

# ОСОБЕННОСТИ ОБМЕНА ВЕЩЕСТВ У МИКРООРГАНИЗМОВ

- Метаболизм, или обмен веществ, – совокупность процессов распада и синтеза, обеспечивающих поддержание, рост и размножение организма. Обмен веществ имеет две стороны: он складывается из энергодающих процессов, которые объединяются понятием **катаболизма**, и из энергозависимых процессов синтеза макромолекул, или **анаболизма**

- По получаемой энергии микроорганизмы делятся на **фототрофные** (световая энергия) и **хемотрофные** (химическая). По субстратам анаболизма (источникам углерода) они дифференцируются на две главные группы **автотрофов**, которые фиксируют  $CO_2$  для конструктивного метаболизма, и **гетеротрофов**, которые нуждаются в готовых органических веществах разной степени сложности.

Катаболические процессы (реакции получения энергии) – это отнятие и перенос водорода (электрона).

- В зависимости от конечного акцептора водорода, образующегося при дегидрировании, различают следующие энергетические процессы у микроорганизмов: 1) дыхание (перенос на кислород); 2) брожение (перенос на органические акцепторы); 3) анаэробное дыхание (перенос на неорганические акцепторы – сульфаты, нитраты, хроматы). У бактерий есть также фотосинтетическое фосфорилирование: образование АТФ за счет световой энергии.

- Анаболические процессы, или конструктивный (строительный) метаболизм, связаны главным образом с источниками углерода и азота, которые могут быть в органической и неорганической форме, тогда как все другие элементы микроорганизмы получают в виде минеральных солей. Соотношение C : N в биомассе бактерий составляет 5:1, а в среде оптимальное соотношение должно быть 25: 1, так как  $\frac{1}{5}$  часть углерода включается в вещества клеток, а  $\frac{4}{5}$  расходуется на энергетические нужды.

- Источниками углерода служат  $\text{CO}_2$  и (или) органические соединения. В качестве источников азота выступают белки, пептиды, аминокислоты, нитраты, аммонийные соединения и молекулярный азот. Кислород и водород поступают из воды. Кроме источников основных элементов-органогенов, зольных элементов и микроэлементов многие микроорганизмы нуждаются в специфических веществах, которые носят название факторов роста – витамины, аминокислоты, пуриновые основания.

- Специфические потребности микроорганизмов в источниках питания, факторах роста или микроэлементах делают их удобными объектами для использования в качестве биологических индикаторов, например, при определении потребности почвы в удобрениях, при количественном анализе содержания витаминов или микроэлементов в почве. Все процессы катаболизма и анаболизма протекают не самопроизвольно, а катализируются особыми ферментами.

# ПРЕВРАЩЕНИЯ СОЕДИНЕНИЙ УГЛЕРОДА И КРУГОВОРОТ КИСЛОРОДА

- В круговороте углерода и кислорода находит наиболее явное выражение взаимная зависимость и связь всех живых существ на Земле. Благодаря участию в нем микроорганизмов как деструктивного звена происходит замыкание круговорота и совершается циклическое превращение веществ и энергии в биосфере.

# Два важнейших звена планетарного масштаба

- 1) фиксация  $\text{CO}_2$  в процессе фотосинтеза с выделением кислорода;
- 2) минерализация органических веществ с выделением  $\text{CO}_2$ , обычно с поглощением кислорода



Наибольшее значение на нашей планете имеет  $\text{CO}_2$ , так как из углекислоты создается вся первичная органическая продукция

- Биологическое связывание углекислоты происходит в процессах фотосинтеза, хемосинтеза и гетеротрофной фиксации.

# Фотосинтез.

- Фиксация  $\text{CO}_2$  в фотосинтезе происходит за счет световой энергии:  
$$\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{световая энергия} = (\text{CH}_2\text{O})_n + \text{O}_2.$$
К фотосинтетикам принадлежат высшие растения, водоросли, (пурпурные и зеленые бактерии – кислород не выделяют), цианобактерии.

# Хемосинтез

- Фиксация  $\text{CO}_2$  в хемосинтезе происходит за счет энергии окисления внешнего неорганического донора электрона. Хемоавтотрофы известны только среди бактерий. К хемосинтезирующим организмам принадлежат нитрификаторы, карбоксидобактерии, серобактерии, тионовые, железобактерии, водородные бактерии. В отсутствие органических веществ они используют энергию окисления водорода или  $\text{CO}$  для фиксации  $\text{CO}_2$ . В отсутствие органических веществ они используют энергию окисления водорода или  $\text{CO}$  для фиксации  $\text{CO}_2$

# Гетеротрофная фиксация CO<sub>2</sub>

- CO<sub>2</sub> может ассимилироваться гетеротрофно, путем присоединения к готовым углеродным цепям. Акцепторами CO<sub>2</sub> могут быть различные органические кислоты, чаще всего пировиноградная:
- $\text{CH}_3\text{COSOON} + \text{CO}_2 = \text{COONCH}_2\text{COSOON}$   
щавелево-уксусная кислота

