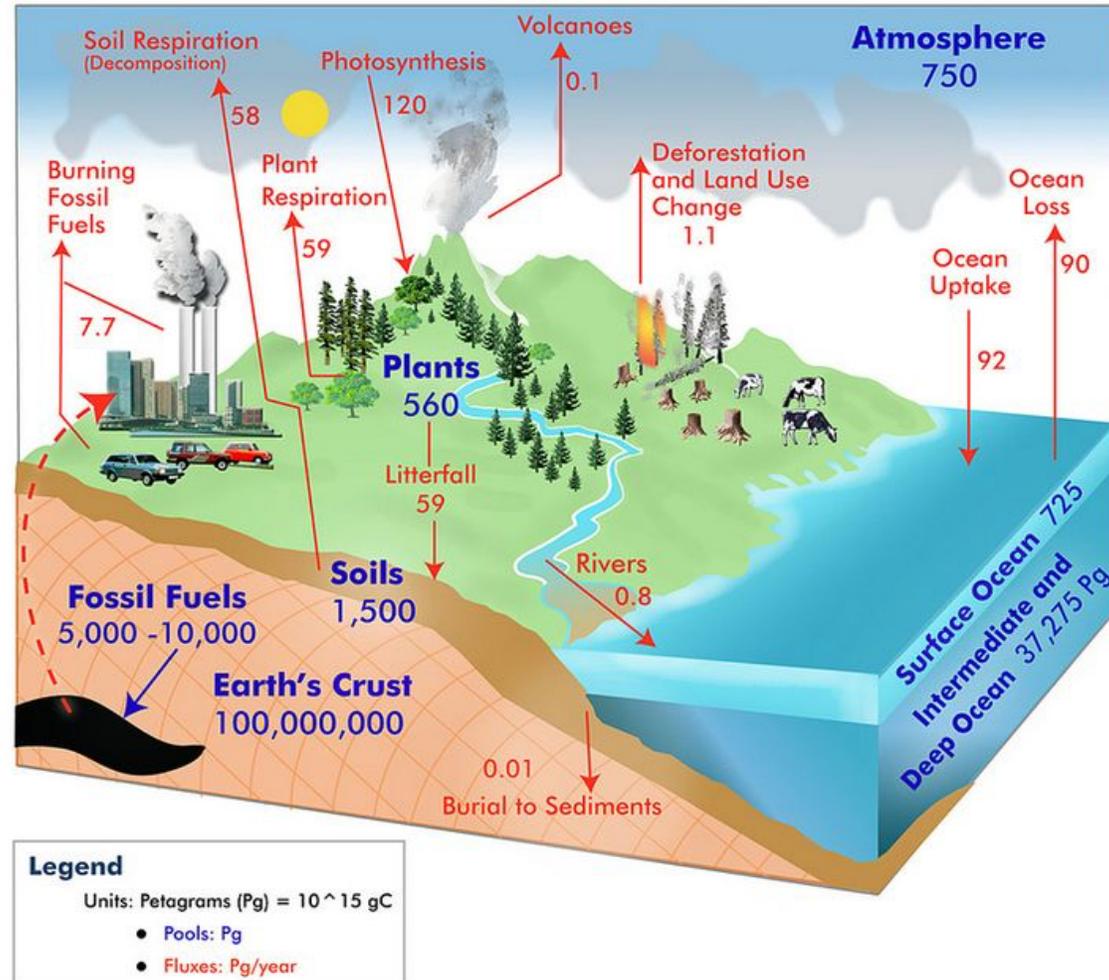


Лекция 6

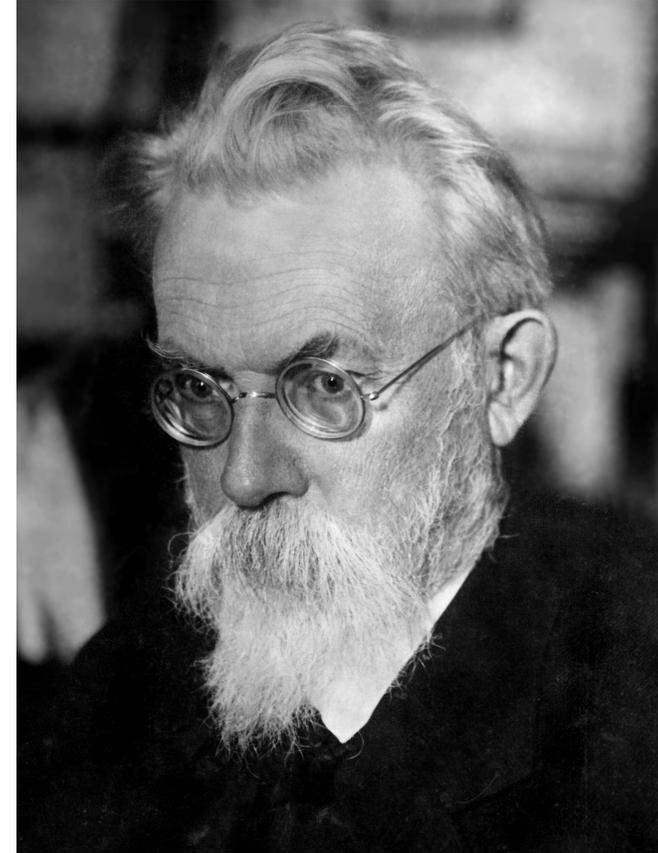
Биогеохимические циклы элементов и участие в них микроорганизмов



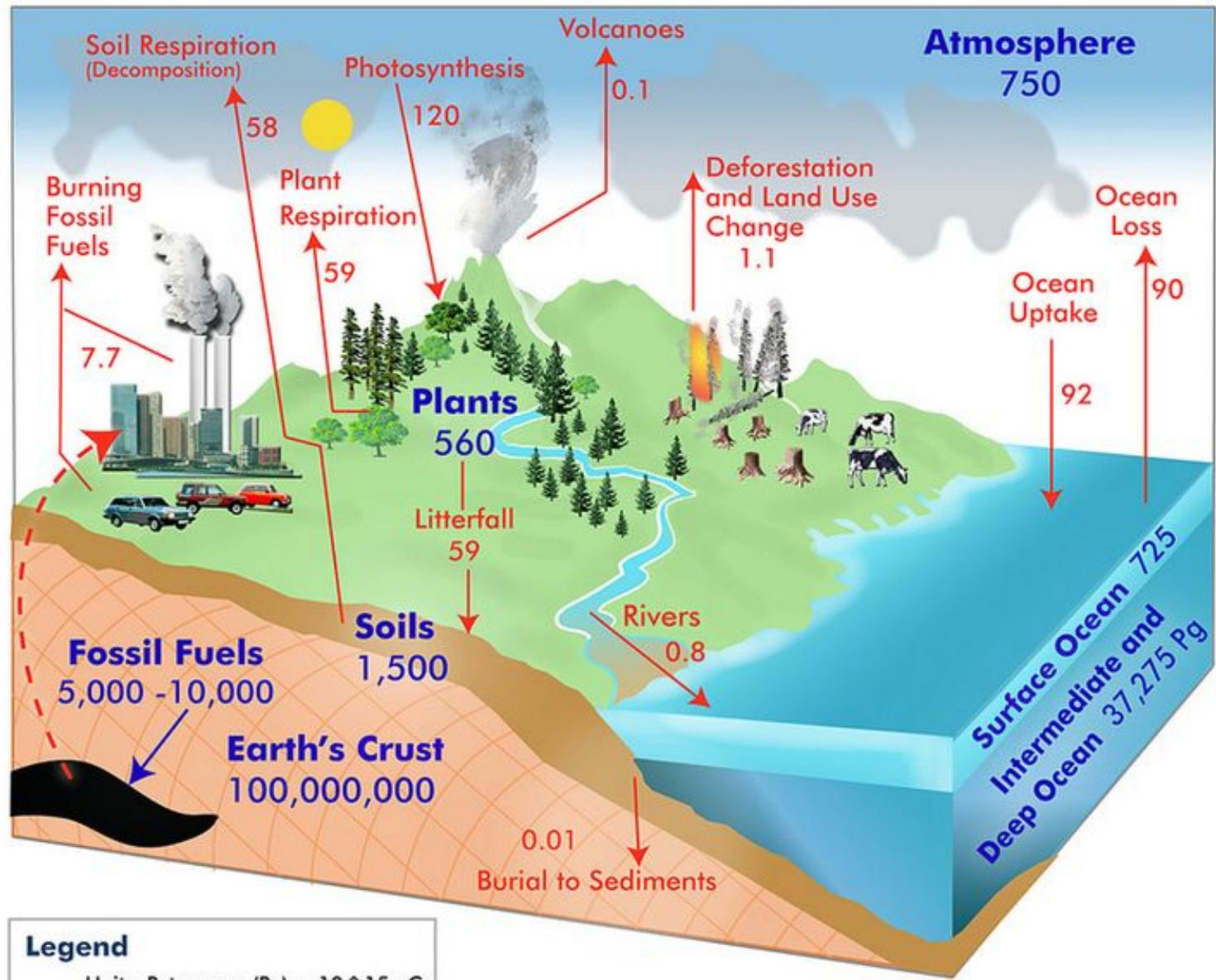
БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ЭЛЕМЕНТОВ

