

Строение клеток спорообразующих анаэробных бактерий

Строение клеток спорообразующих анаэробных бактерий

Все анаэробы, образующие споры, имеют довольно крупные палочковидные клетки с закругленными, заостренными, а иногда как бы обрубленными концами. Величина их варьирует в среднем от 2—3 до 7—8 мкм в длину и 0,4—1 мкм в толщину. Среди спорообразующих анаэробов встречаются и гиганты (рис. 39, 40), вегетативные клетки которых достигают 15—30 мкм в длину и 1,5—2,5 мкм в толщину. Такие крупные анаэробы часто встречаются в различных природных субстратах, но выделить и вырастить их в лаборатории чрезвычайно трудно. Одну из таких бактерий удалось получить в чистой культуре сотрудникам кафедры биологии почв Московского университета. Эта культура явилась превосходным объектом для цитологических наблюдений, т. е. изучения тонкого строения клеток в процессе их роста, деления и спорообразования.

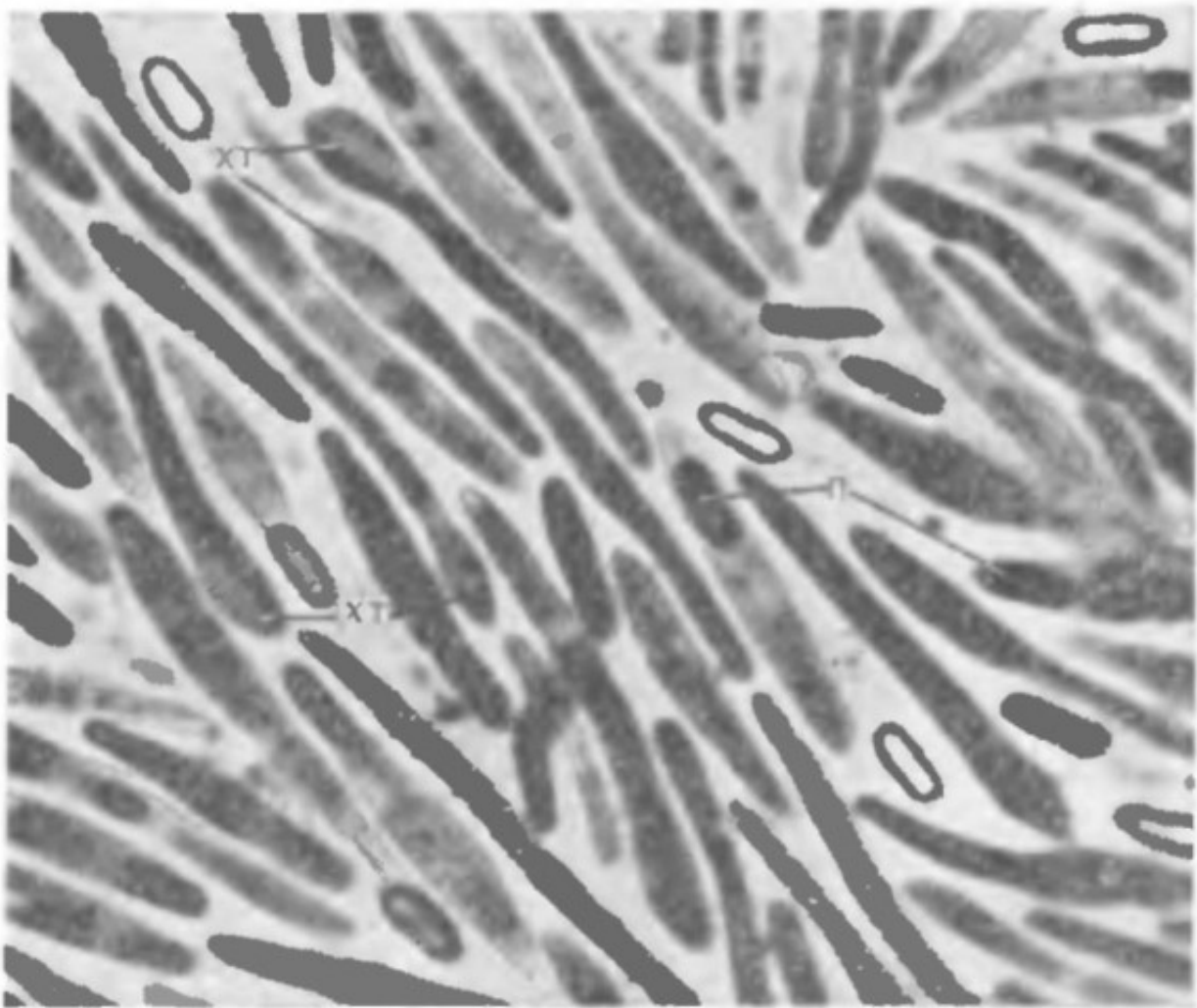


Рис. 39. Живые клетки *Cl. sporopenitum*. Видно образование хроматиновых тяжей и проспор. ХТ — хроматиновые тяжи, П — проспоровы. Увел. $\times 2000$.



Рис. 40. Созревание спор у *Cl. sporogenitum*. Форма спор цилиндрическая. Увел. $\times 3200$.

Другие, еще более крупные двуспоровые анаэробы, обитающие в кишечнике головастиков, до сих пор не удалось получить в лабораторных условиях ни в виде чистых, ни в накопительных культурах.

