

Аноксигенный тип фотосинтеза (бескислородный). В этом случае донором электронов для синтеза восстановителя, а также регенерации окисленного светом хлорофилла является не вода, а соединения серы – H_2S , SO_3^{2-} , S , $S_2O_3^{2-}$ и др., а также органические вещества – органические кислоты, сахара, спирты, аминокислоты и др. /Обнаружены фототрофные бактерии группы пурпурных бактерий, у которых донором электронов при фотосинтезе являются нитриты, окисляющиеся при этом до нитратов (очистные отстойники)./

Аноксигенный тип фотосинтеза осуществляет несколько фототрофных **групп бактерий**:

- пурпурные (серные/несерные) бактерии и эритробактерии;
- зеленые серные бактерии;
- зеленые нитчатые (несерные) бактерии;
- гелиобактерии;
- ацидобактерии.

Пурпурные бактерии

Пурпурные серные бактерии

Систематика. Близкородственная группа бактерий. Принадлежат к Филе *Proteobacteria* Классу *Gammaproteobacteria* Порядку *Chromatiales*:

Семейству *Chromatiaceae* (*Chromatium*, *Allochromatium*, *Thermochromatium*, *Halochromatium*, *Marichromatium*, *Amoebobacter*, *Lamprobacter*, *Lamprocystis*, *Pfennigia*, *Thiocapsa*, *Thiocystis*, *Thiococcus*, *Thiopedia*, *Thiospirillum*, *Thioalkalicoccus* etc);

Семейству *Ectothiorhodospiraceae* (*Ectothiorhodospira*, *Halorhodospira*, *Thioalkalispira*, *Thiorhodospira*).

Морфология. Одноклеточные, в большинстве подвижные. Кокки, палочки, спириллы, вибрионы, колониальные формы. Форма клетки часто отображена в названии. При микроскопии внутри клеток обнаруживаются гранулы элементарной серы, т.е. элементарная сера откладывается внутри клеток. У некоторых представителей (например, р. *Ectothiorhodospira*) – внеклеточно.

Строение. Грамотрицательный морфотип. Некоторые образуют аэросомы, фотосинтетический аппарат локализован в ЦПМ и мембранах хроматофоров (интрацитоплазматические мембраны). Окраска колоний бактерий варьирует от пурпурно-фиолетового до пурпурно-красного, красного, оранжево-коричневого, желтовато-коричневого, коричнево-красного, коричневого и даже зеленого. Содержат бактериохлорофиллы а или b. Фотосистема RCII-типа. Содержат различные каротиноиды, например спириллоксантин, окенон и др.

Метаболизм. Преимущественно фотолитоавтотрофы. Некоторые представители показывают и гетеротрофный рост в анаэробных условиях. В микроаэрофильных условиях и аэробных могут переходить на хемотрофию. Аноксигенный фотосинтез осуществляют в анаэробных условиях. Донор электронов – сульфиды, тиосульфаты и другие соединения восстановленной серы. Иногда донором электронов может служить Феррум-2, органические соединения. Способны медленно окислять внутриклеточные запасы молекулярной серы. Ассимилируют углекислоту в цикле Кальвина. Способны к diazotrophii.

Экология. Обитают в богатых сульфидом водных средах в аноксической освещенной зоне. Например, в озерах и прудах. Есть морские представители, обитающие в эстуариях рек, морских водах (р. *Allochromatium*). Входят в состав микробных матов.