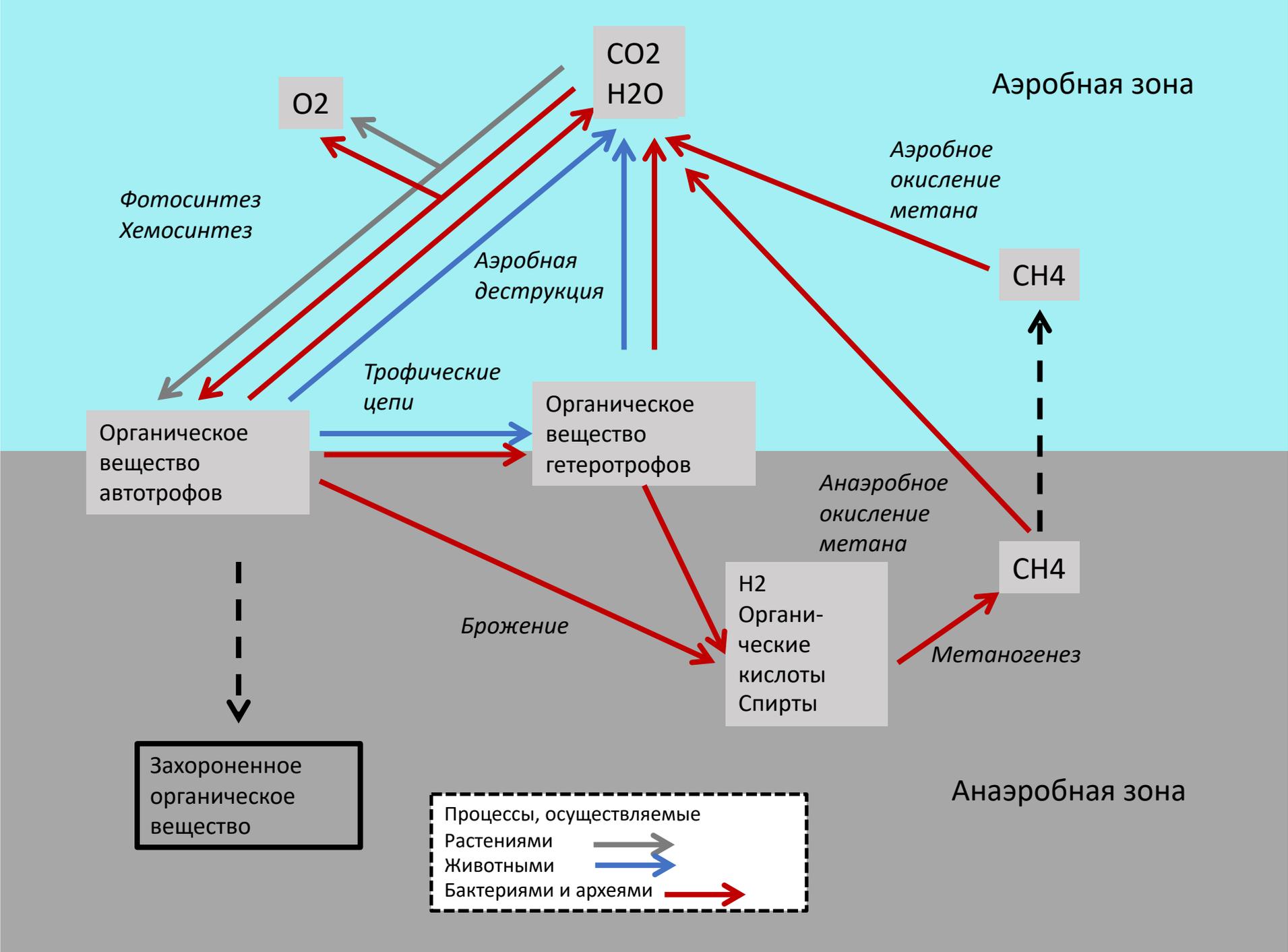
Биогеохимический цикл (круговорот веществ) — система незамкнутых и необратимых круговоротов веществ в биотических (биосфера) и абиотических (литосфера, атмосфера и гидросфера) частях Земли. Является основным свойством, характерной чертой биосферы.

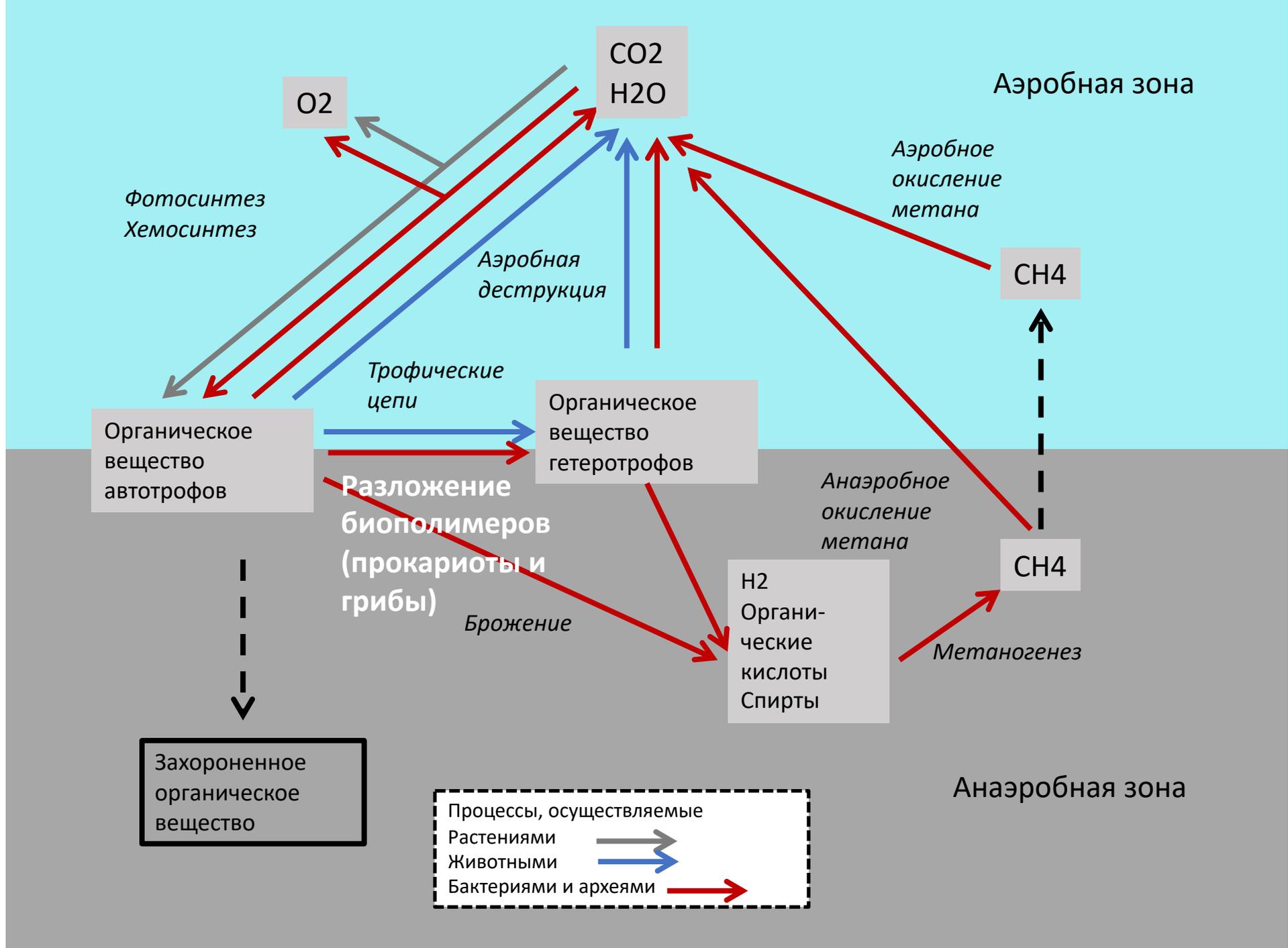
Благодаря круговороту веществ возможно длительное существование и развитие жизни при ограниченном запасе доступных химических элементов.



В.И. Вернадский – создатель учения о биогеохимических циклах (1910-е годы)







БИОПОЛИМЕРЫ

Выполняют множество важных функций в организмах живых существ:

- ✓ белки – структурная функция у животных, катализаторы метаболических реакций, etc, etc
- ✓ нуклеиновые кислоты – информация о первичной структуре белков, участие в синтезе белка
- ✓ полисахариды – структурная функция у растений и прокариот, запасные вещества
- ✓ липиды – компоненты мембран, запасные вещества

БИОПОЛИМЕРЫ

Некоторые биополимеры разрушаются только микроорганизмами

- ✓ Целлюлоза
- ✓ Ксилан
- ✓ Хитин
- ✓ Лигнин
- ✓ Резистентные белки (кератины)

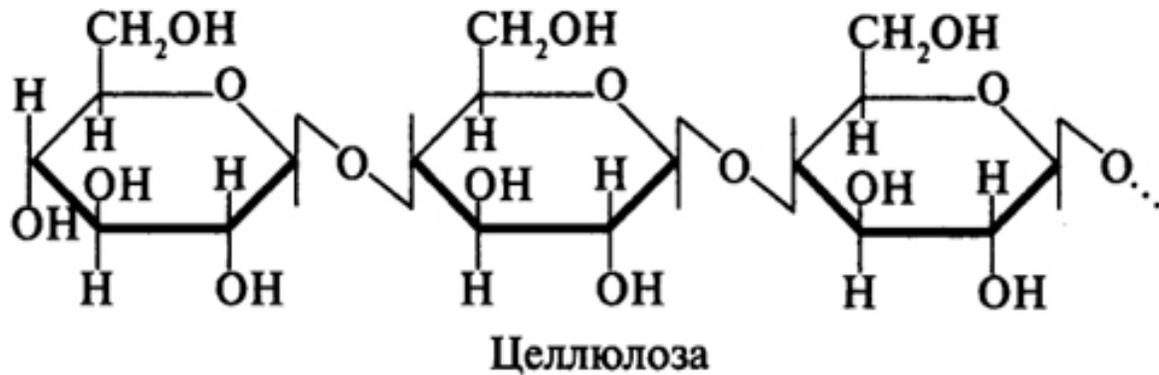
ЭКЗОФЕРМЕНТЫ

- ферменты, секретируемые клеткой во внешнюю среду или остающиеся связанными с клеточной стенкой

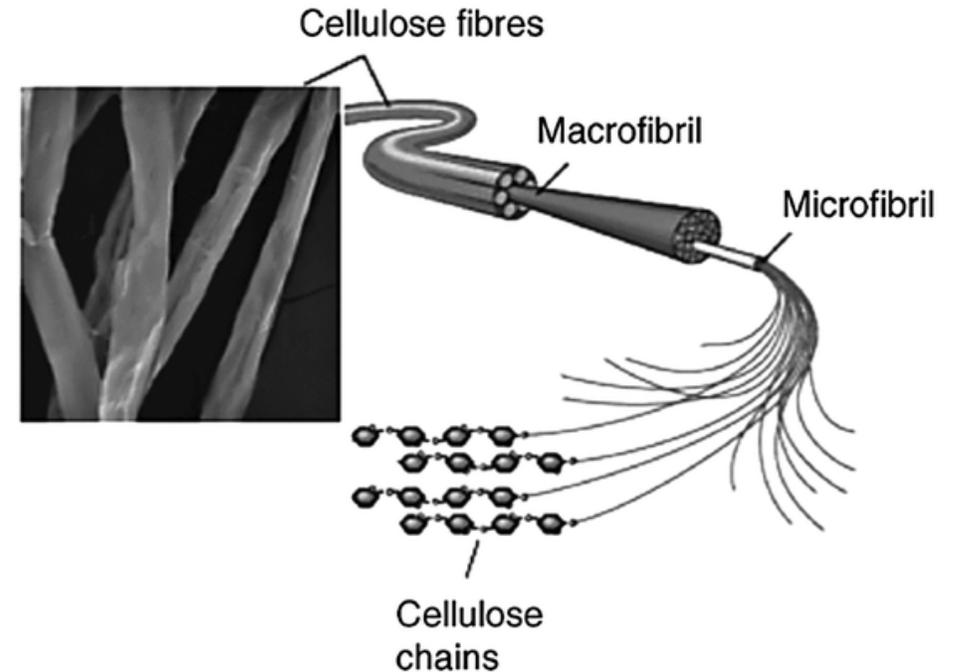


ЦЕЛЛЮЛОЗА

Целлюлоза – важнейший биополимер, основной структурный элемент растений (~50% углерода растений)