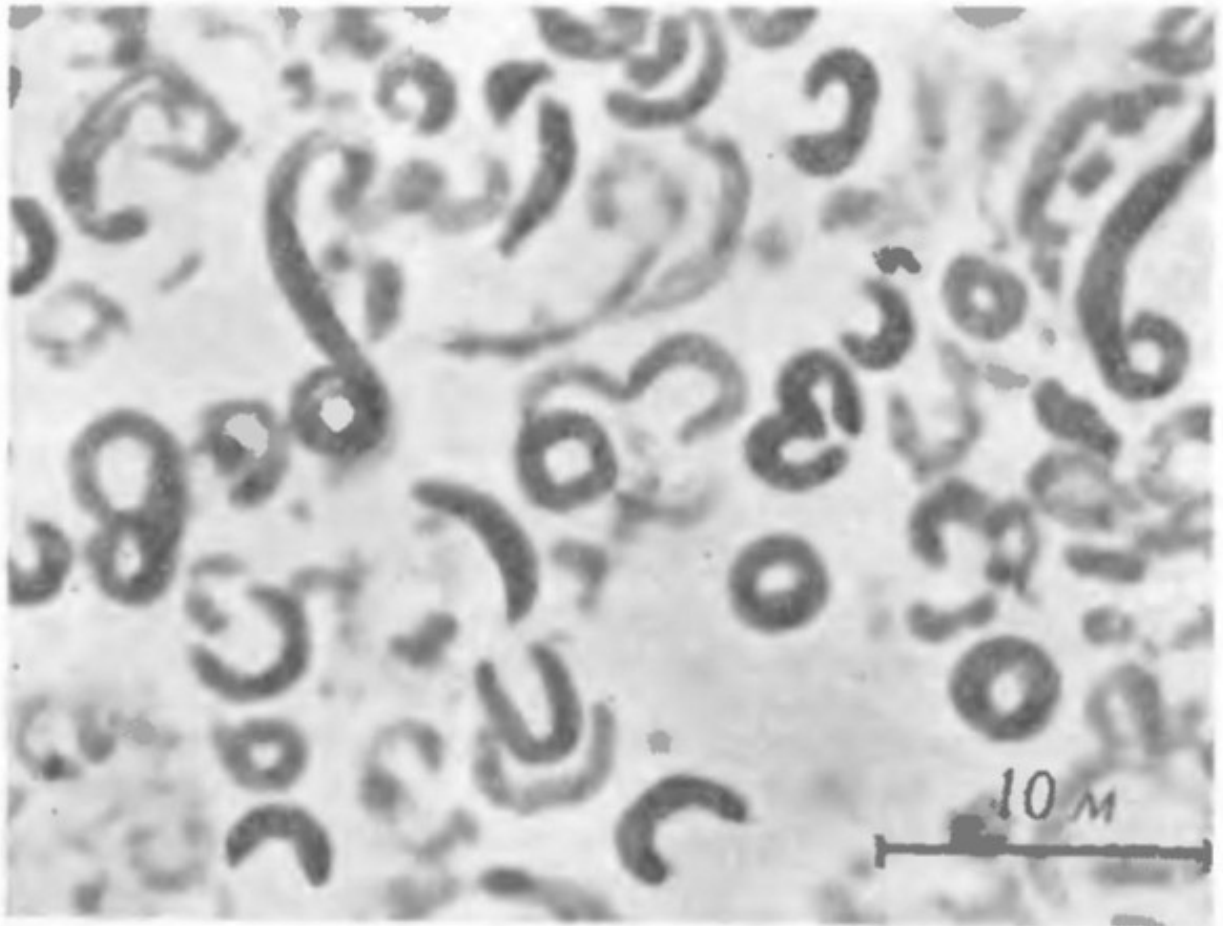
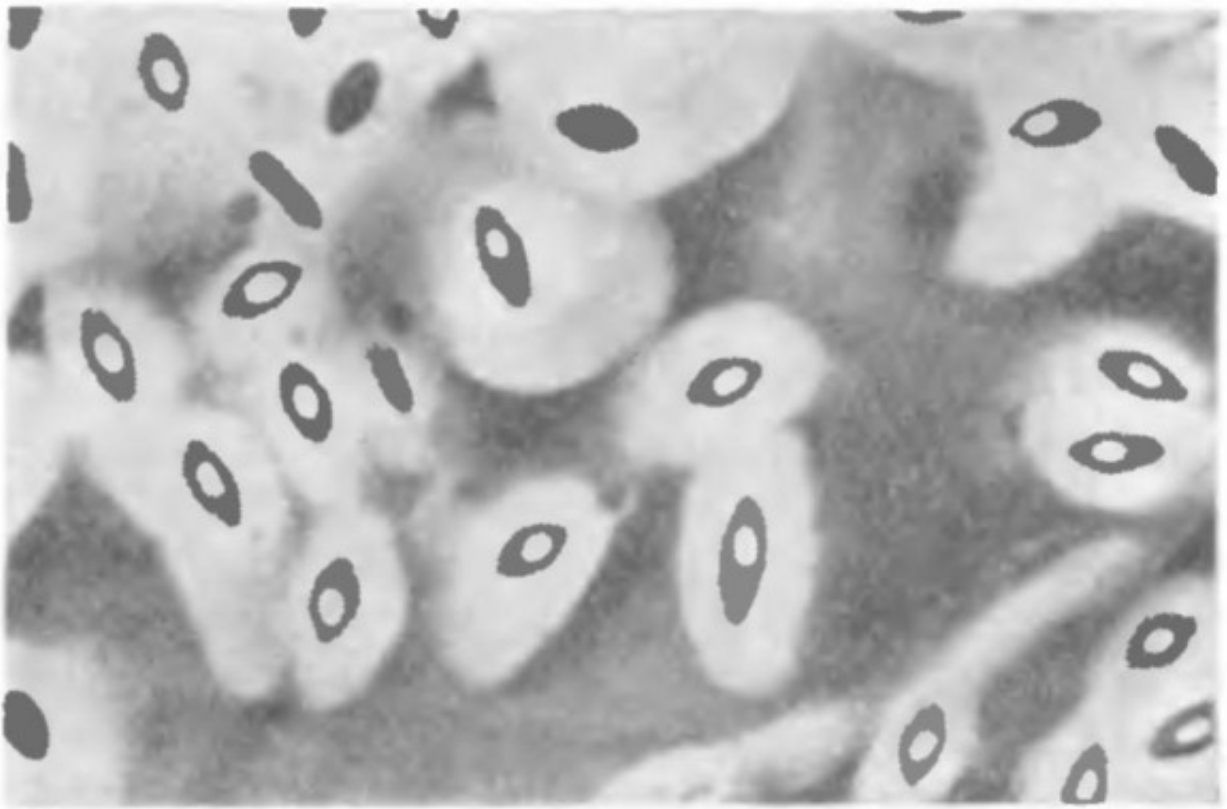


Рис. 41. Вегетативные клетки в виде вибрионов, тороидов и спирилл у *Desulfotomaculum* sp. (сульфатредуцирующая бактерия). Увел. $\times 2100$.