Пурпурные несерные бактерии

Систематика. Небольшая разнородная в систематическом плане группа прокариот. Фила *Proteobacteria*

Класс *Alphaproteobacteria*

Порядок *Rhodospirillales*

Семейство *Rhodospirillaceae* (*Rhodospirillum*, *Rhodocista*, *Rhodospira*, *Rhodovibrio*);

Семейство *Acetobacteraceae* (*Acidiphilium*, *Acidisphaera*, *Craurococcus*, *Paracraurococcus*, *Roseococcus*, *Rhodopila*)

Порядок *Rhodobacterales*

Семейство *Rhodobacteriaceae* (*Rhodobacter*, *Rhodovulum*);

Порядок *Rhizobiales*

Семейство *Bradyrhizobiaceae* (*Rhodopseudomonas*)

Семейство *Hyphomicrobiaceae* (*Rhodomicrobium*)

Семейство *Rhodobiaceae* (*Rhodobium*: *Rh. marinum*)

Класс *Betaproteobacteria*

Порядок *Rhodocyclales*

Семейство *Rhodocyclaceae* (*Rhodocyclus*)

Порядок *Burkholderiales*

Семейство *Comamonadaceae* (*Rhodoferrax*)

Морфология. Одноклеточные, подвижны, разной формы.

Строение. Грамотрицательный морфотип. Не образуют аэросом. Деление клеток часто по типу почкования. Серу в клетках не откладывают, даже если окисляют H_2S . Содержат бактериохлорофиллы а или b. Фотосистема RCII-типа.

Метаболизм. Характерен преимущественно фотогетеротрофный метаболизм. Однако возможен и фотолитоавтотрофный рост с донорами H_2 и H_2S . Сероводород уже в небольших концентрациях подавляет их рост. Обитают как в анаэробных условиях при освещении, так и в аэробных в темноте. Они редко используют восстановленные соединения серы, при этом окисляют их без промежуточного образования молекулярной серы. При фотолитотрофии используют молекулярный водород, двухвалентное железо, а при фотоорганотрофии – оргкислоты, сахара, спирты и др. оргсоединения. Ассимилируют CO_2 в цикле Кальвина. Некоторые факультативные хемоорганогетеротрофы – дыхание или брожение (в темноте). В присутствии O_2 утрачивают фотосинтетический аппарат.

Экология. Обитают, как правило, в пресных водоемах (озера, пруды), где есть органические вещества, а также низкая концентрация H_2S . Некоторые в соленоводье (например, *Rhodospira* в составе бактериальных матов, а также морские *Rhodobium marinum*).

Зеленые серные бактерии

(аноксигенные фототрофные зеленые одноклеточные бактерии)

Систематика. Все представители входят в состав Филы *Chlorobi* (пор. *Chlorobiales*, сем. *Chlorobiaceae*). Содержит всего 5 родов – *Chlorobium*, *Ancalochloris*, *Pelodictyon*, *Prosthecochloris*, *Chloroherpeton*.

Морфология. Коккоидные и палочковидные. Чаще одиночные или агрегированные формы. Бинарное или тройное деление, а также почкование. Неподвижны, за исключением *Chloroherpeton*, способного к скольжению. Окраска колоний от зеленого до коричневых оттенков.

Строение. Грамотрицательный морфотип. Некоторые имеют аэросомы, образуют простеки. Содержат хлоросомы.

Метаболизм. Облигатные фотолитоавтотрофы, реже фотолитогетеротрофы, анаэробы. Реакционный центр RCI-типа, содержат бактериохлорофилл а, а в качестве антенн с, d или e. Каротиноиды – хлоробактин, γ-каротин, изорениератин и др. В присутствии кислорода синтез хлорофилла ингибируется. В качестве доноров электронов используют H_2S , S^{2-} , $S_2O_3^{2-}$ или H_2 . При окислении S^{2-} образуют внеклеточную молекулярную серу, которую затем медленно окисляют до сульфата. Фиксируют CO_2 в цикле Арнона – восстановительный «обратный» цикл Кребса. Некоторые способны к diazotrophii. Большинство нейтрофилы и мезофиллы.

Экология. Обычно обитают совместно с пурпурными серными бактериями. Развиваются обычно глубже пурпурных при низкой освещенности в зоне хемоклина, где из анаэробной зоны поступает богатая соединениями восстановленной серы вода. Распространены в пресных и солоноватых водоемах, а также в морской воде. Реже входят в состав бактериальных матов.