Состоит из связанных между собой гликозидной связью молекул глюкозы



ЦЕЛЛЮЛОЗА

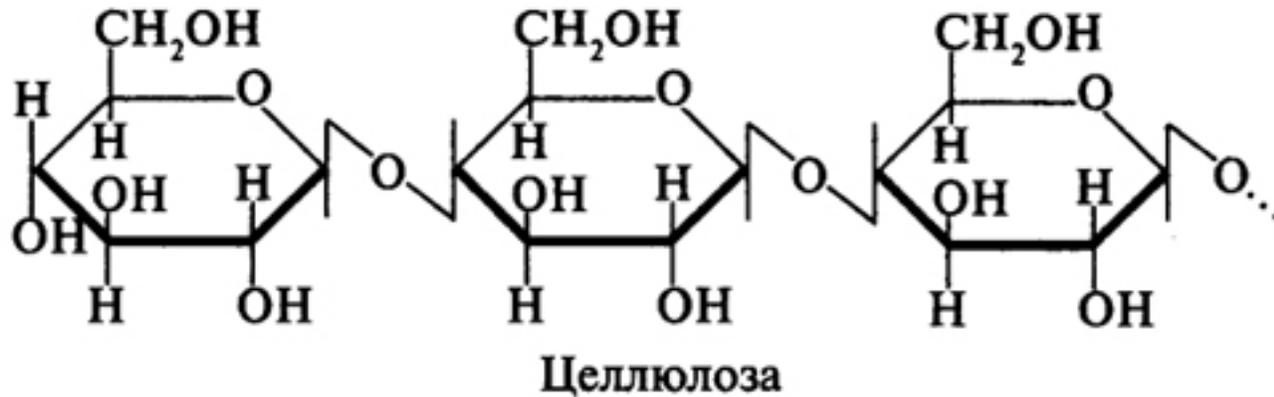
Разложение целлюлозы – **гидролиз**
(реакция с водой)

Кислотный или ферментативный

Фермент целлюлаза

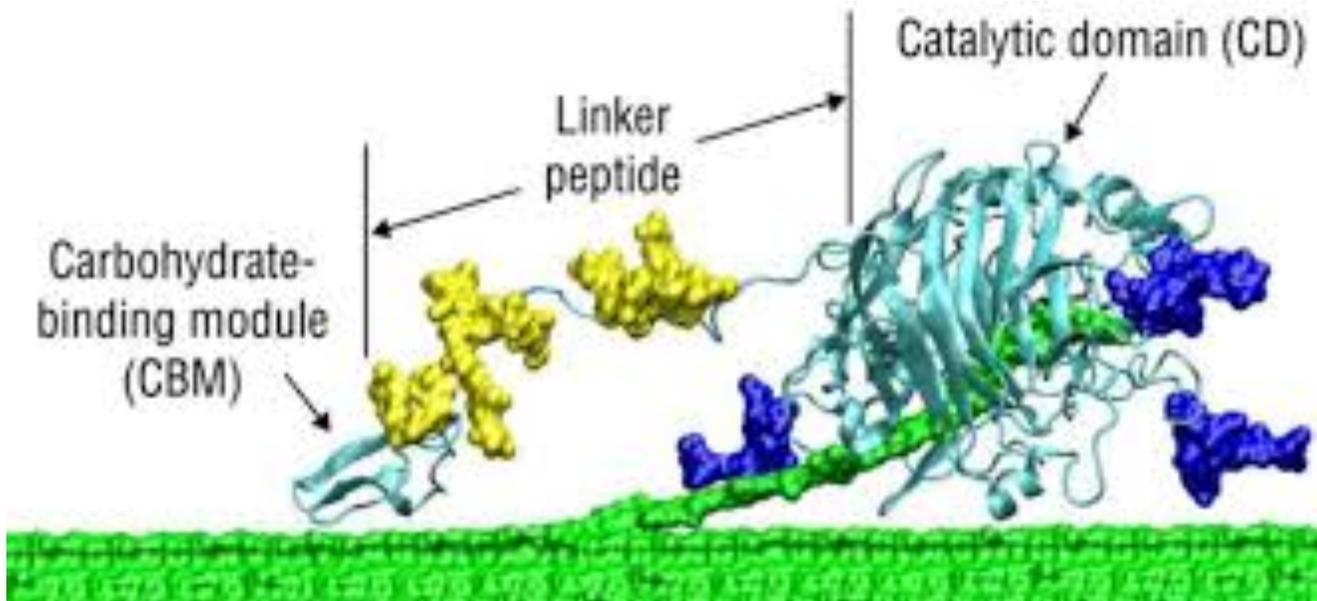
Бета-гликозидаза

Экзо- или эндо глюконаза



В целлюлозный комплекс
входит также целлобиаза –
фермент, разлагающий
дисахарид целлобиозу на две
глюкозы

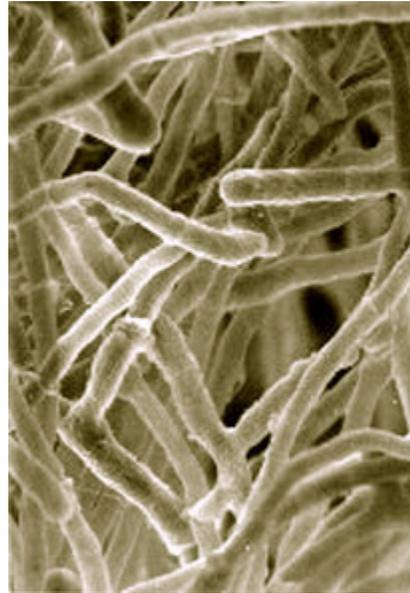
ЦЕЛЛЮЛАЗА



Важный компонент
целлюлазы –
целлюлозосвязывающий
домен

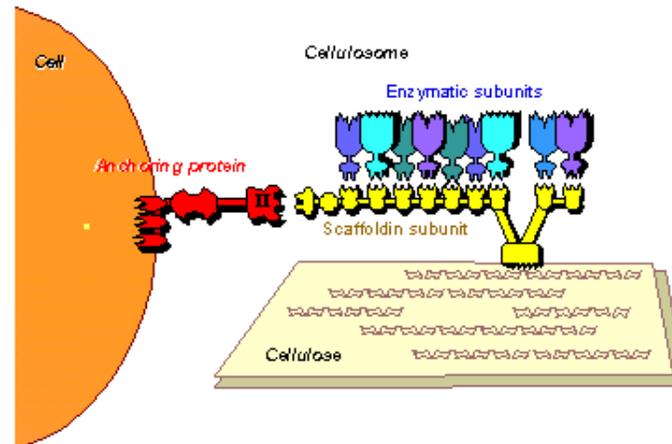
ЦЕЛЛЮЛАЗЫ

- ✓ Грибы
- ✓ Аэробные бактерии
- ✓ Анаэробные бактерии



Trichoderma viride

The cellulosome of *C. thermocellum*



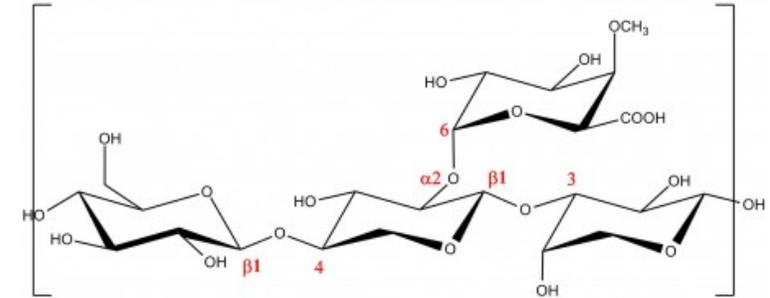
КСИЛАН

Ксиланы, или гемицеллюлозы

Полисахариды, у которых мономером является ксилоза (5-углеродный сахар)

Ксиланы различаются по строению; к основной цепи присоединяются боковые ответвления

Перемежает целлюлозу, связывая фибриллы и определяет прочность растительных тканей



Ксилан – 3-й по
распространенности полимер
на Земле

КСИЛАНАЗА

Способность разлагать ксилан довольно широко распространена в микробном мире (есть у бактерий, грибов, архей, а также у некоторых позвоночных, но не у млекопитающих)

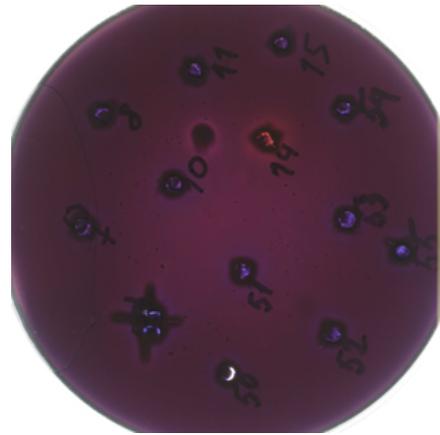
Определяется наличием фермента ксиланазы

Ксиланазы используются при отбеливании бумаги и для улучшения усваиваемости кормов

Целлюлолитические археи

Thermococcus 2319x1

- первая гипертермофильная архея, растущая на ксилане



Обладает ксиланазной активностью



Выделен из прибрежных гидротерм о. Кунашир



Сергей
Гаврилов

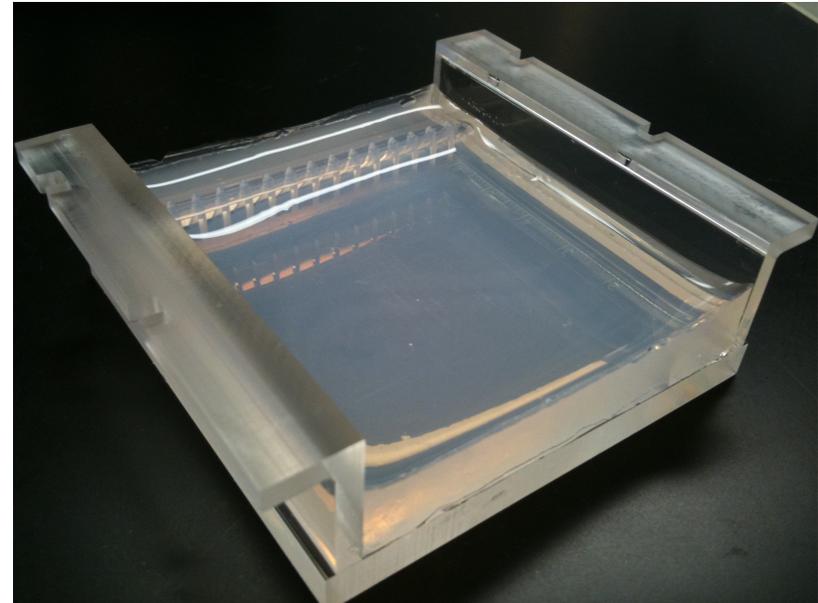
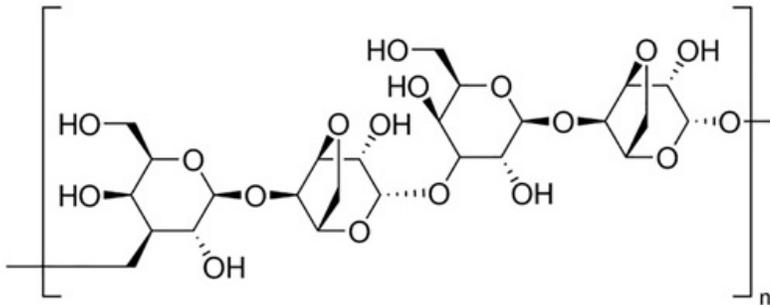