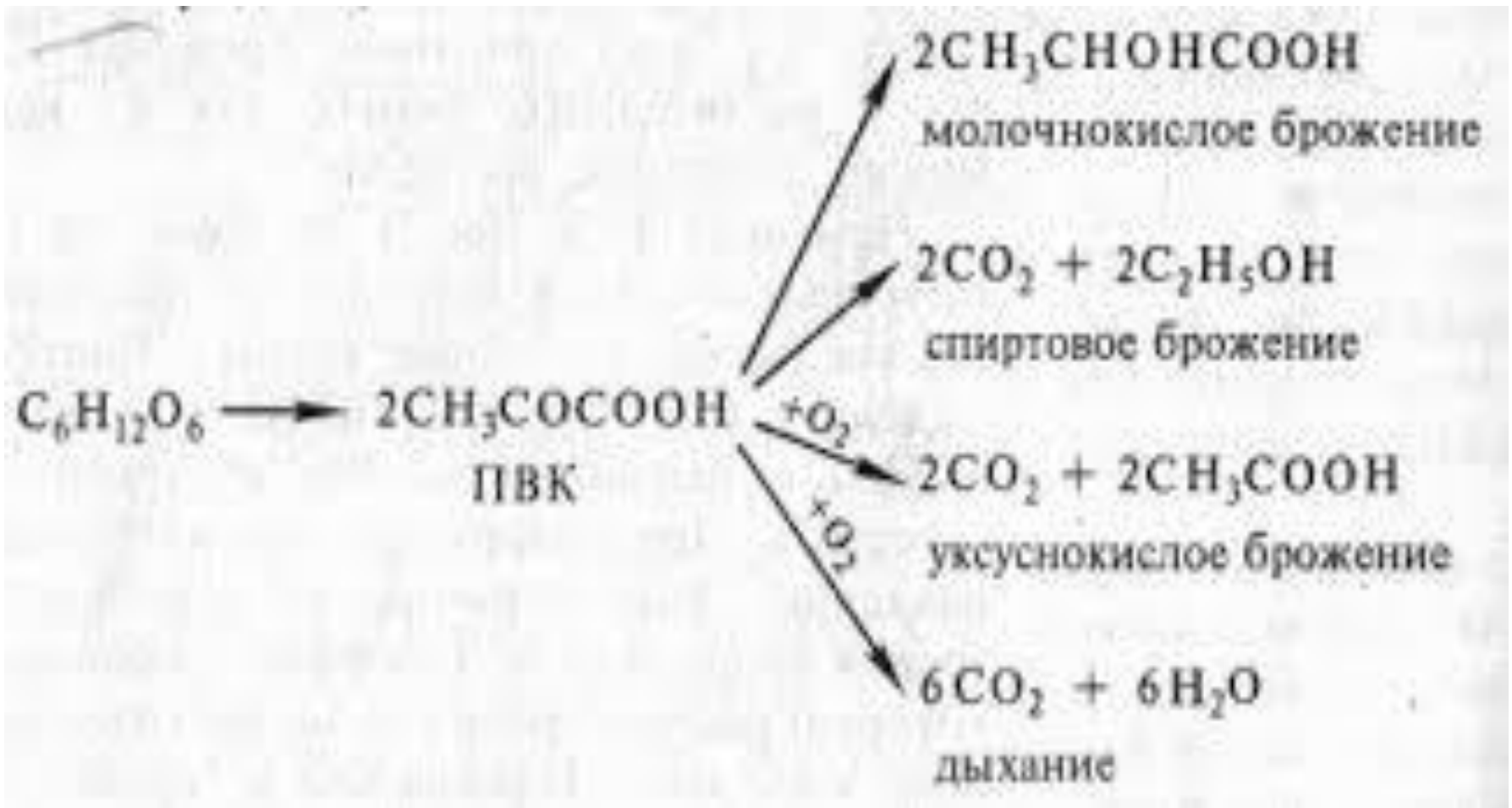
Основной источник пополнения запасов углекислоты в атмосфере – распад растительных тканей с высоким отношением С : N.

- степени их сложности и доступности для микробного разложения :
- 1) растворимые в воде соединения – сахара, органические кислоты, спирты;
- 2) слабо растворимые – гемицеллюлозы;
- 3) нерастворимые – крахмал, пектин, клетчатка, воска, жиры, смолы, углеводороды;
- 4) особо прочное соединение – лигнин.

# Разложение водорастворимых органических соединений

- В аэробных условиях **углеводы разлагаются бактериями** в актах дыхания с образованием  $\text{CO}_2$  как конечного продукта деструкции. **Грибы обычно окисляют углеводы не до конца**, а процесс идет с образованием недоокисленных продуктов, в первую очередь органических кислот: янтарной, лимонной, уксусной и др.

