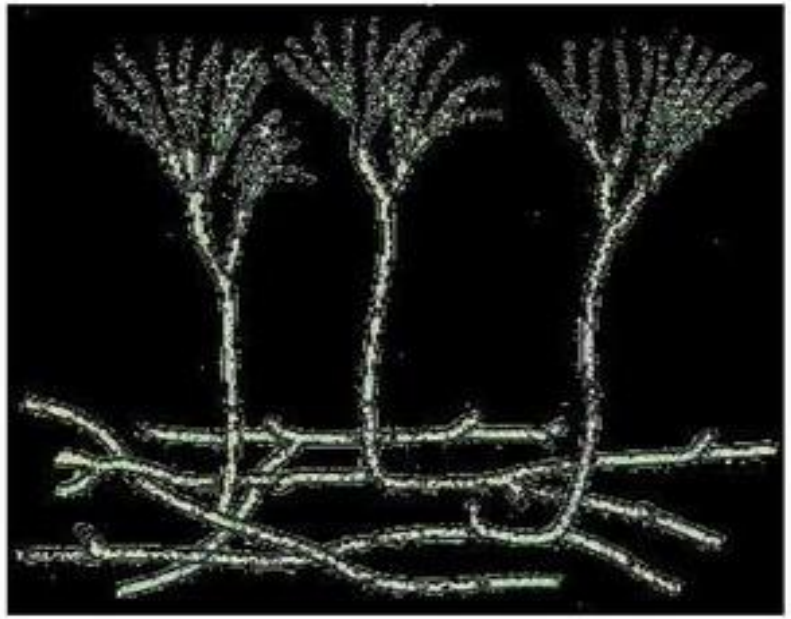
Продуценты – это автотрофные организмы, вырабатывающие органические вещества из неорганических

растения

цианобактерии

Хемоситезирующие бактерии

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



грибы

бактерии

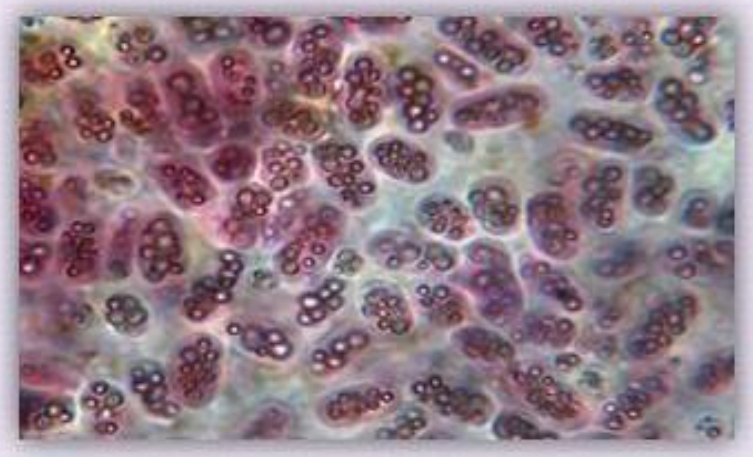
Участие микроорганизмов в круговороте углерода и кислорода

- 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

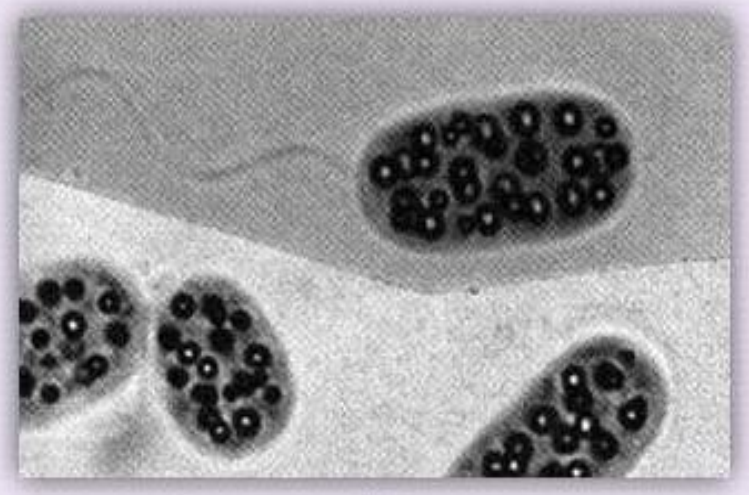
- В результате **кислородного фотосинтеза** происходит фиксация углекислого газа, и при этом углерод из окисленной формы переходит в восстановленную, в которой он находится в органических соединениях
- При этом восстановленная форма кислорода (H_2O) окисляется до молекулярного кислорода (O_2)
- При **аэробном 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

Pelodiclyon clothratiforme

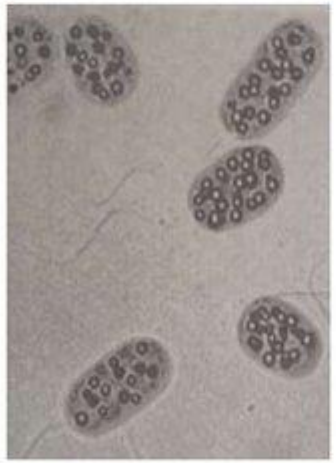
Зеленые и пурпурные фототрофные бактерии