Илья
Кубланов

В геноме *Thermococcus* 2319x2 обнаружен ген, кодирующий мультидоменный белок, включающий эндоглюканызы (GH5 и GH12) и два целлюлозо-связывающих модуля

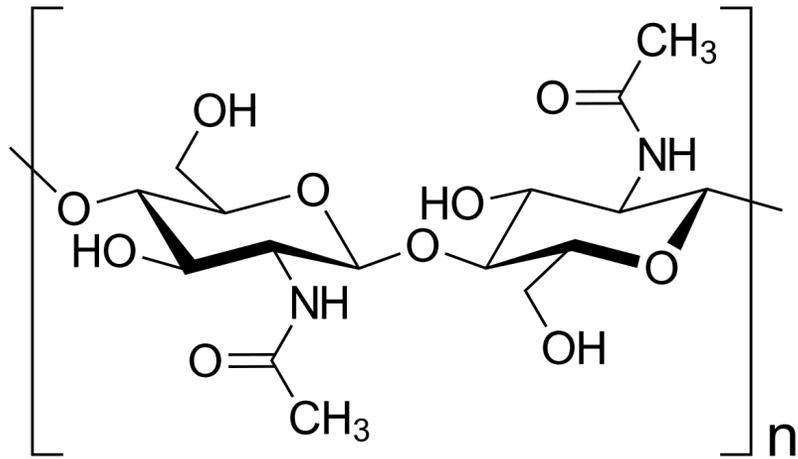
АГАРОЗА И АГАРАЗА

Агароза – основной компонент агара, полисахарид водорослей
Полимер галактопиранозы



Агароза используется для разделения белков и нуклеиновых кислот в процессе электрофореза
Агараза разлагает агарозу и освобождает белки

ХИТИН И ХИТИНАЗА

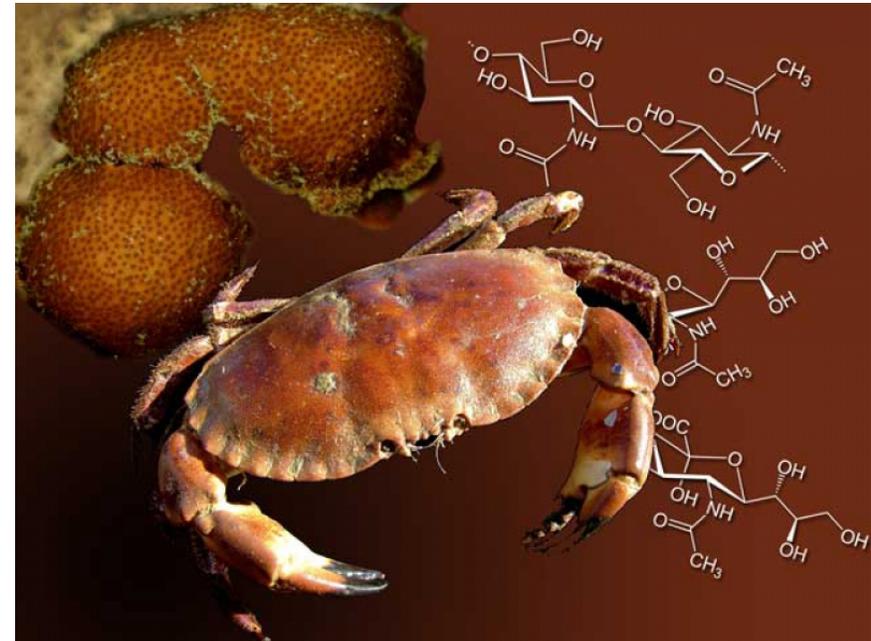


Полимер N-ацетилглюкозамина

Панцири и крылья членистоногих и насекомых

Хитозан – производное хитина, обладает способностью адсорбировать органические и неорганические молекулы

Хитиназа – фермент, разлагающий хитин

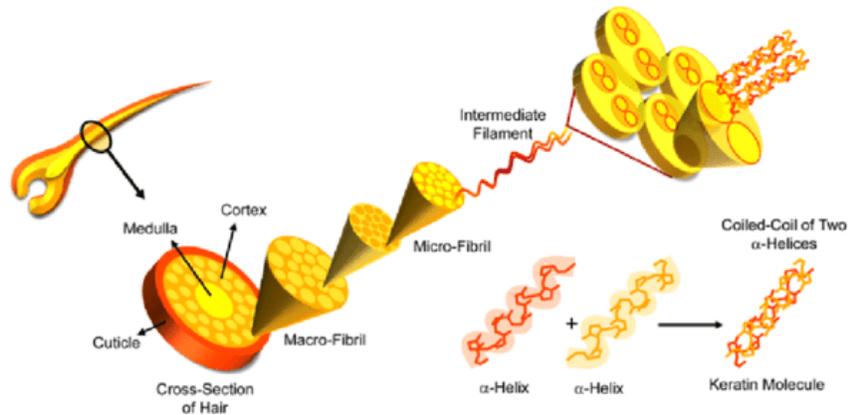


Протеазы и протеинолитики

Крайне прочные и трудноразлагаемые белки – кератины

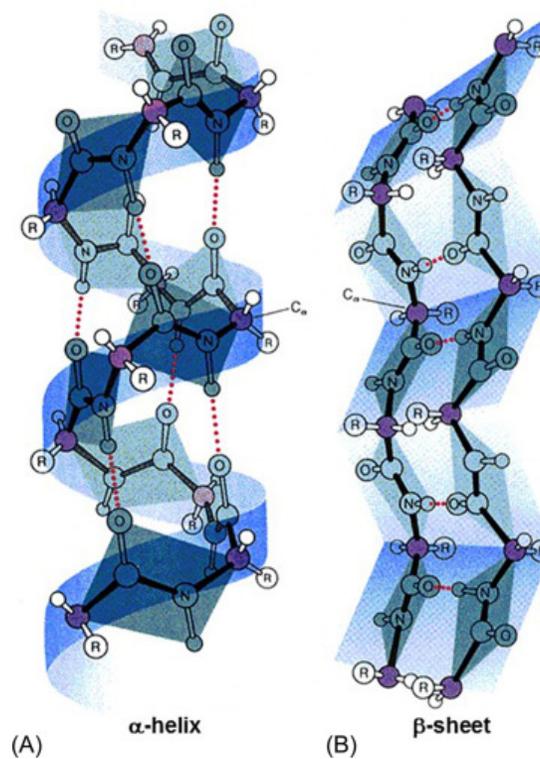
альфа-кератин

Шерсть, волосы



бета-кератин

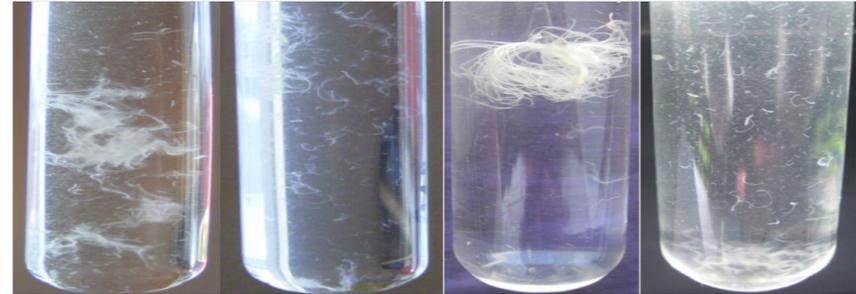
Перья, чешуя
Шелк, паутина



Протеазы и протеинолитики

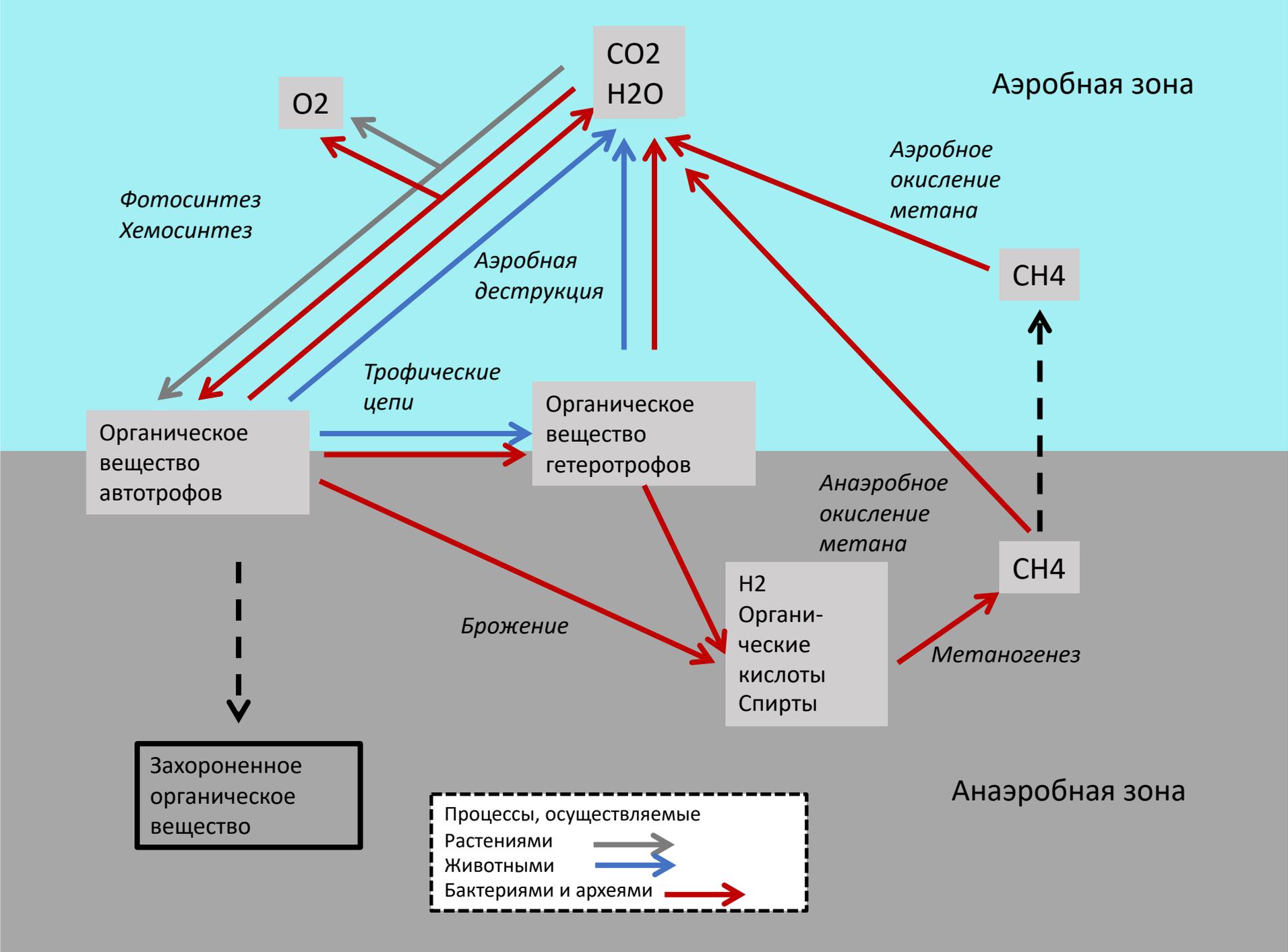
Кератиназы – ферменты грибов, бактерий и архей