Органические кислоты в большом количестве образуются при анаэробном распаде углеводов – брожении



# **Целлюлоза** – самое распространенное органическое соединение в природе, синтез ее - первое место

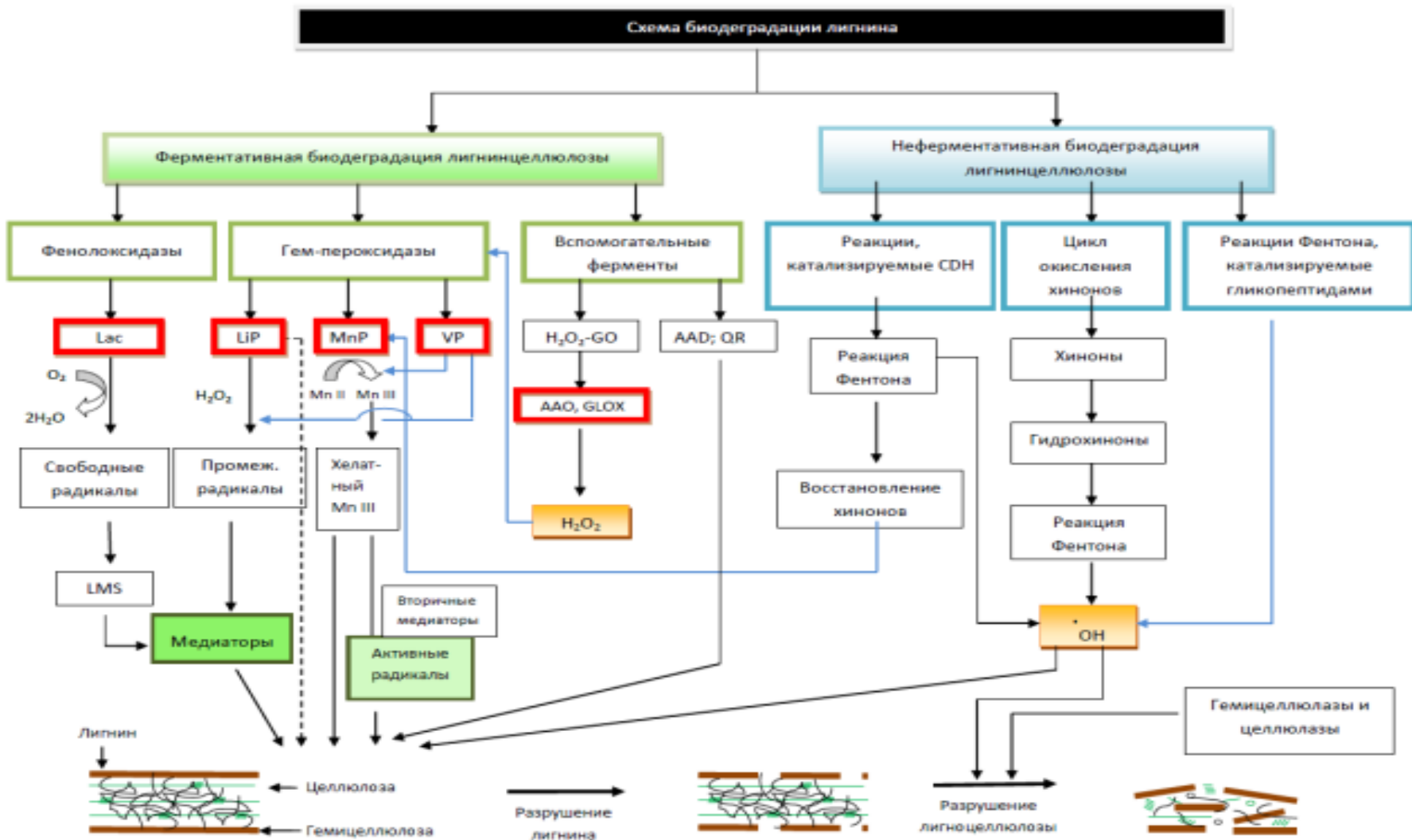
- Целлюлозу в основном создают высшие растения, которые на 40–70% состоят из нее
- Синтез целлюлозы сопряжен с ее разложением микроорганизмами – едва ли не колоссальнейший по масштабам естественный процесс. Почвенные микроорганизмы выступают как геохимические агенты, обеспечивающие возврат углерода в атмосферу в виде  $\text{CO}_2$ , необходимой для фотосинтеза.



**Лигнин** синтезируется только высшими растениями в древесине лиственных пород его 20–30%, хвойных – до 50%.

- Он вызывает одревеснение клеток и придает им большую прочность
- Разлагают его грибы и немногие бактерии
- Некоторые из них разрушают лигнин даже в живых растениях, например осенний опенок *Armiilariellamellea*.

# Разложение лигнина



# **По распространению в биосфере водород стоит на 3-м месте**

Главный источник образования водорода – деятельность микроорганизмов в почвах и водоемах. Он образуется также в рубце жвачных и пищеварительном тракте других животных, включая человека.

Способность выделять водород в процессах метаболизма присуща главным образом анаэробным бактериям, осуществляющим брожения

- Водород образуют сульфатредуцирующие бактерии, энтеробактерии, азотфиксирующие, пурпурные, зеленые и синезеленые бактерии, а также некоторые водоросли

Потребление водорода связано с участием ферментов – гидрогеназ

- Наибольшее значение имеют водородные бактерии, синтезирующие белок из  $\text{CO}_2$  за счет энергии окисления водорода
- Образование метана из углекислоты и водорода – одно из важных звеньев круговорота углерода.