Аноксигенный фотосинтез, содержат бактериохлорофилл

Факультативные или облигатные анаэробы

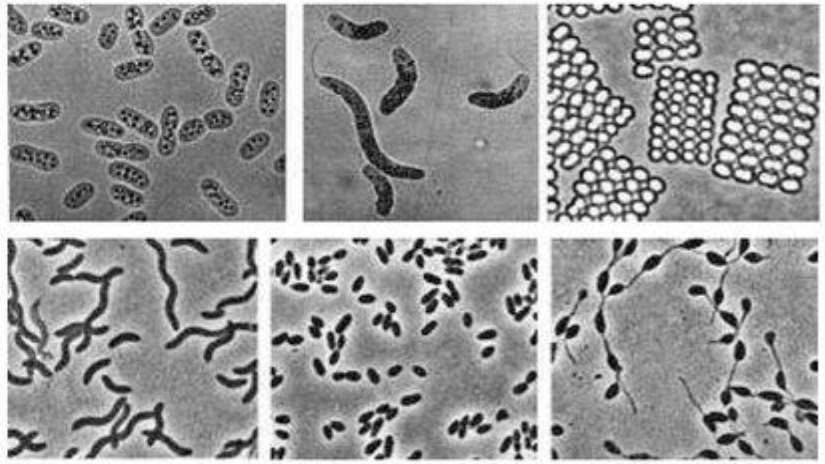
В основном водные обитатели на средних глубинах (проникает свет, низкая концентрация O_2) В почве – в верхних слоях

Строение клетки: внутриклеточные мпмбраны, содержащие бактериохлорофилл



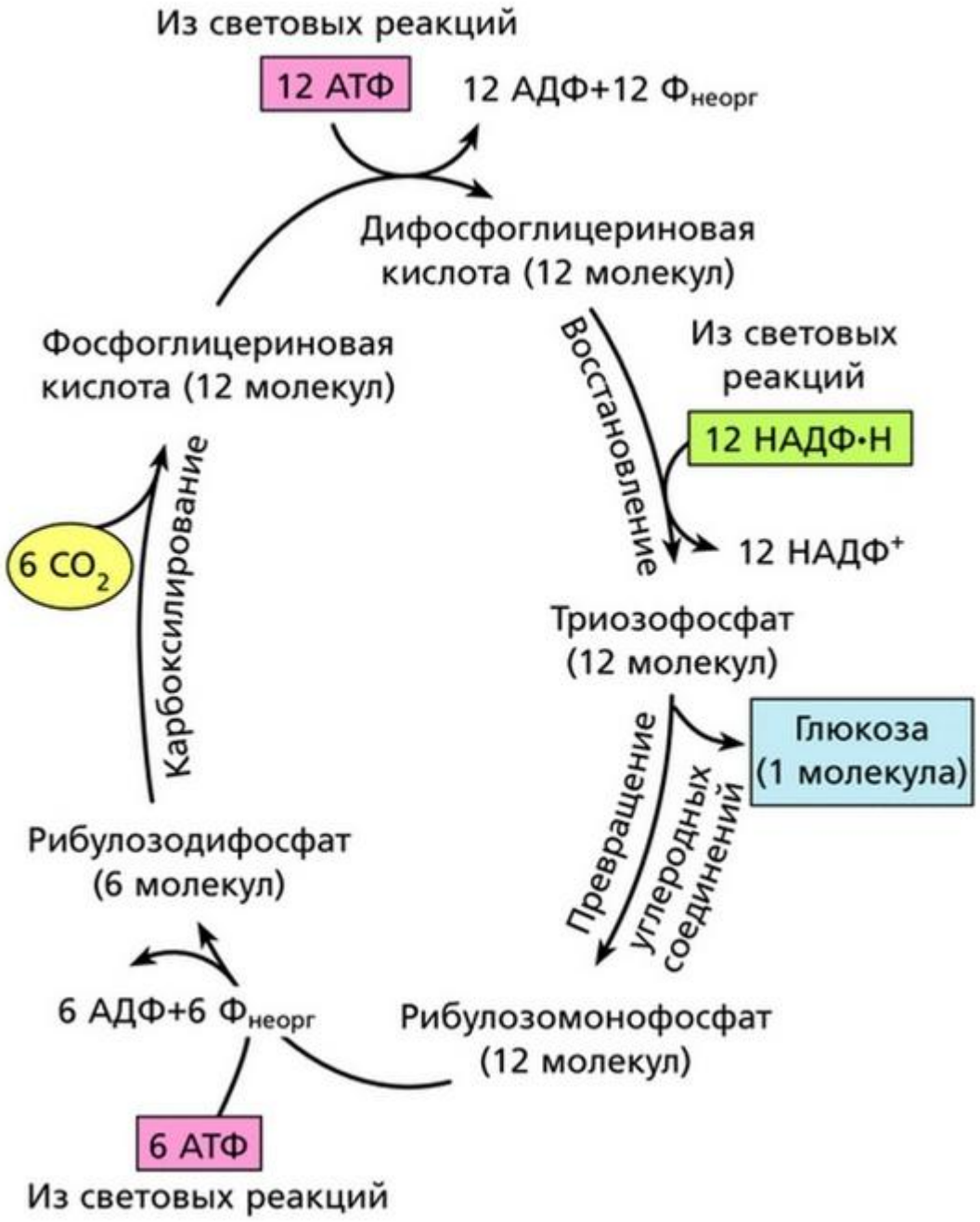
Капли серы в клетках *Chlorobium*

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	*Rhodospirillum*	*Thiospirillum*	*Chloroflexus*	*Chlorobium*



Упрощенная схема цикла Кальвина – пути фиксации углерода при фотосинтезе

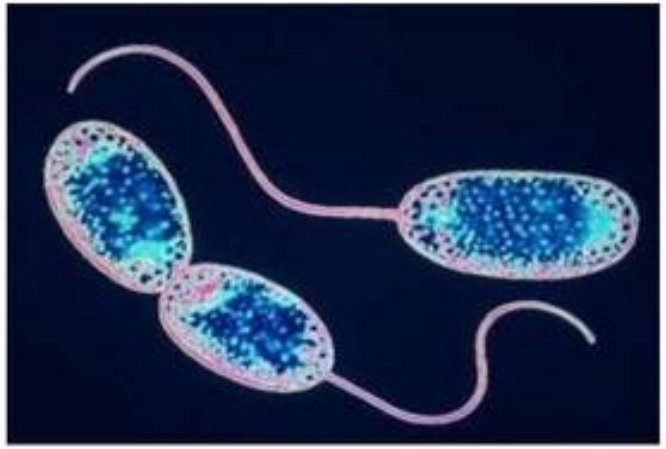
Цикл Кальвина состоит из трех стадий:
- карбоксилирования,
- восстановления,
- превращения.