Способны разлагать альфа- и бета-кератины до пептидов и аминокислот

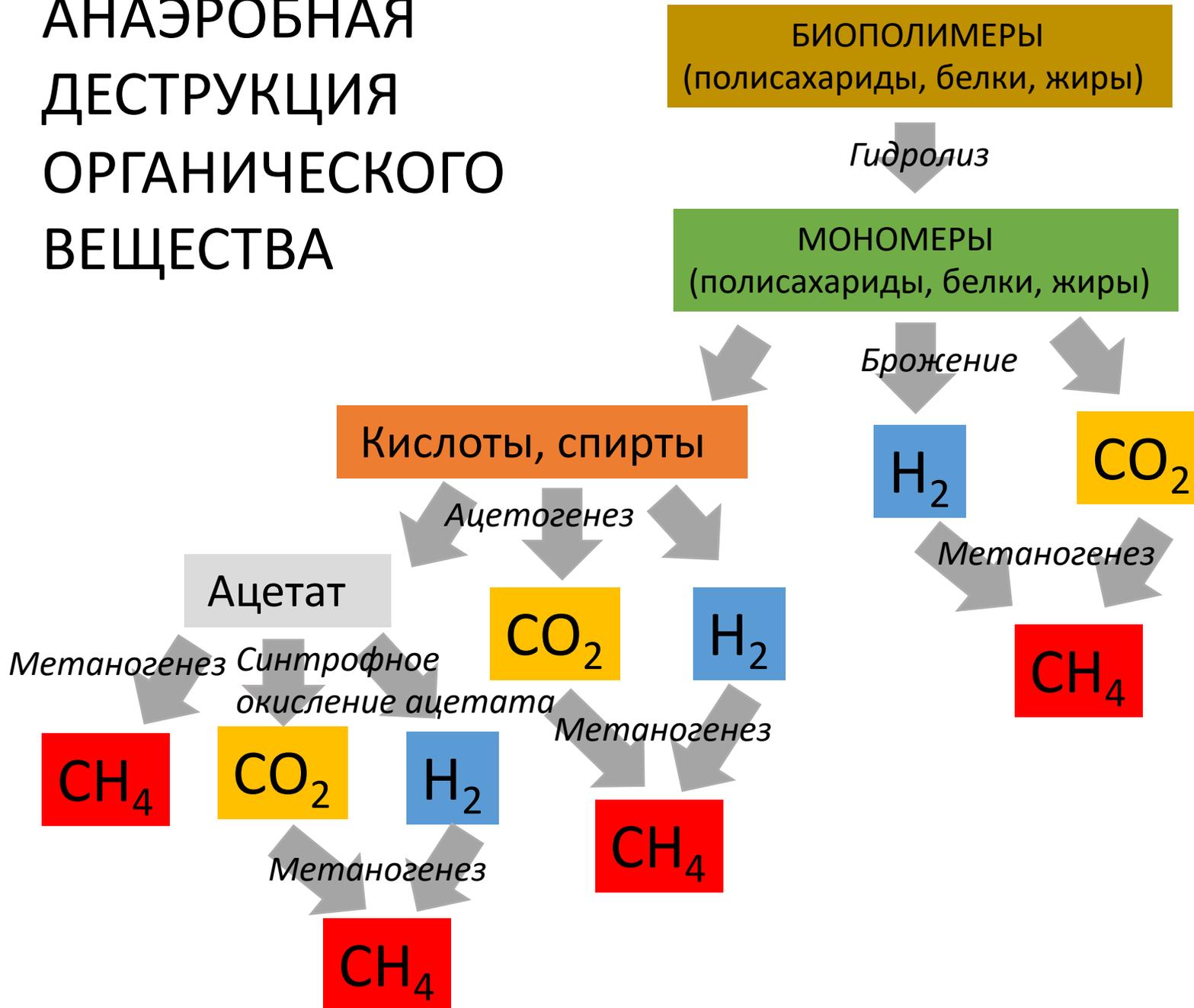


контроль опыт контроль опыт

Разложение перьев анаэробными гипертермофильными археями (Т 85°C, 7 дней культивирования)



АНАЭРОБНАЯ ДЕСТРУКЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

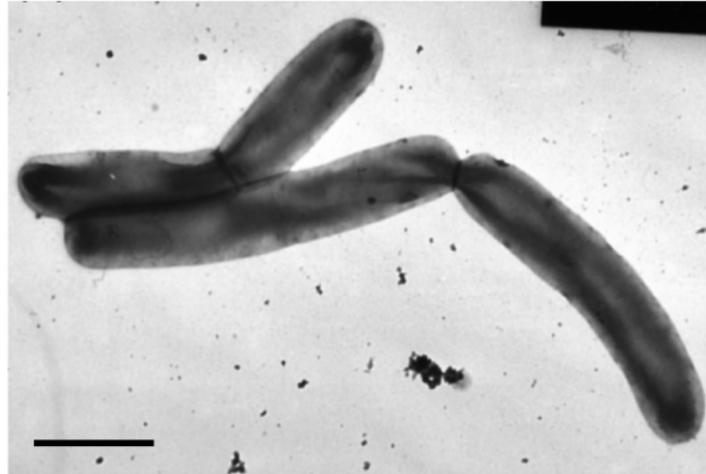
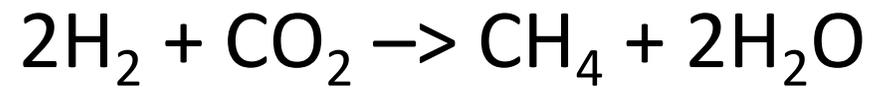


- Метан образуется:
- на стадии брожения, стимулируя его
 - на стадии ацетонегеза, делая его возможным
 - на стадии синтрофного разложения ацетата
 - непосредственно из ацетата

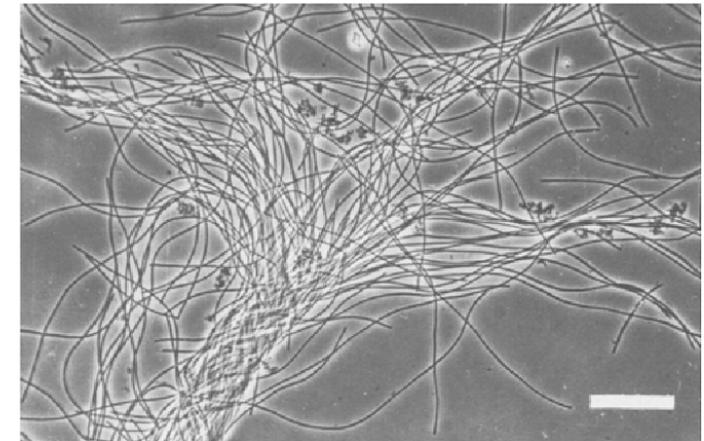
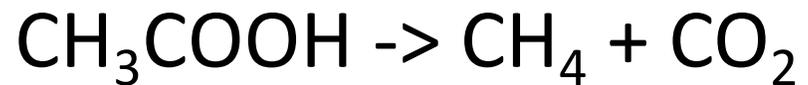
МЕТАНОГЕНЕЗ