Вегетативные клетки у большинства видов анаэробов прямые, у меньшей части изогнутые в виде запятой или даже свернутые в калачики — тороиды (рис. 41). У одних видов клетки располагаются поодиночке, у других соединены в цепочки. Подвижные спорообразующие анаэробы обладают многочисленными перитрихияльно (по всей клетке) расположенными жгутиками. Но имеются и неподвижные виды, лишенные жгутиков.



**Рис. 42. Капсулы вокруг клеток Clostridium.
Увел. × 2200.**

Капсулы вокруг клеток (рис. 42) имеются у некоторых патогенных (болезнетворных) и сапрофитных анаэробов. Вещество капсул состоит из выделяемых клетками специфических полисахаридов. Размер капсул часто в 2—3 раза превышает диаметр вегетативных клеток.

Клеточные стенки. У анаэробных спороносных бактерий состав и строение клеточной стенки в основном такие же, как и у других грамположительных бактерий. При изучении под электронным микроскопом сверхтонких срезов клеток видно, что клеточные стенки представляют собой самый внешний слой клетки, состоящий из гранулярного и фибриллярного материала (рис. 43).

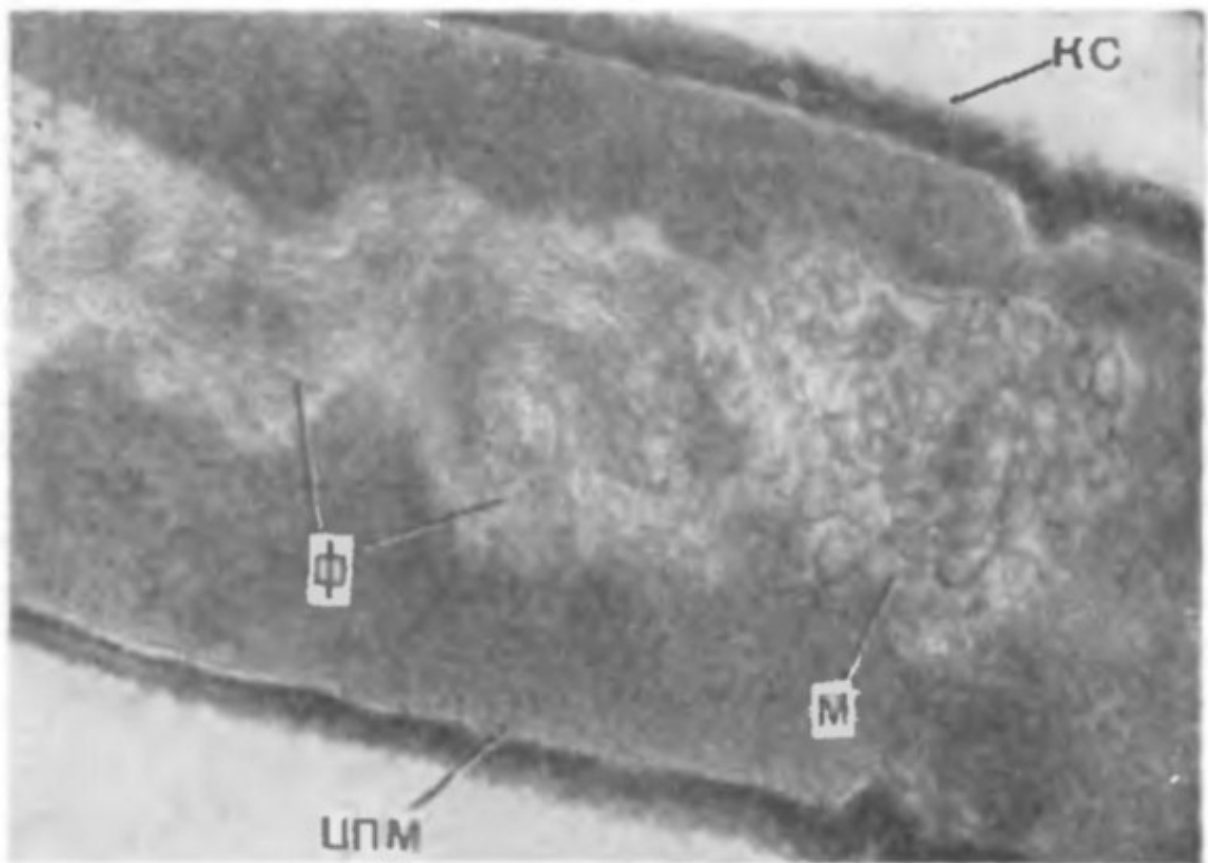


Рис. 43. Ультратонкий срез клеток *Clostridium penicillium*. Видны клеточная стенка (КС), нуклеоид со спирально закрученными фибриллами ДНК(Ф), связанные с нуклеоидом мезосомы (М), и цитоплазматическая мембрана (ЦПМ).

По толщине клеточные стенки варьируют у разных видов от 200—300 А до 300—400 А. Чаще всего у спорообразующих анаэробов они однослойные, но встречаются виды, у которых стенки разделены на несколько чередующихся светлых (прозрачных) и темных (электронноплотных) слоев. Самый верхний слой стенки у некоторых плектридиальных форм имеет упорядоченную кристаллоподобную структуру и состоит из очень мелких субъединиц, расположенных в «шахматном порядке» (рис. 44).

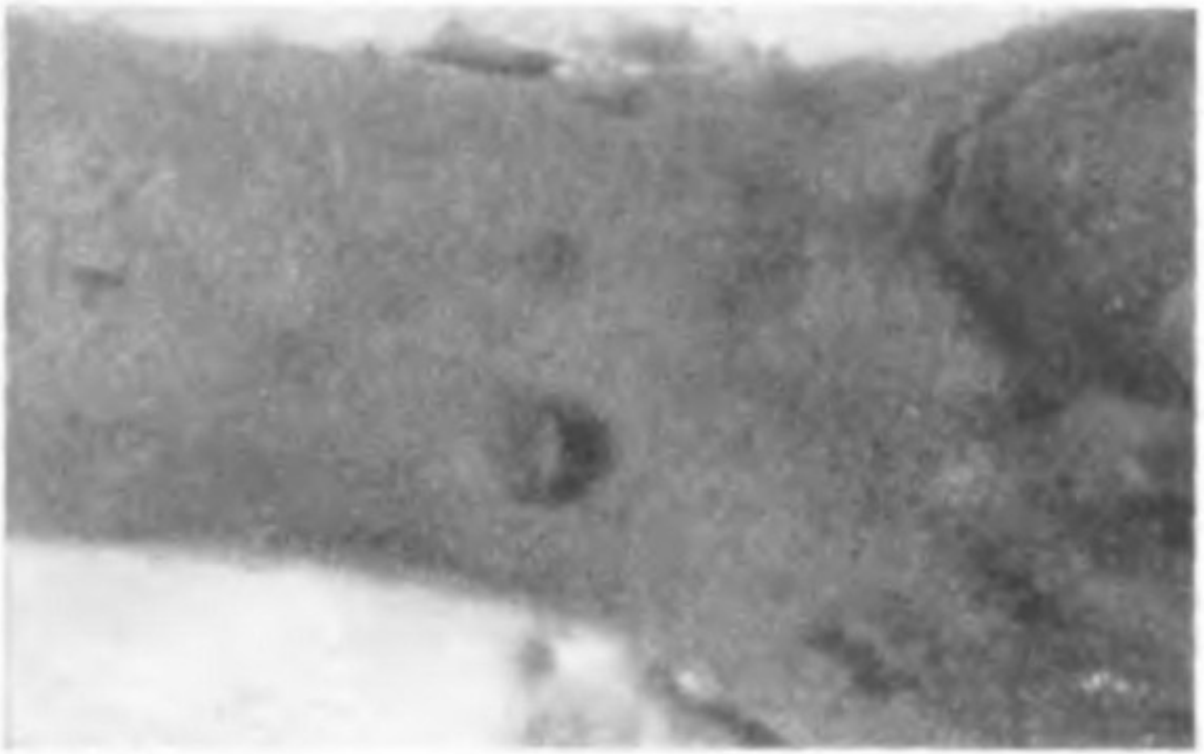


Рис. 44. Ультраструктура клеточной стенки у Clostridium sp. Увел. $\times 45\ 000$.