- 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.

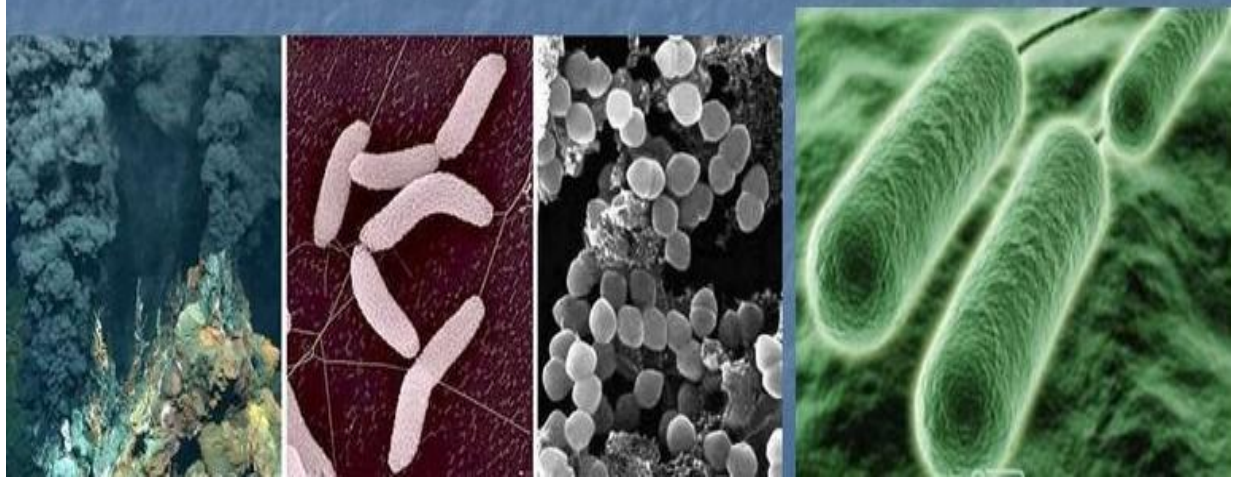
$$2\,NH_3 + 3\,O_2 \rightarrow 2\,HNO_2 + 2\,H_2O + Q$$

$$2\,HNO_2 + O_2 \rightarrow 2\,HNO_3 + Q$$

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+}.

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

Водородные бактерии

- Водородные бактерии — наиболее многочисленная и разнообразная группа хемосинтезирующих организмов;
- осуществляют реакцию $6H_2 + 2O_2 + CO_2 = (CH_2O) + 5H_2O$, 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

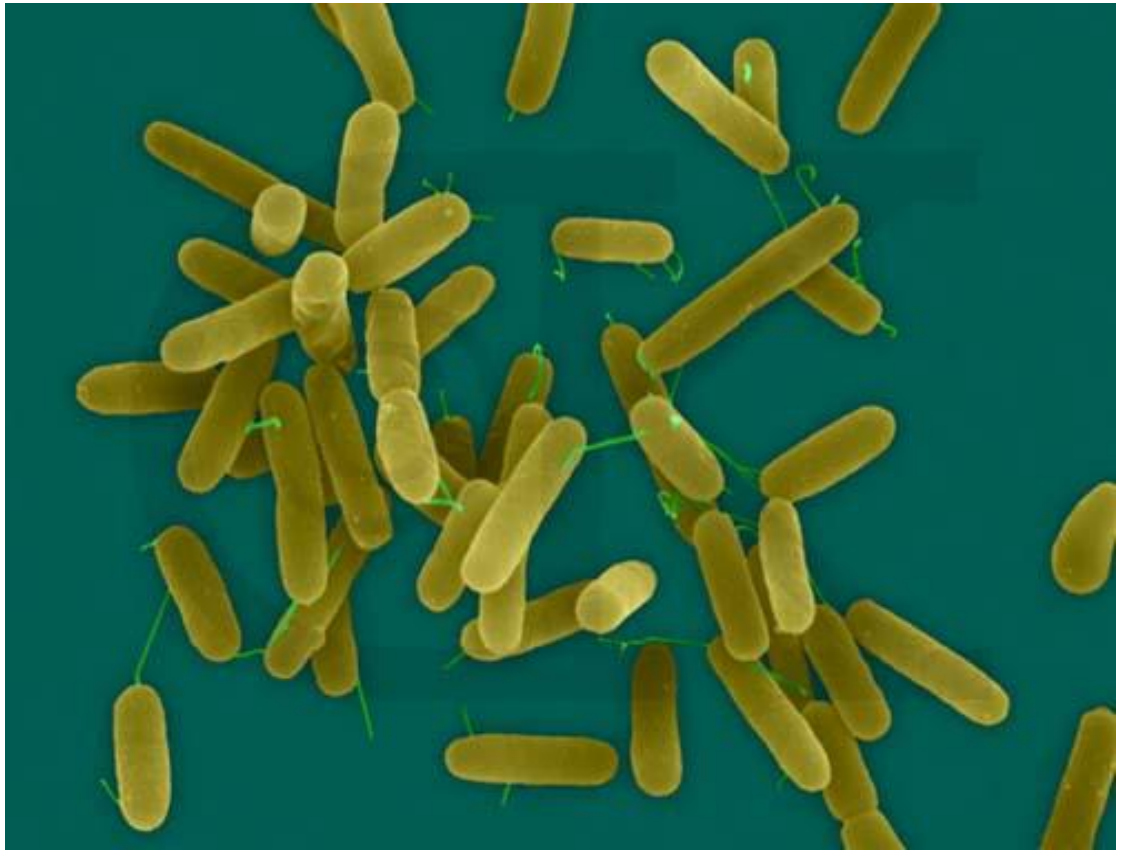
Грамотрицательные прямые или слегка изогнутые палочки, подвижные (*Pseudomonas, Acinetobacter, Carbophilus)*
Использование CO происходит путем его окисления до CO_2 в соответствии с уравнением:

$$2\ CO + O_2 \rightarrow 2\ CO_2$$

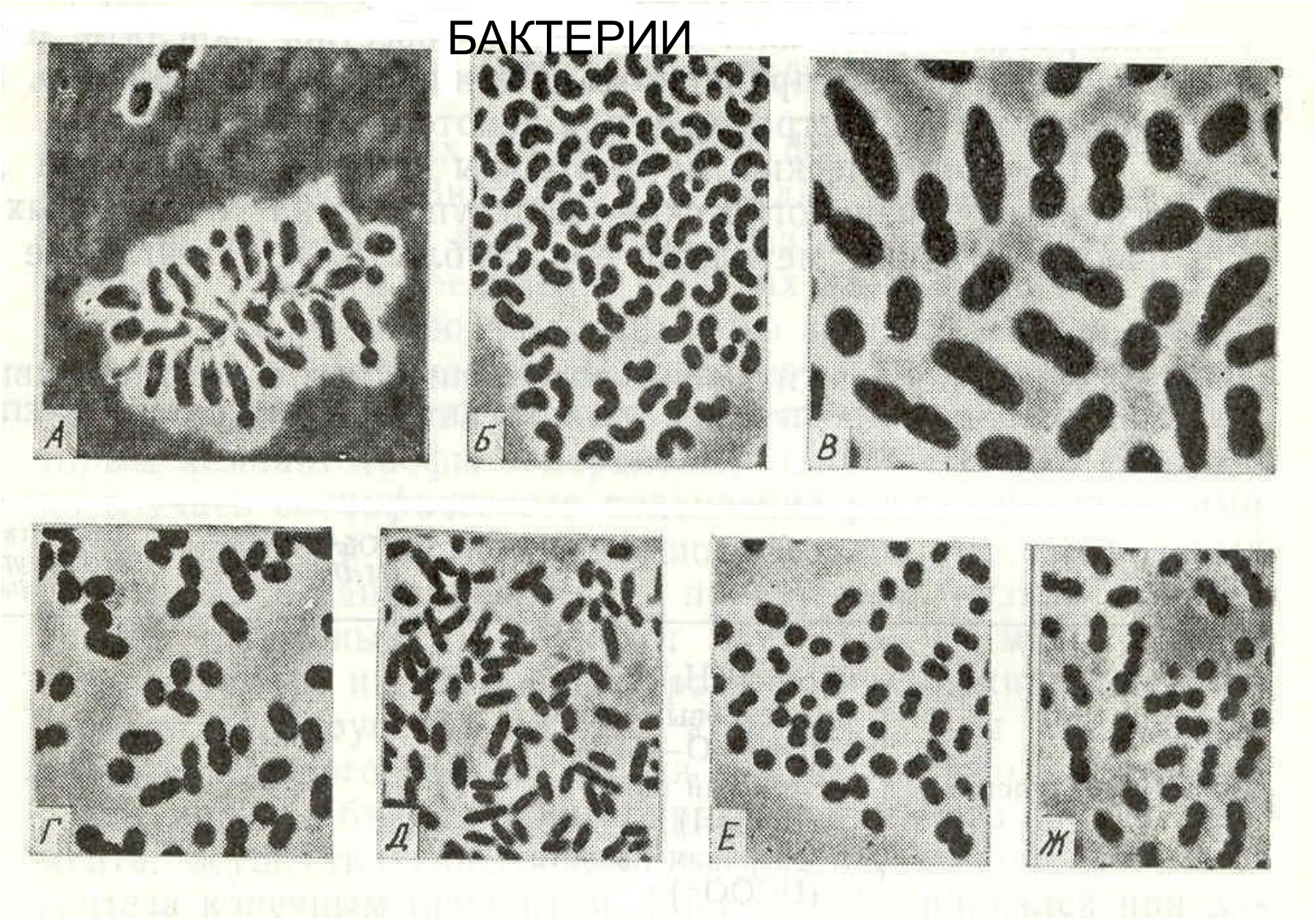
Общее уравнение обмена может быть представлено в виде следующего уравнения:

$$24\ CO + 11\ O_2 + H_2O \rightarrow 23\ CO_2 + [CH_2O]$$

Окисление CO карбоксидобактериями осуществляется с участием CO-дегидрогеназы.