Археи филума *Euryarchaeota*

Литотрофный метаногенез



Ацетокластический метаногенез

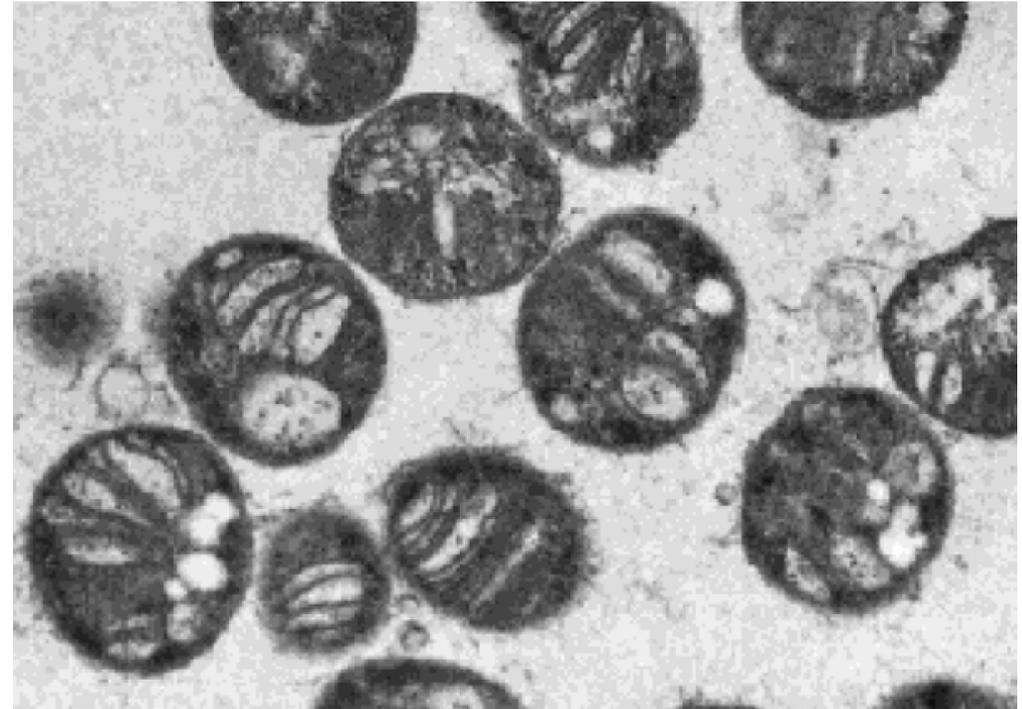


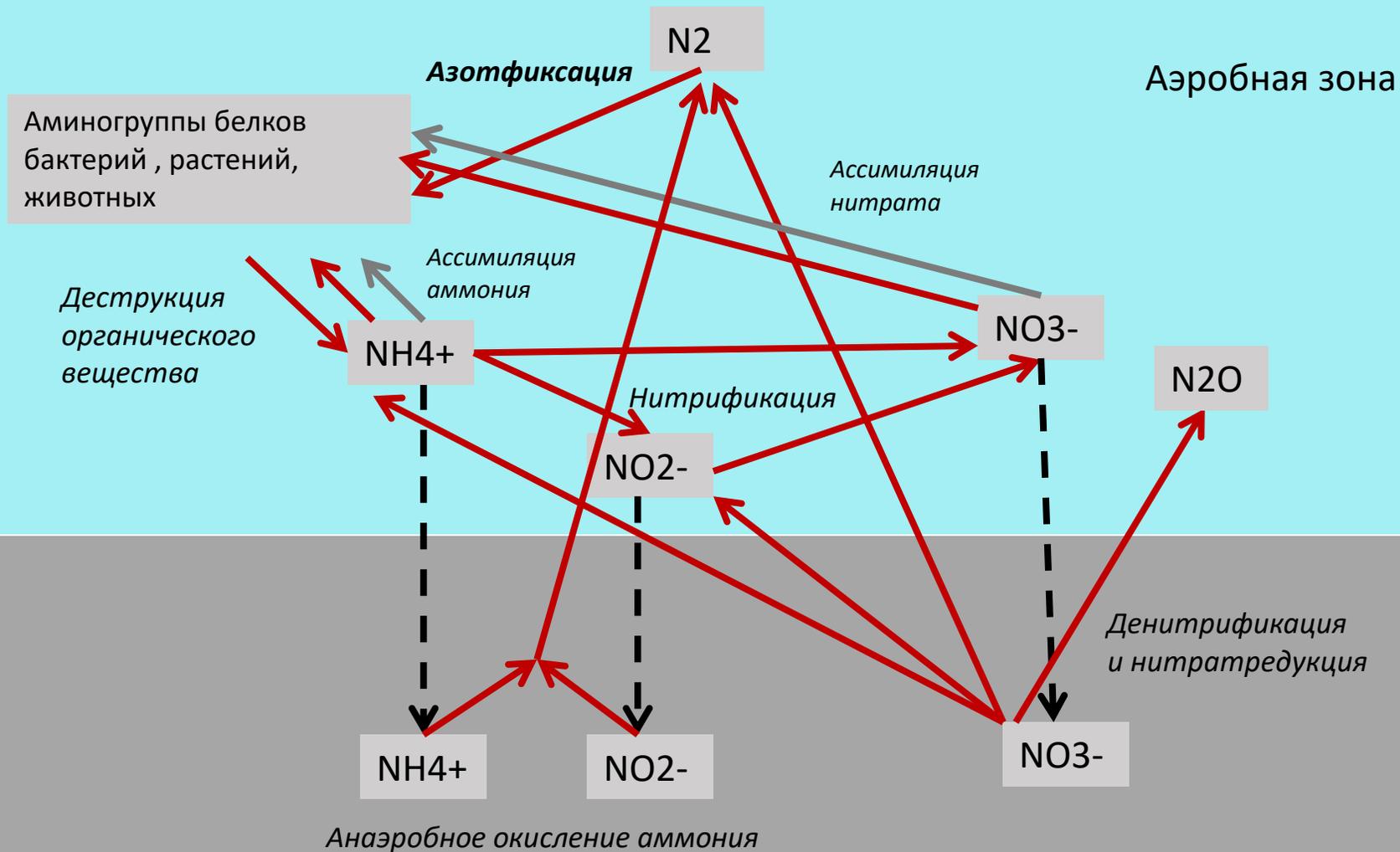
МЕТАНОКИСЛЯЮЩИЕ БАКТЕРИИ



Аэробное окисление метана идет на границе аэробной и анаэробной зон и является фильтром, частично ограничивающим выход метана в атмосферу

Осуществляется бактериями разных филогенетических линий





Анаэробная зона

АССИМИЛЯЦИЯ АЗОТА=АЗОТФИКСАЦИЯ

Азот необходим всем живым организмам для построения белков

Основная часть азота на Земле – N_2 , свободный азот атмосферы (80%)

Только прокариоты имеют механизм для включения свободного азота в свой обмен

Фермент **нитрогеназа**, есть у многих бактерий и архей

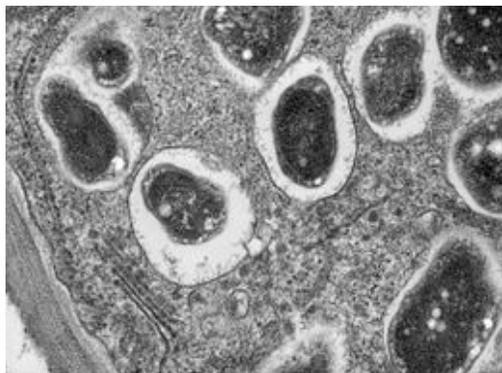


АССИМИЛЯЦИЯ АЗОТА=АЗОТФИКСАЦИЯ

Симбиотические азотфиксаторы
– клубеньковые бактерии
бобовых

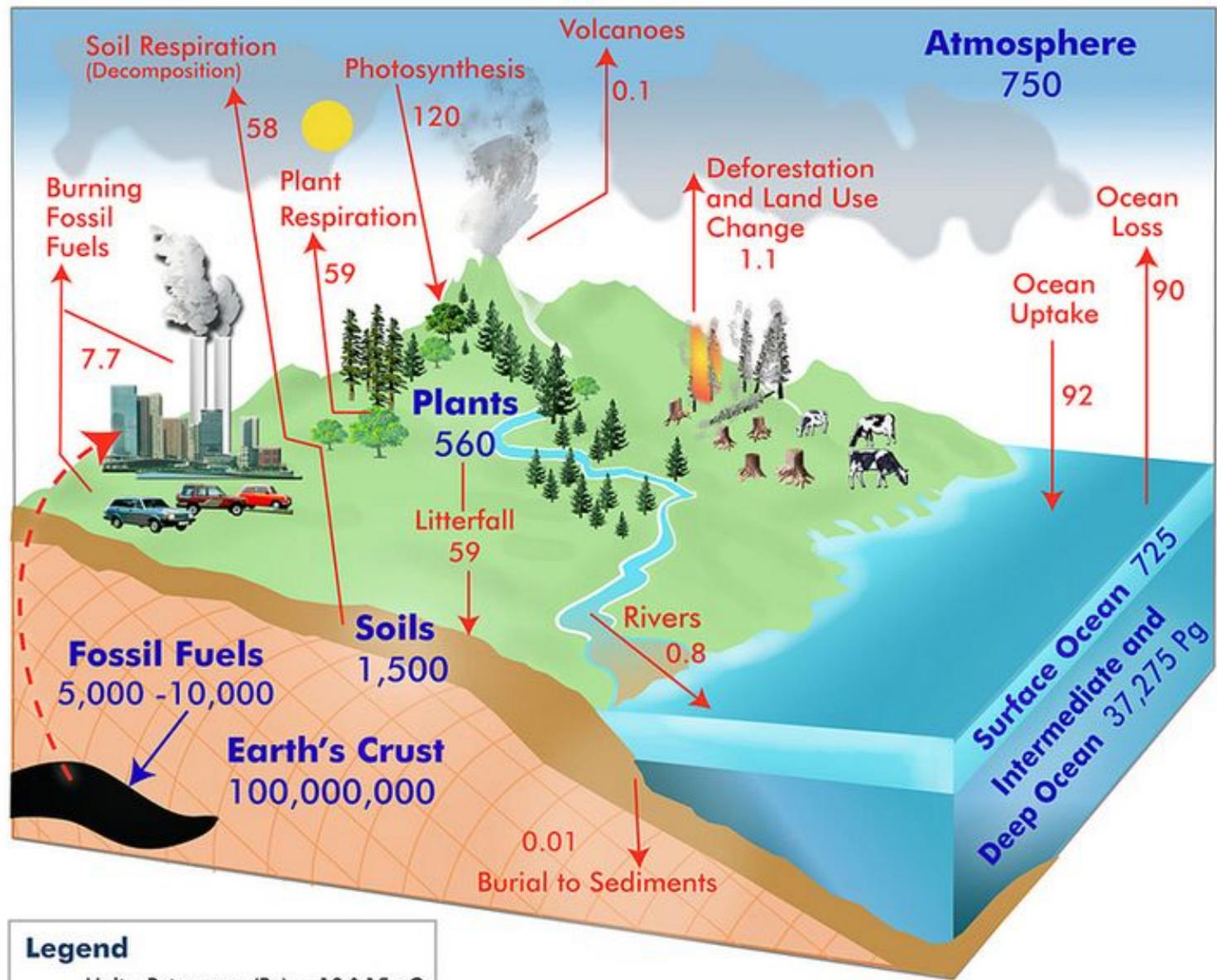


Свободноживущие азотфиксаторы
ассоциированы с корнями и
питаются их эксудатами



Присутствуют в кишечнике
травоядных млекопитающих,
обеспечивая их азотом







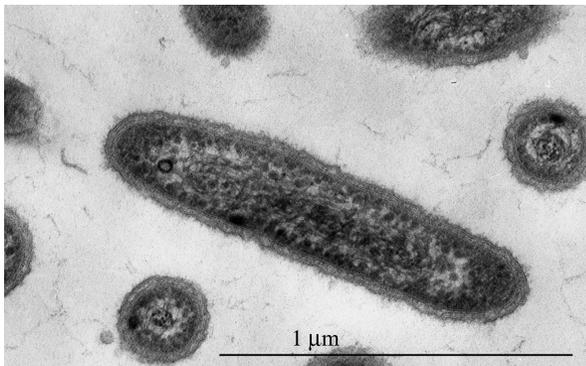
Phylum *Ignavibacteria*



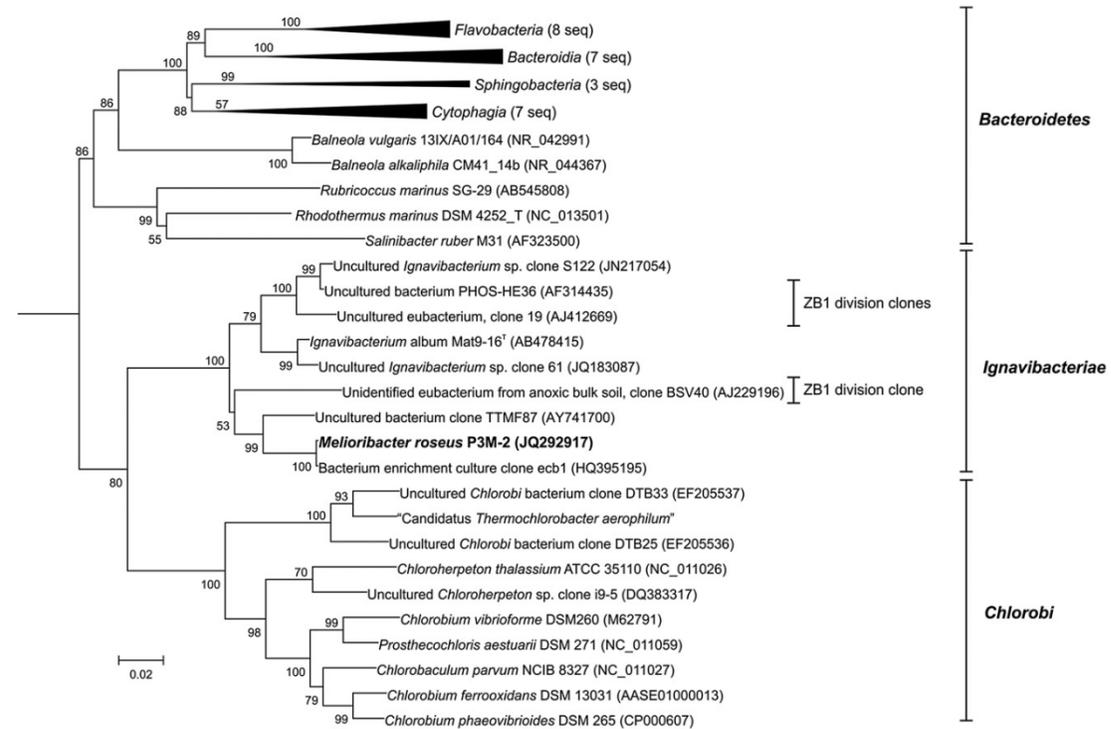
Илья
Кубланов



Ольга
Подосокорска
я

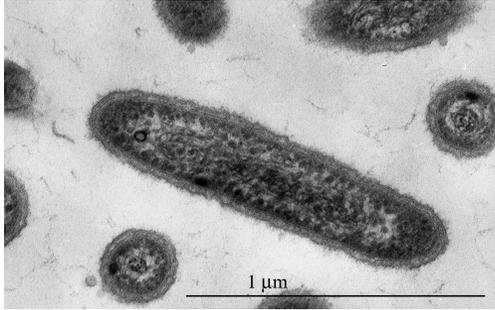


Melioribacter roseus



Podosokorskaya et al., Environmental Microbiology, 2013, 15:1759-71.