Мембранные системы клеток анаэробов имеют строение, аналогичное описанному в главе «Строение и химический состав бактериальной клетки». У анаэробов, как и у аэробов, мезосомы (разрастания мембраны внутрь клетки) связаны с ДНК, участвуя, очевидно, в делении нуклеоида (аналога ядра). При спорообразовании мезосомы участвуют в образовании септы (поперечная перегородка) (табл. 32 и 33).

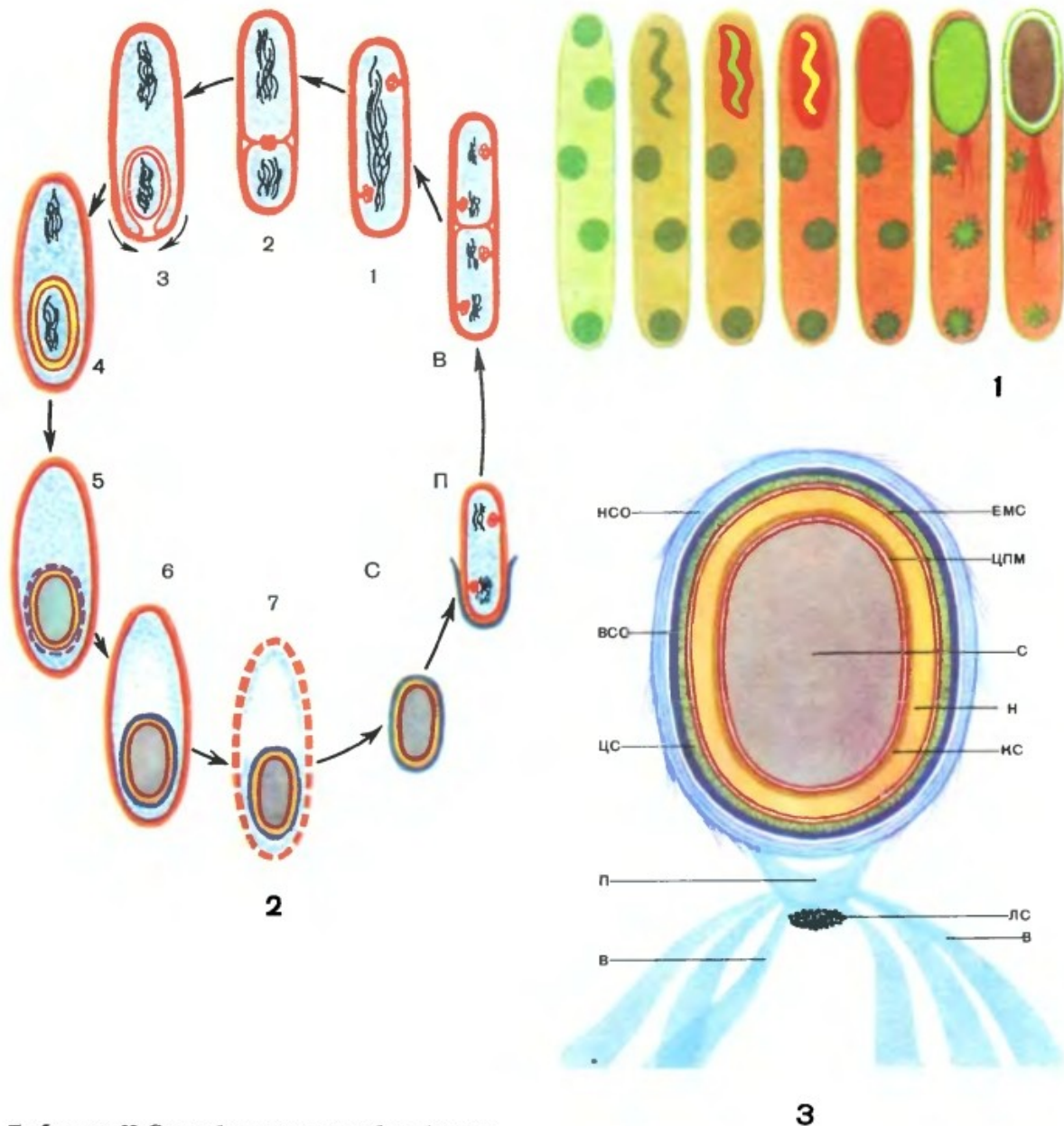


Таблица 32. Спорообразующие анаэробные бактерии.

