

сти внутр. цилиндрич. канала в молекуле бактериородопсина имеются гидрофильные аминокислоты. Внутри канала — вода, связанная с гидрофильными аминокислотами водородными связями. В водном канале молекулы бактериородопсина осуществляется первая стадия процесса фотосинтеза в пурпурной мембране — превращение энергии света, поглощённого светочувствит. группой бактериородопсина — ретиналем, в энергию переноса протона с внутренней поверхности мембраны (из цитоплазмы) во внешнюю среду.

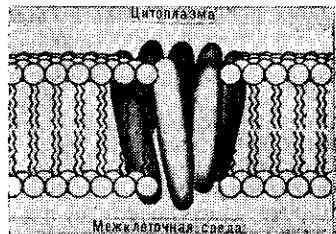


Рис. 2. Изображение структуры белка бактериородопсина, встроенного в липидный слой.

Как и молекулы липидов, хлорофилл имеет «полярную» головку (порфириновое кольцо, в состав к-рого входит  $Mg^{2+}$ ) и «жирный хвост» (углеводородная цепь). В фотосинтезирующей мембране гидрофобные хвосты хлорофилла погружены в липидный слой, а

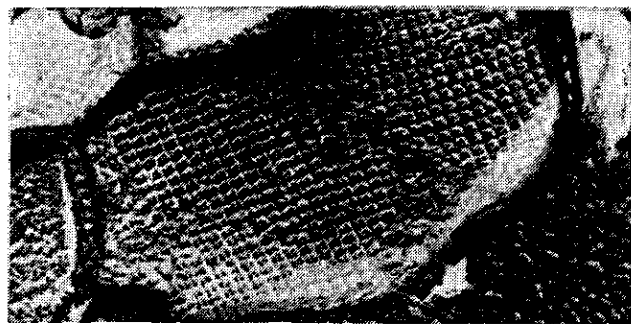


Рис. 3. Регулярная укладка частиц на внутренней поверхности мембраны.

полярные головки образуют монослой на поверхности мембраны. Молекулы хлорофилла и мембранных белков образуют комплексы, к-рые упаковываются в мембранах в регулярную двумерную решётку (рис. 3). В свою очередь, мембраны уложены в слоистую структуру (аналогичную структуре лиотропных жидких кристаллов), образуя т. н. г р а н ы. В процессе развития слоистая структура гран возникает из скопления мембранных трубочек, аналогичного гексагональной фазе лиотропного жидкого кристалла (рис. 4). В мембранах гран расположены белковые комплексы, осуществляющие последовательность хим. реакций, в результате к-рых энергия света, поглощённого молекулами хлорофилла, преобразуется в химическую энергию АТФ (см. *Фотосинтез*).

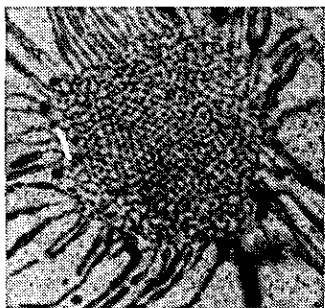


Рис. 4. Электронная микрофотография слоистой структуры во время формирования фотосинтезирующей мембраны,  $\times 4000$ .

Специальной мембранной структурой, улавливающей, как и хлоропласт, энергию света, являются фоторецепторы. У позвоночных фоторецепторная система

(сетчатка глаза) образована слоем светочувствит. клеток (палочек и колбочек), соединённых с нервными клетками (см. *Зрение*). Палочки, необходимые для зрения в условиях слабой освещённости, дают чёрно-белую картину, а менее чувствит. колбочки обеспечивают цветное зрение (имеется три типа колбочек, чувствительных в разл. спектральных интервалах). Схема строения палочки изображена на рис. 5. Наружный членок окружён клеточной мембраной, внутри к-рой расположено ок. 500 параллельных дисков (их диаметр  $\sim 2$  мкм, период структуры  $\sim 32$  нм), каждый представляет собой двойную мембрану (уплощённый пузырьек). Осн. белок этой мембраны — родопсин (зрительный пурпур), имеющий светочувствит. группы (хромофор) — ретиналь. Молекулы родопсина плотно упакованы в мембранах наружного членка. В отличие от процессов, протекающих в хлоропластах, поглощение света в мембранной структуре колбочек приводит не к синтезу АТФ, а к возбуждению *нервного импульса*. Структура колбочек обеспечивает высокую чувствительность фоторецепторной системы, способной реагировать на неск. квантов света.

**Внутренняя мембрана митохондрий.** Процесс синтеза АТФ, использующий хим. энергию, выделяющуюся при дыхании (т. е. окислении органич. соединений) клеток, осуществляется в митохондриях, многочисл. тельцах (размером  $\sim 1$  мкм), находящихся в цитоплазме эукариотич. клеток (т. е. клеток, имеющих ядро и нек-рые др. органеллы). Митохондрия представляет собой мешок, образованный двумя белково-липидными мембранами (внеш. и внутр.), на внутр. мембране имеются многочисл. складки — к р и с т ы (рис. 6), с к-рыми

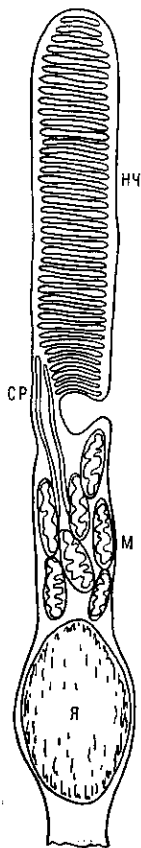


Рис. 5. Схема строения палочки сетчатки позвоночных: НЧ — наружный членок, СР — соединительная ресничка, М — митохондрии, Я — ядро.

связаны ферменты, осуществляющие процесс переноса электронов в реакции окисления. Белок цитохромоксидаза катализирует реакцию окисления цитохрома (в результате на мембране создаётся градиент концентраций протонов, энергия к-рого используется для синтеза АТФ). Молекула цитохромоксидазы образована семью белковыми цепями, различными по размеру и составу аминокислот. Погружённая в мембрану часть белка состоит из двух структурных доменов, соединённых с третьим, выступающим

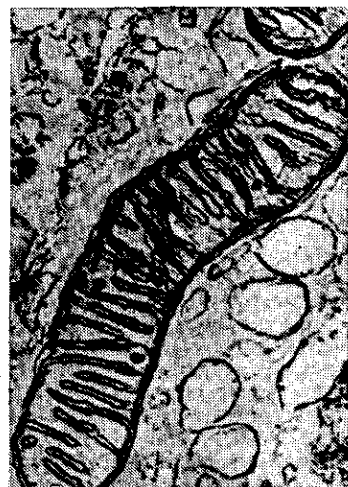


Рис. 6. Электронная микрофотография митохондрии. Видны выросты на внутренней мембране — кристы.

в межмембранное пространство митохондрии, где фермент взаимодействует с цитохромом. Отделённая от др. белков, цитохромоксидаза в окисленном состоянии