Phylum *Ignavibacteria*

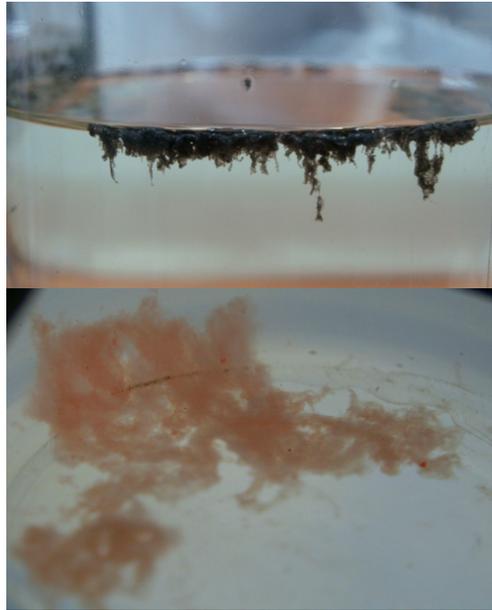


Melioribacter roseus

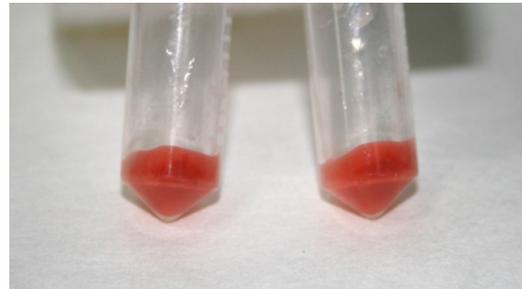
Moderate thermophile
Facultative anaerobe

Substrates: mono- and disaccharides, polysaccharides (MCC, CMC, xylan, starch, lichenan, dextran, xanthan gum), proteins, acetate

Electron acceptors: oxygen, Fe(III), arsenate, nitrite



Biofilms



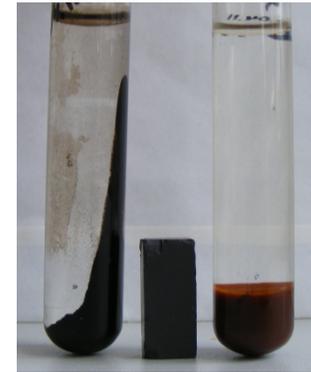
Precipitated cells



Илья
Кубланов



Ольга
Подосокорская



Iron reduction



Arsenate reduction

Разложение углеводородов

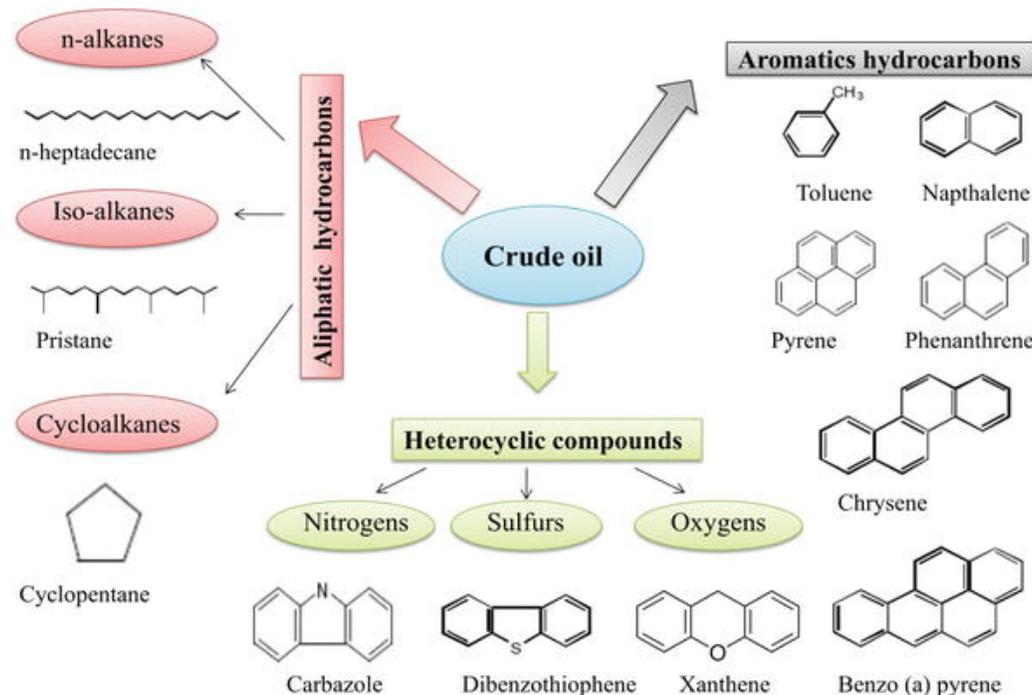
Нефть и нефтепродукты

Разлагаются аэробно и анаэробно (сульфатредукция), в том числе при низких температурах

Большое значение имеет продукция биосурфактантов (ПАВ)

Только бактерии и грибы

Алканы (парафины) разлагаются с помощью фермента алкан-монооксигеназы



Разложение углеводородов

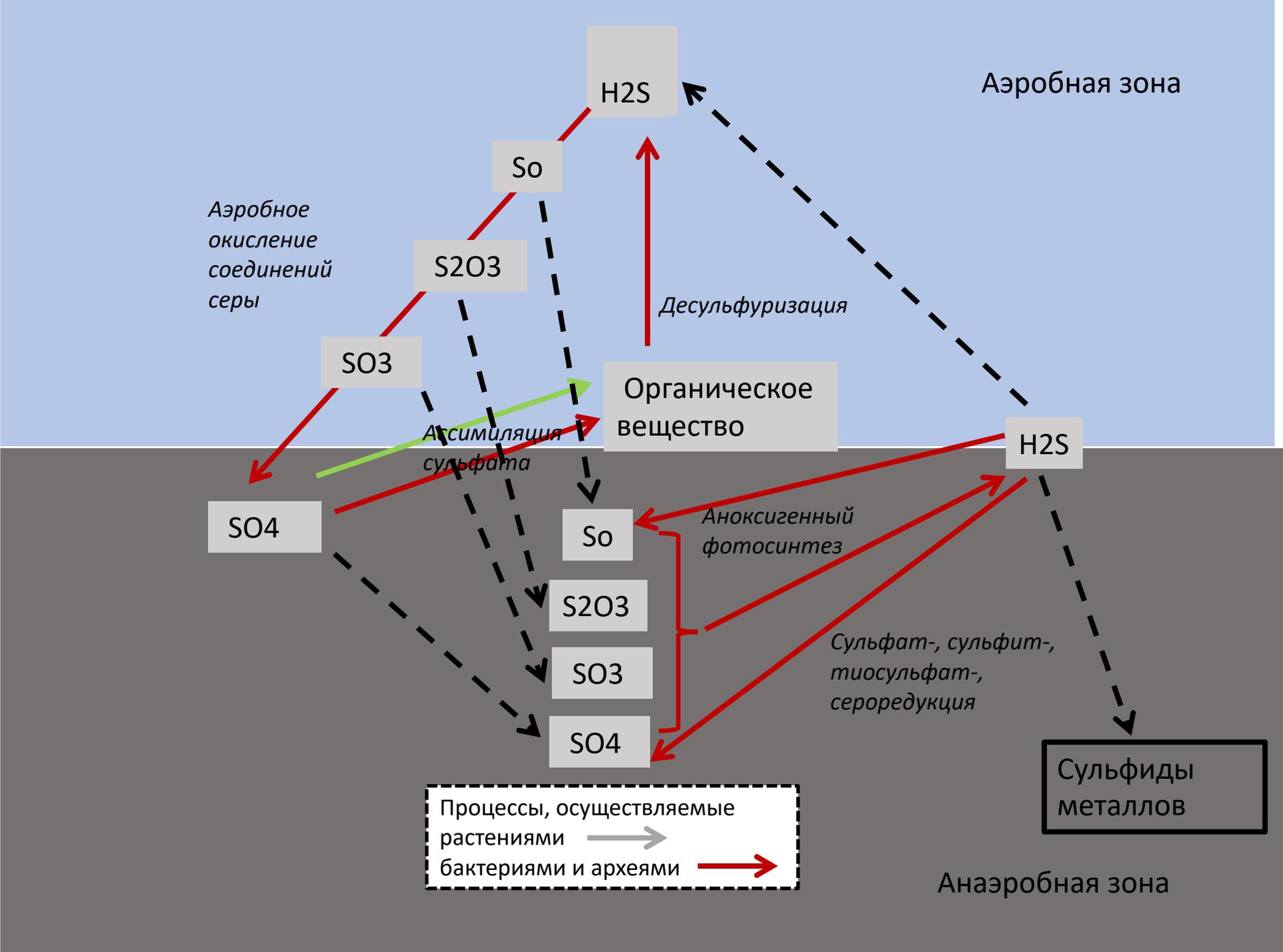
Способность бактерий окислять углеводороды широко используется для очистки загрязненных биотопов