МЕТИЛОТРОФНЫЕ БАКТЕРИИ



А – Methylosinus

Б – Methylocystis

В – Methylobacter

Г, Д – Methylomonas

Е, Ж – Methylococcus

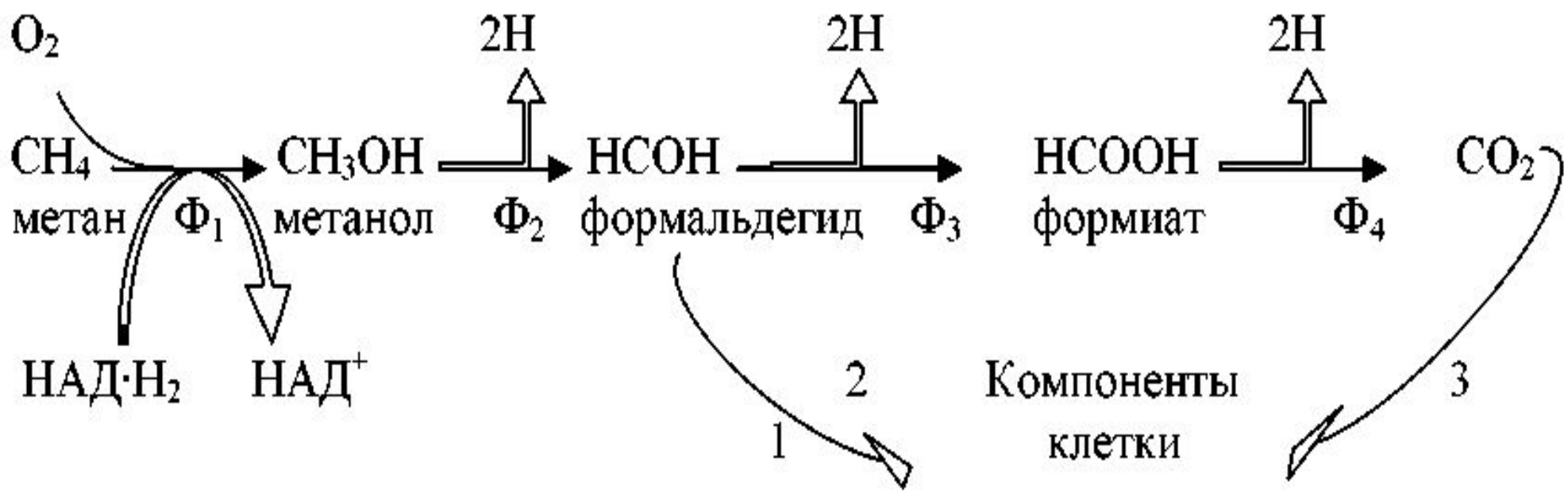


Рис. 106. Окисление метана и связь энергетического и конструктивного метаболизма у метилотрофов:

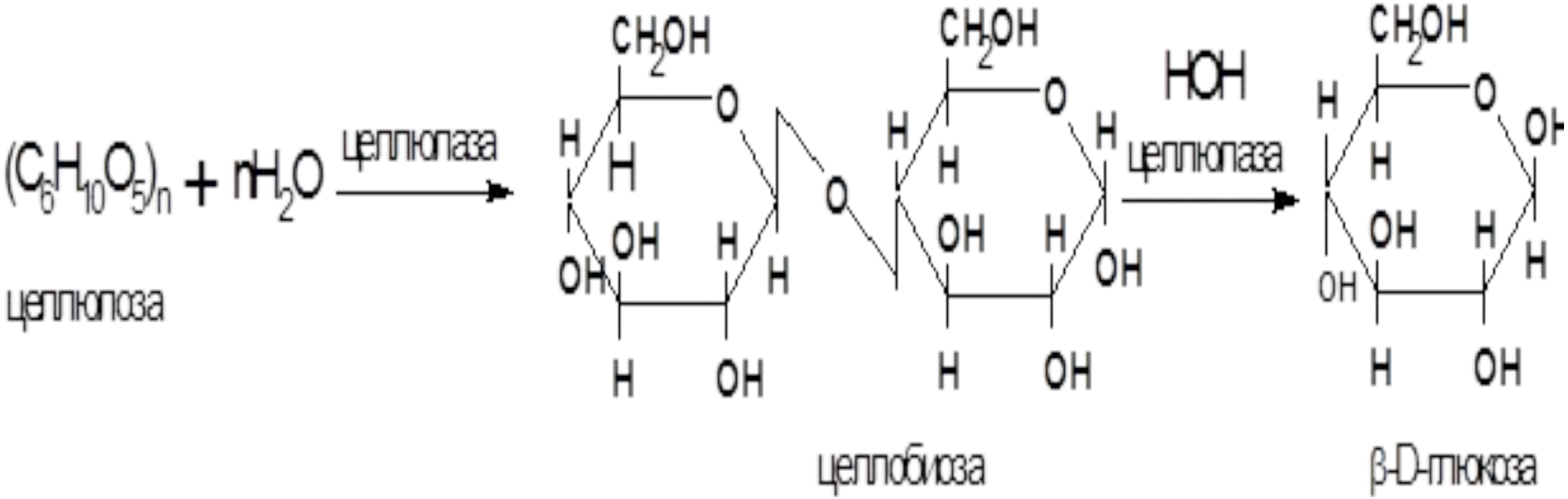
Φ_1 – метанмонооксигеназа; Φ_2 – метанолдегидрогеназа; Φ_3 – формальдегиддегидрогеназа; Φ_4 – формиатдегидрогеназа. Ассимиляционные циклы: 1 – рибулозомонофосфатный, 2 – сериновый, 3 – восстановительный пентозофосфатный

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

1. *Эндо-в-1,4-глюконаза* разрывает β-1,4-связи макромолекулы с образованием больших фрагментов.

2. *Экзо- в -1,4-глюконаза* отщепляет дисахарид целлобиозу.