С х е м а 1. Процесс спорообразования по данным люминесцентной микроскопии (объяснение в тексте).

С х е м а 2. Цикл развития спорообразующих бактерий: *в* — деление вегетативных клеток 1—7 стадии спорообразования: 1 — образование осевого хроматинового тяжа; 2 — образование споровой перегородки (септы); 3 — «поглощение» протопластом материнской клетки септированного участка цитоплазмы с ядром; 4 — формирование кортекса; 5 — начало формирования оболочки споры; 6 — завершение образования оболочки и созревание споры; 7 — лизис материнской клетки и освобождение спор; *с* — свободная зрелая спора; *п* — прорастание споры. Темные извитые нити — ДНК, красным цветом обозначены мембраны вегетативной клетки и споры, голубым — цитоплазма, желтым — клеточная стенка, синим — оболочка споры.

С х е м а 3. Строение зрелой споры: *с* — сердцевина споры; *цлм* — цитоплазматическая (внутренняя) мембрана споры; *эмс* — внешняя мембрана споры; *кс* — зародышевый слой клеточной стенки; *к* — кортекс; *цс* — слой цитоплазмы между внешней мембраной споры и оболочкой; *всв* — внутренний слой споровой оболочки; *нсо* — наружный слой споровой оболочки; *в* — выросты на спорах; *п* — подушечка, прикрепляющаяся к споре; *лс* — линзовидная структура, состоящая из гранулярного вещества.

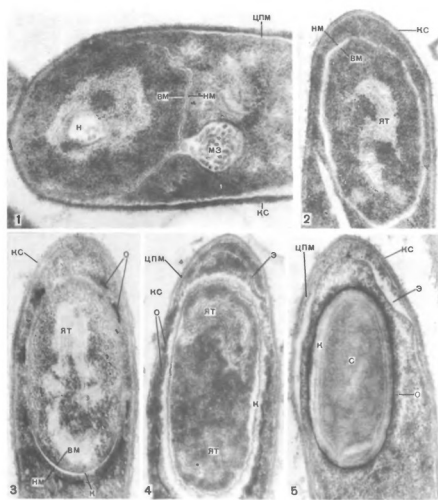


Таблица 33. Споробразование у анаэробных бактерий:
 1 — Спорообразующий, инвазивная мембрана; образование сетки в начале споробразования; цм — цитоплазматическая мембрана; км — внутренняя мембрана; прспр — наружная мембрана; прспр; км — мезосомы; н — нуклеоид; я — инвазивная мембрана; 2 — Сп. пролиферация, образование протекты, окружающей наружной мембраны; км — наружная мембрана; прспр; км — внутренняя мембрана; прспр; км — клеточная стенка; ят — ядерный сок; 3 — Сп. цитоплазматическая мембрана; прспр; км — клеточная стенка; ят — ядерный сок; 4 — Сп. цитоплазматическая мембрана; прспр; км — клеточная стенка; ят — ядерный сок; км — клеточная стенка материнской клетки; 5 — Сп. релаксация, завершение образования споры; км — цитоплазматическая мембрана; н — нуклеоид; с — сердцевина споры.

2

Ядро. Анаэробы, как и другие бактерии, лишены настоящего ядра, окруженного мембраной и обладающего набором хромосом, ядрышком и ядерным соком. Вместо этого имеется аналог ядра — нуклеоид. Часто нуклеоид называют просто ДНК-содержащей плазмой (рис. 43).

Цитоплазма анаэробов имеет состав и строение, аналогичное цитоплазме аэробов. В цитоплазме некоторых анаэробов содержатся включения запасного питательного вещества гранулы — крахмалоподобного полисахарида. При окраске йодом в растворе Люголя гранулы приобретают синеватую или бурокоричневую окраску. На ультратонких срезах это вещество можно увидеть в форме светлых шаровидных включений (рис. 45). Липидные тельца (капли поли-р-оксималяной кислоты) в цитоплазме облигатных анаэробов встречаются редко.