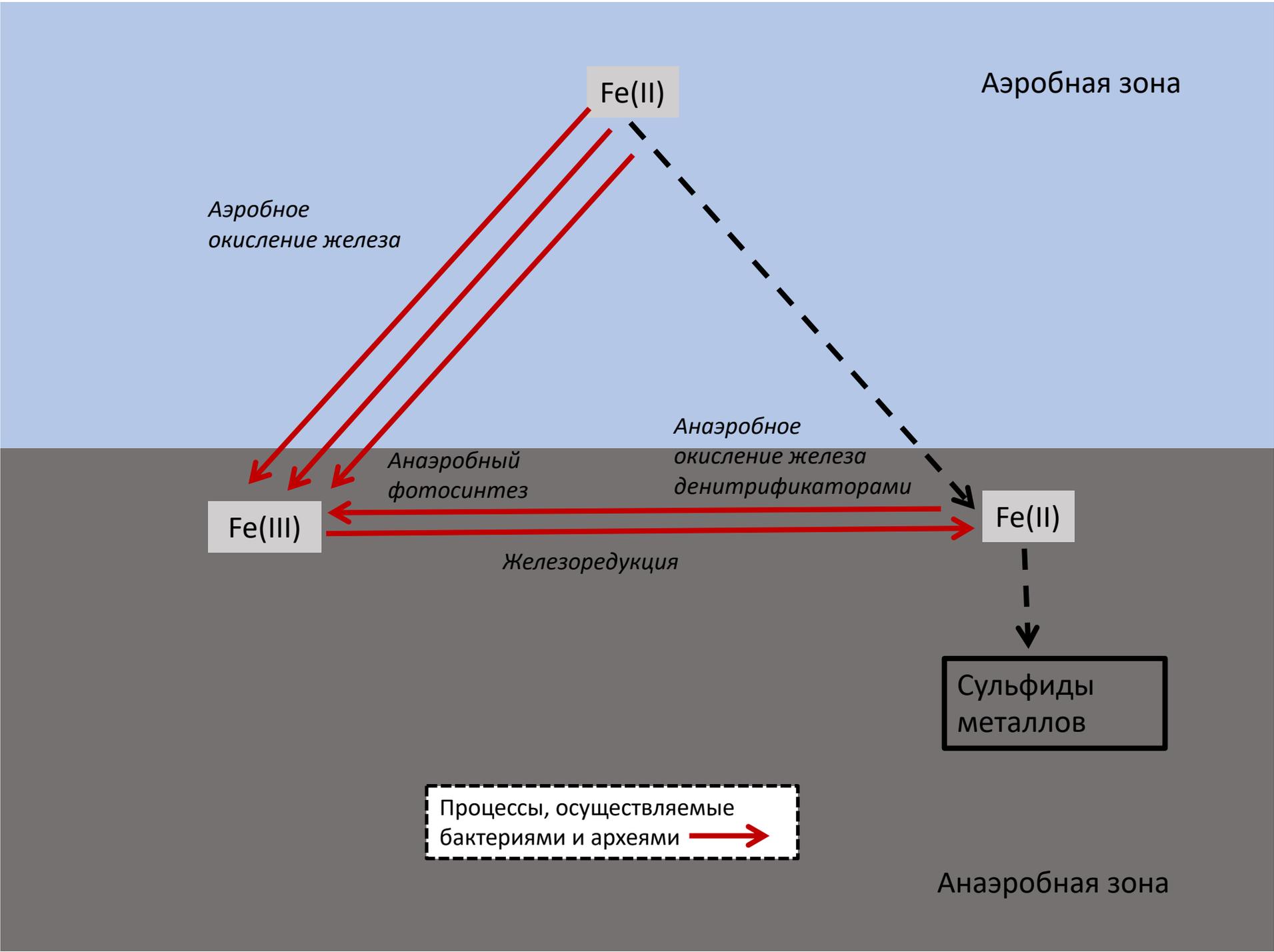
Препараты обычно включают смесь микроорганизмов с разными свойствами



Разлив нефти в Мексиканском заливе произошел на глубине 1525 м (2010 г.)

Активация аборигенной микрофлоры, разлагающей углеводороды при низких температурах





Fe(II)

Аэробная зона

Аэробное окисление железа

Анаэробное окисление железа денитрификаторами

Анаэробный фотосинтез

Fe(III)

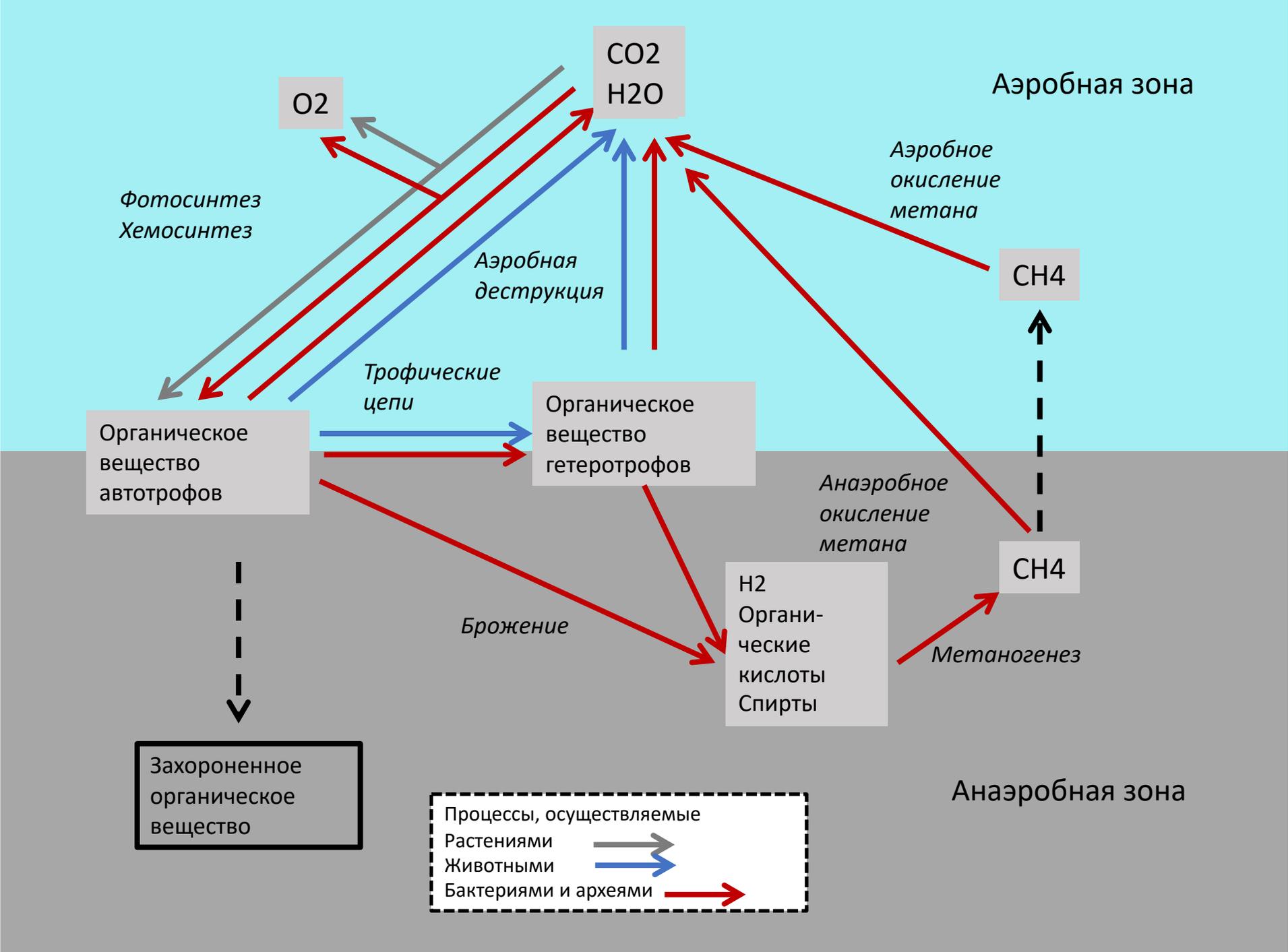
Fe(II)

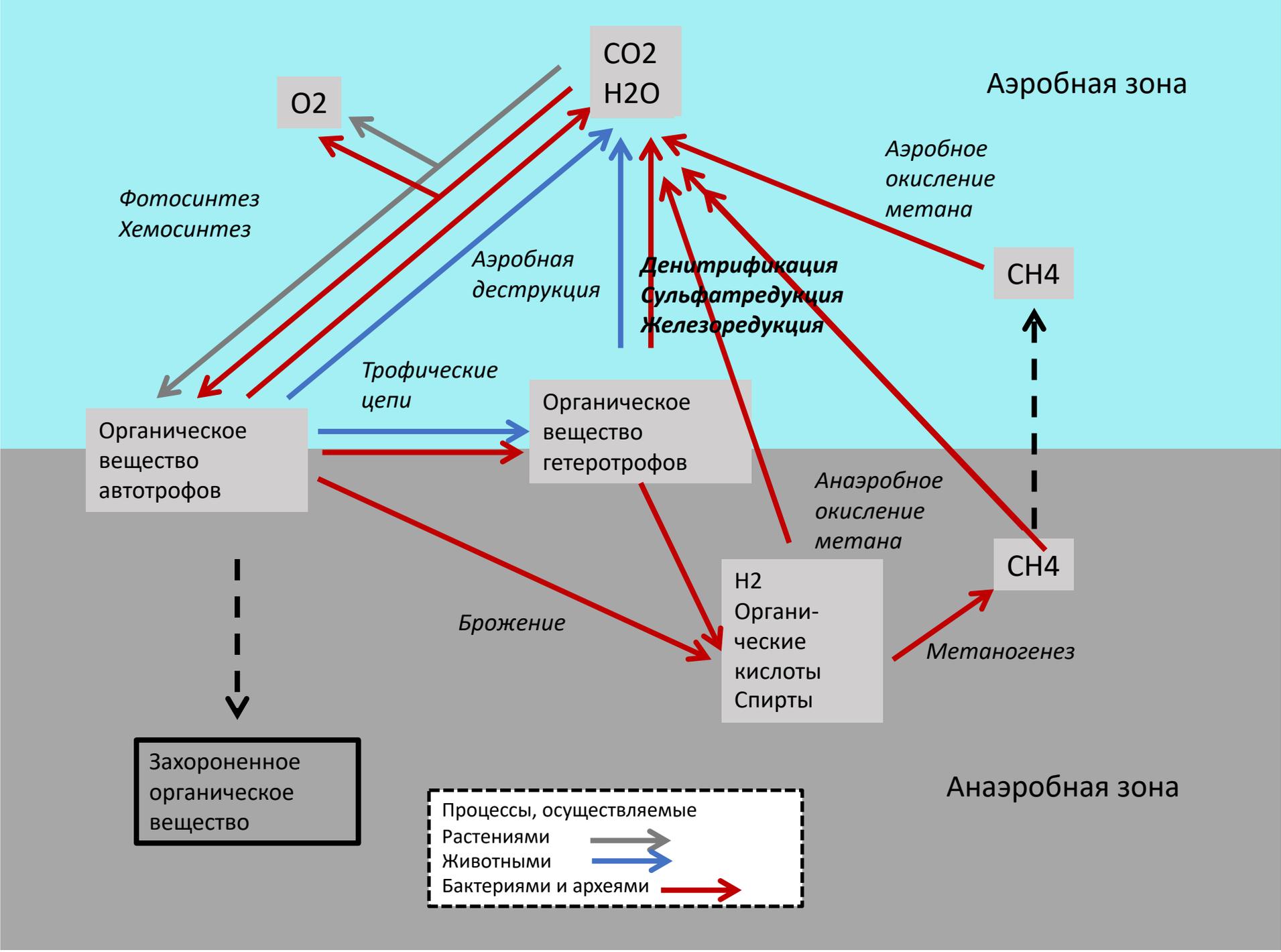
Железоредукция

Сульфиды металлов

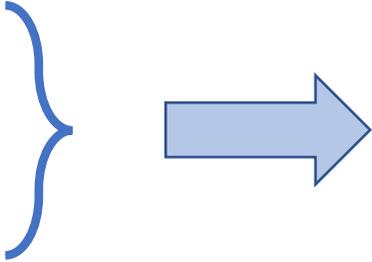
Процессы, осуществляемые бактериями и археями

Анаэробная зона





БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ЦИКЛЫ ЭЛЕМЕНТОВ

- Обязательно разомкнуты
 - Процессы идут с разной скоростью
- 
- Обеспечиваются пулы свободных соединений**
- Циклы важнейших биогенных элементов многократно пересекаются и взаимодействуют между собой