3. *в -глюкозидаза* осуществляет гидролиз целлобиазы с образованием глюкозы.


$(C_6H_{10}O_5)_n + nH_2O$
целлюлаза
целлюлоза
целлобиоза
HOH
целлюлаза
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.

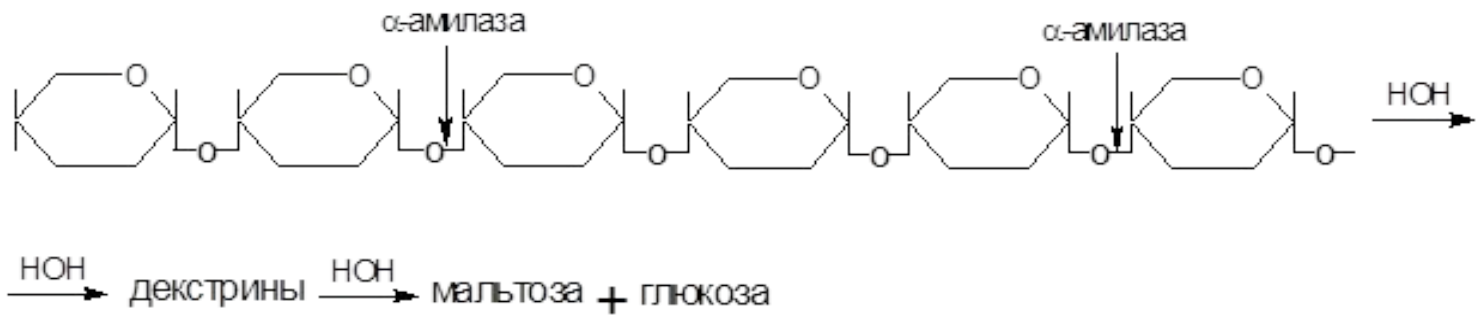
Актиномицеты:

Micromonospora chalcea, Streptomices cellulose, Streptosporangium.

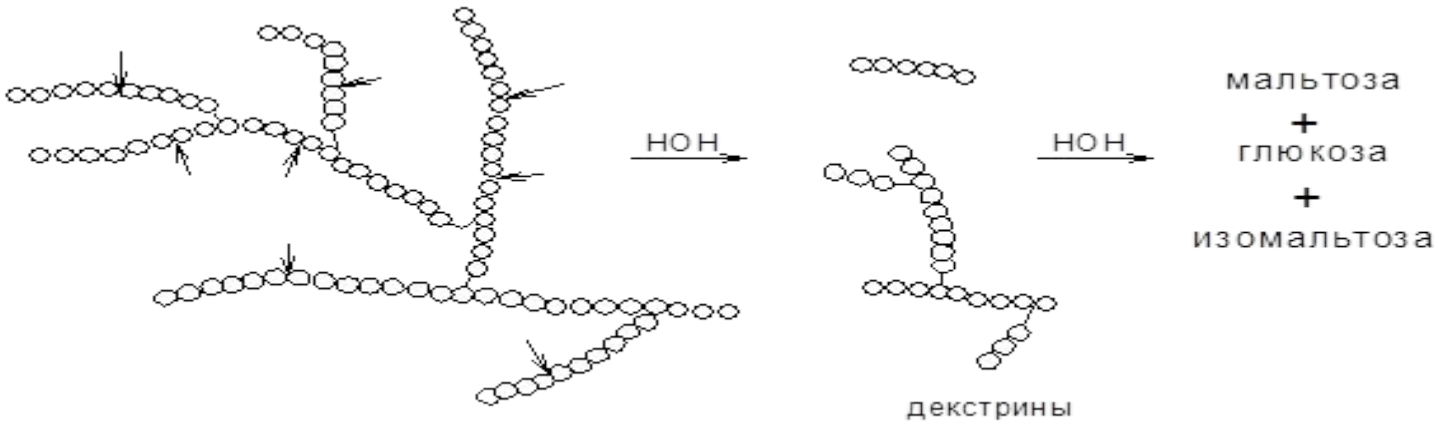
В анаэробных условиях целлюлозу расщепляют термофильные и мезофильные клостридии. *Clostridium thermocellum*-в качестве источника углерода используют целлюлозу, источника азота- соли аммония. Глюкозу и другие сахара- не утилизируют. Продуктами метаболизма целлюлозы являются: *этанол, уксусная, муравьиная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

Схематически действие а-амилазы на крахмал можно представить:

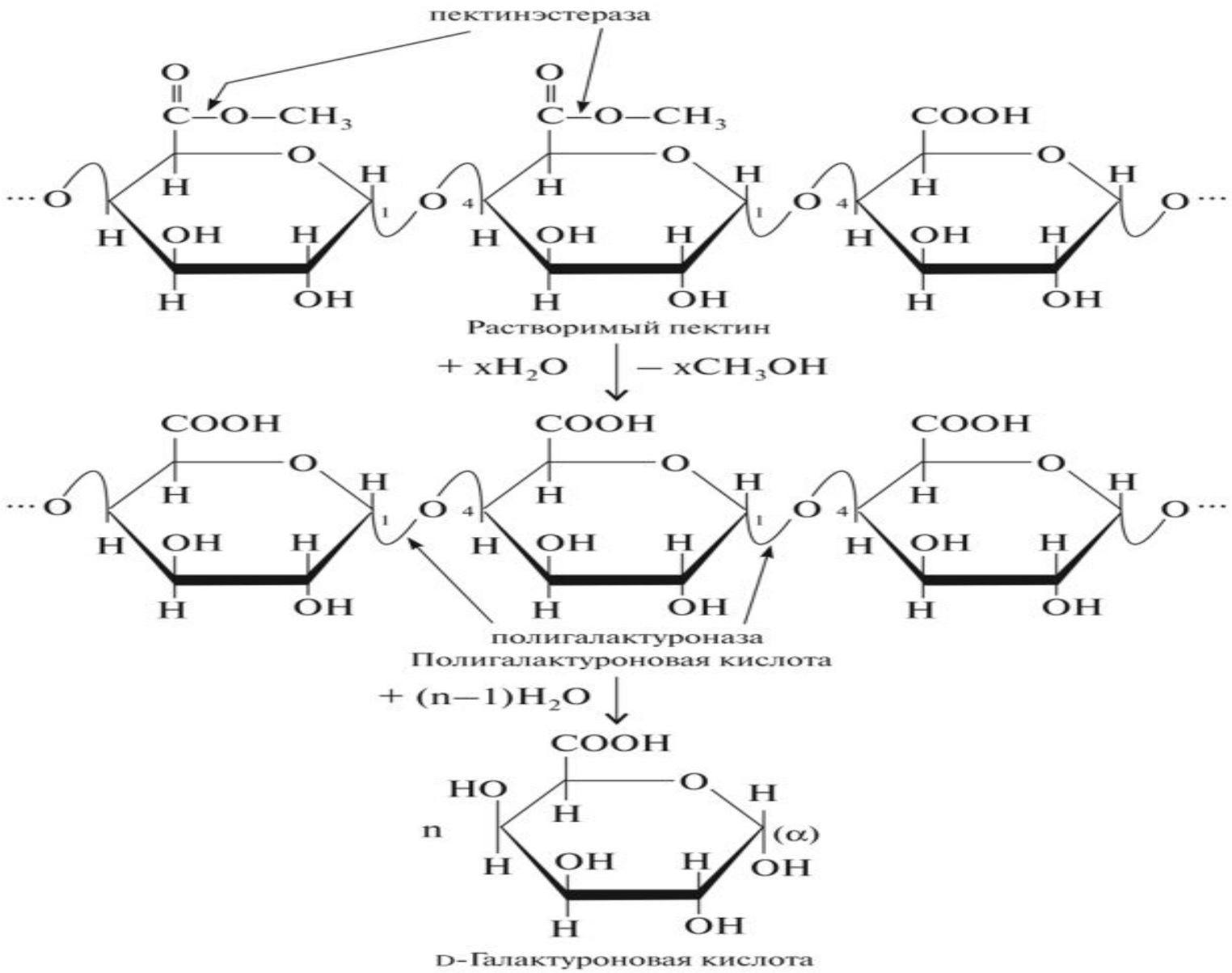
а)амилоза:



