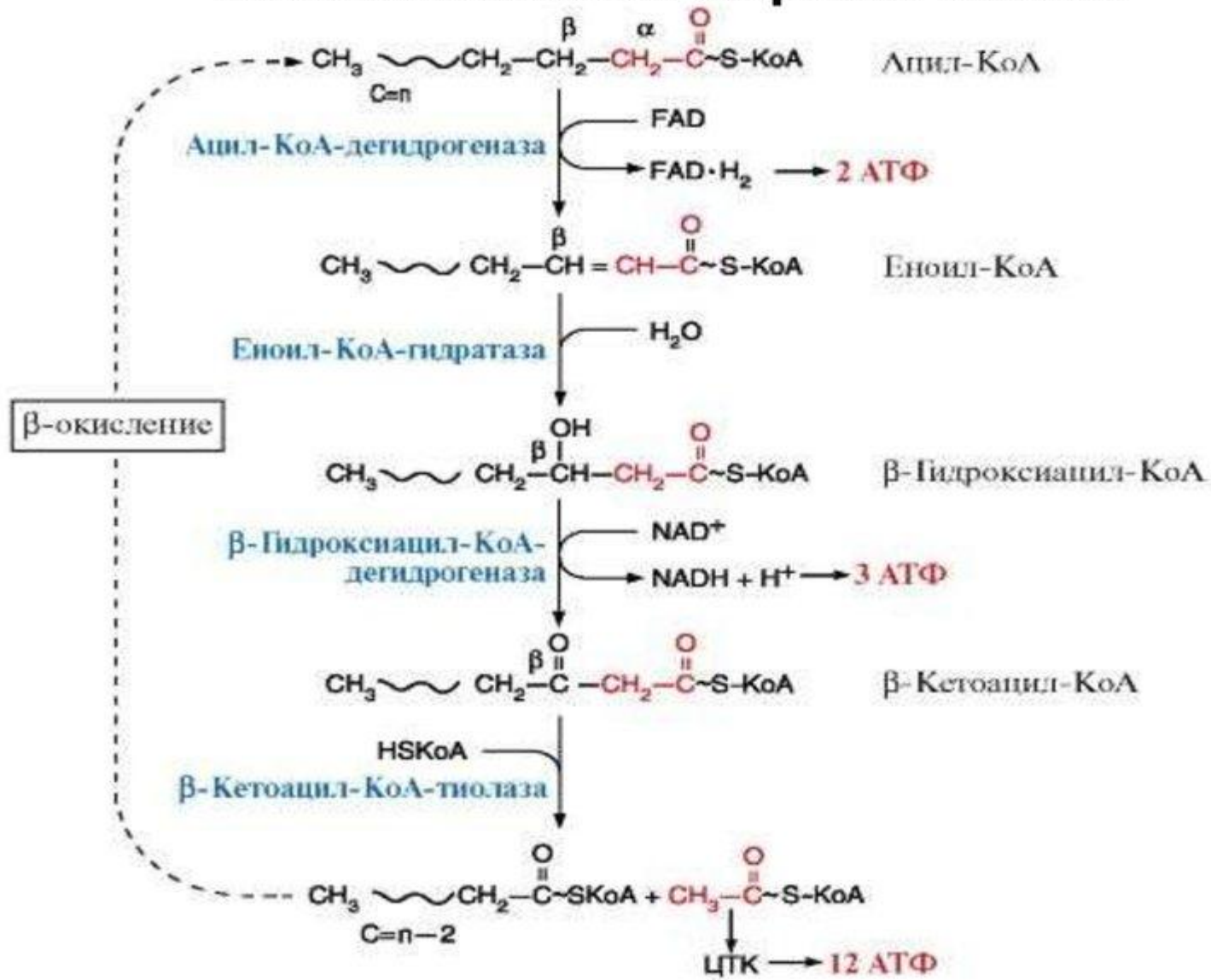
б) амилопектин



ФЕРМЕНТАТИВНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ПЕКТИНА



Бета-окисление жирных кислот



β-ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

- Только в аэробных условиях.
 - Окисление происходит по бета-схеме, т.е. окисляется бета-углеродный атом. Цикл заканчивается укорочением **ацил-КоА** на 2 углеродных атома в виде **Ацетил-КоА**.
 - Водород из реакций **дегидрирования** поступает в ЦПЭ и сопровождается синтезом АТФ в процессе окислительного фосфорилирования.
 - Энергетический эффект одного цикла **5 молей АТФ**
 - Конечный продукт бета- окисления **Ацетил-КоА** окисляется в цикле Кребса до CO_2 и воды с высвобождением энергии (**12 АТФ**).
 - Укороченный ацил-КоА вновь поступает в цикл до тех пор пока полностью не расщепится до Ацетил-КоА.
-

Минерализация С-соединений

- **Расщепление лигнина:**
 - Макромицеты: *Polyporus*, *Fomitopsis*, *Pleurotus*, *Ophistoma*, *Ceratocystis*
 - Микромицеты: *Fusarium*, *Trichoderma*, *Alternaria*, *Penicillium*, *Aspergillus*.





КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА В ПРИРОДЕ