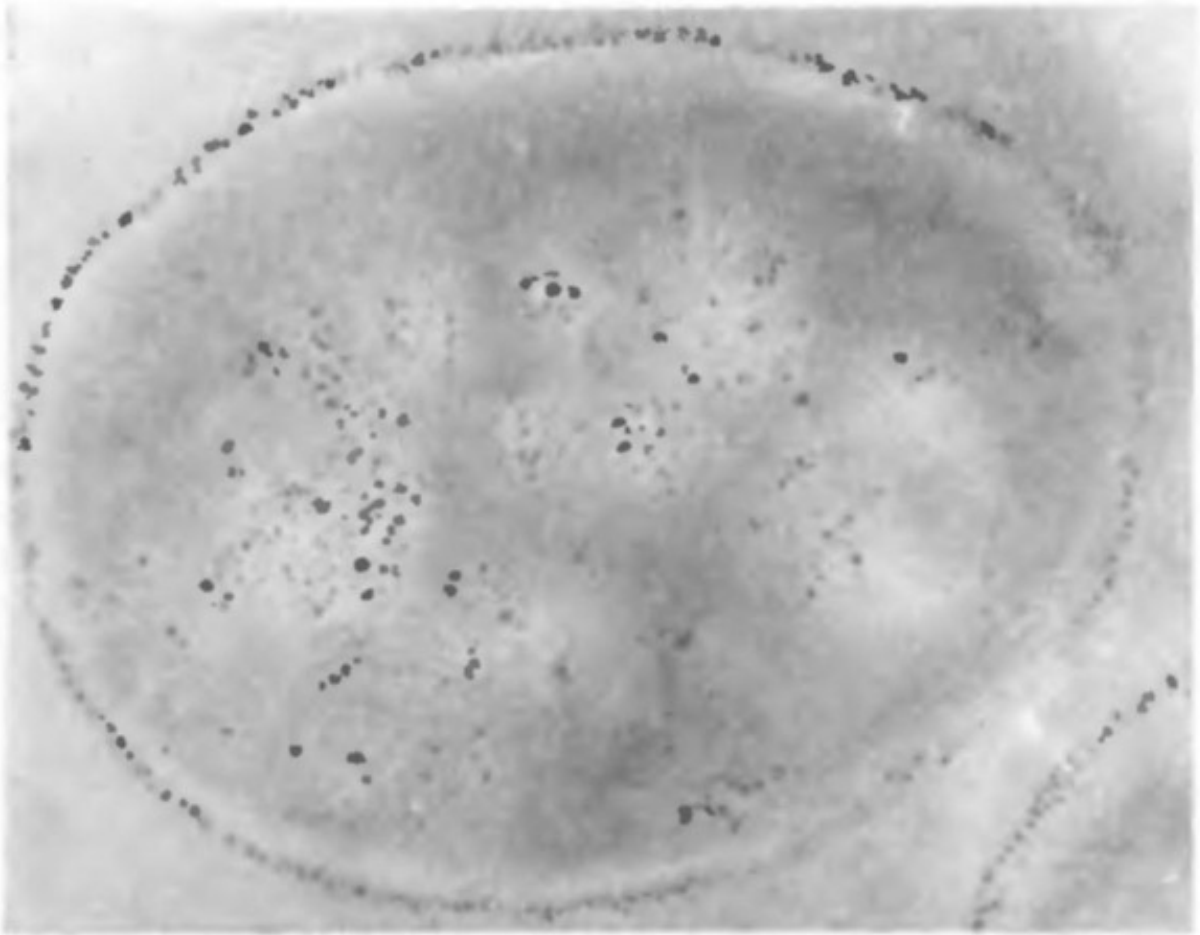


Рис. 45. Включения гранулезы в клетках *Clostridium taeniosporum*. «Окраска» полисахаридов серебром. Отложения зерен серебра видны в светлых шаровидных включениях и в клеточной стенке. Увел. $\times 45\ 000$.

Жизнь растений: в 6-ти томах. — М.: Просвещение. Под редакцией А. Л. Тахтаджяна, главный редактор чл.-кор. АН СССР, проф. А.А. Федоров. 1974