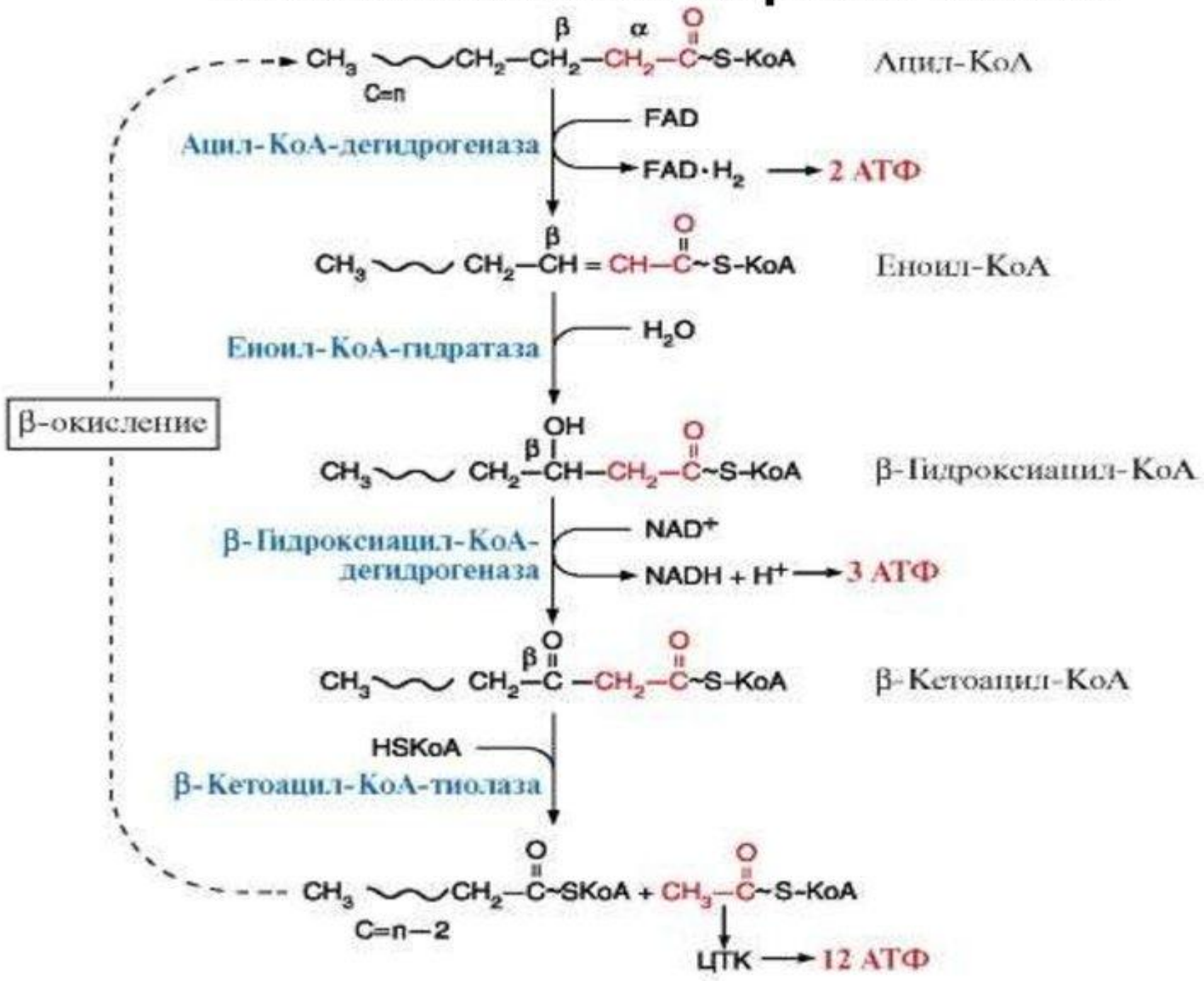
б) амилопектин



ФЕРМЕНТАТИВНОЕ РАСЩЕПЛЕНИЕ ПЕКТИНА



Бета-окисление жирных кислот

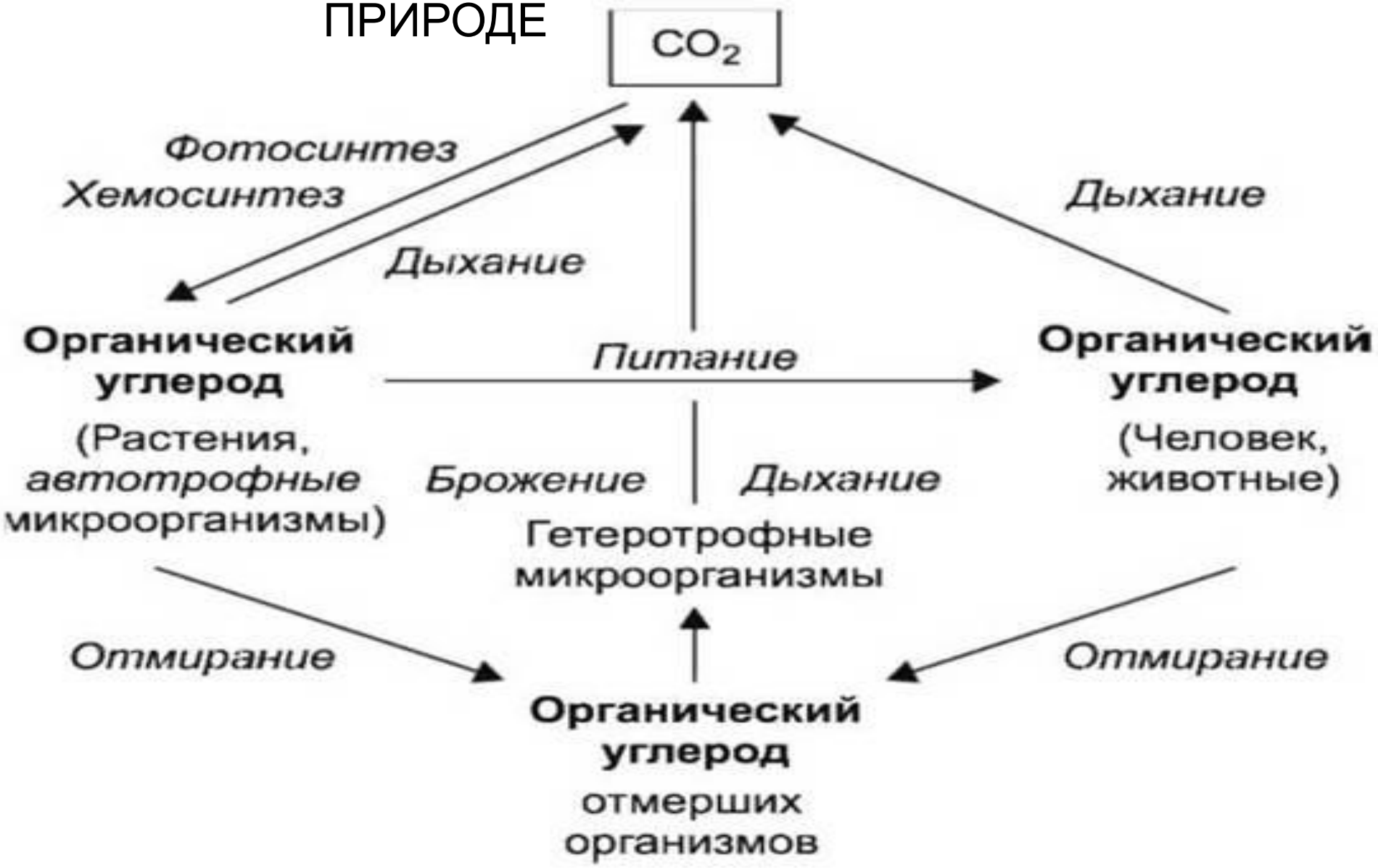


β-ОКИСЛЕНИЕ ЖИРНЫХ КИСЛОТ

- 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*.

Древесина
Воска, смолы
Белок
Лигноцеллюлоза
Лигнин
Целлюлозные компоненты
Лигниназа
Олиголигнолы растворимые
Гемицеллюлозы
Целлюлоза
Ксилан
Ксиланаза
Целлюлазы
Целлодекстрин
Метилированные фенилпропановые компоненты
Пентозы
Целлобиоза
Гумус
Гексозы
Ароматические соединения
Глюкоза
Уроновые кислоты

КРУГОВОРОТ УГЛЕРОДА В ПРИРОДЕ