



1. Каго лічаць першаадкрывальнікам клеткі? Хто з'яўляецца аўтарам і заснавальнікам клетачнай тэорыі? Хто дапоўніў клетачную тэорыю прынцыпам «Кожная клетка — ад клеткі»?

Р. Вірхаў, М. Шлейдэн, Р. Гук, Т. Шван, А. ван Левенгук.

2. Якія паняцці прапушчаны ў біялагічных «ураўненнях» і заменены пыталнікамі?

Паверхневы апарат клеткі + ? + ядро = эўкарыятычная клетка

Цытаплазма = арганоіды + цыташкілет + ?

Надмембранны комплекс + ? = паверхневы апарат клеткі

3. Сфармулюйце асноўныя палажэнні клетачнай тэорыі. Які ўклад унесла клетачная тэорыя ў развіццё прыродазнаўчанавуковай карціны свету?

4. Назавіце асноўныя кампаненты клетак. Якія з іх уласцівыя толькі клеткам эўкарыёт?

5. Пра што сведчыць той факт, што клеткі розных арганізмаў маюць агульны план будовы?

6*. Выкарыстоўваючы веды, атрыманыя пры вывучэнні біялогіі ў 6—10-м класах, на прыкладах дакажыце справядлівасць чацвёртага палажэння клетачнай тэорыі.

7*. У сувязі з чым некаторыя клеткі дасягаюць параўнальна буйных памераў (яйцаклеткі птушак і акул, клеткі мякаці пладоў і эндасперма насення, нейроны з адросткамі больш за 1 м)? Як вы думаеце, ці ёсць межы павелічэння (памяншэння) памераў клетак? Чым яны могуць быць абумоўлены?



§10–1



ПАЎТАРЭННЕ АДКРЫЦЦА ГУКА



§ 11. Паверхневы апарат клеткі

Абавязковым кампанентам паверхневага апарата любой клеткі з'яўляецца **цытаплазматычная мембрана (плазмалема)**. Яна аддзяляе і ахоўвае ўнутранае змесціва клеткі ад знешняга асяроддзя. Найважнейшай уласцівасцю цытаплазматычнай мембраны з'яўляецца **выбіральная пранікальнасць**. Розныя рэчывы праходзяць праз плазмалему з рознай хуткасцю, а для некаторых яна практычна непранікальная. Такім чынам, цытаплазматычная мембрана забяспечвае абмен рэчываў паміж клеткай і пазаклетачным асяроддзем і пастаянства хімічнага саставу клеткі.

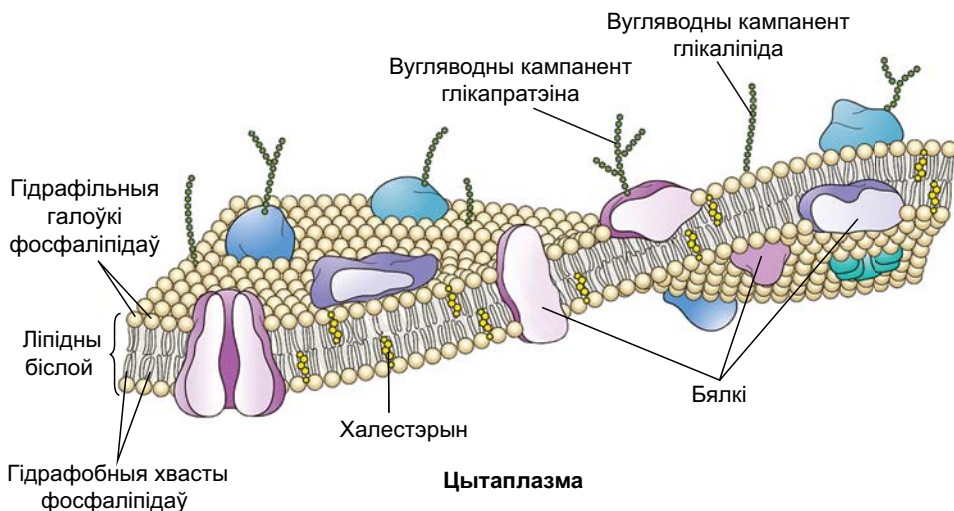
Хімічны састаў і будова плазмалемы. Цытаплазматычная мембрана складаецца пераважна з ліпідаў і бялкоў. У састаў плазмалемы таксама ўваходзяць вугляводы, якія з'яўляюцца кампанентамі складаных ліпідаў і бялкоў — глікаліпідаў і глікапратэінаў. Таўшчыня цытаплазматычнай мембраны складае каля 7,5 нм.

Каля паловы масы плазмалемы састаўляюць ліпіды, прадстаўленыя галоўным чынам фосфаліпідамі. Яны фарміруюць аснову будовы мембраны — *ліпідны біслой* (двайны слой), у якім гідрафобныя хвасты малекул апушчаны ўнутр, а гідрафільныя галоўкі размяшчаюцца звонку (гл. мал. 19, с. 37). Акрамя фосфаліпідаў, у састаў дваюнога слоя ўваходзяць і іншыя ліпіды, напрыклад стэроіды. Бялкі, якія ўваходзяць у састаў мембраны, могуць пранізваць ліпідны біслой наскрозь, часткова апускацца ў яго ці прылягаць да паверхні (мал. 30).

Мембранныя ліпіды і бялкі звязаны паміж сабой не кавалентнымі сувязямі, а за кошт гідрафобных і электростатычных узаемадзеянняў. У сувязі з гэтым малекулы дадзеных рэчываў могуць рухацца ўздоўж плоскасці мембраны. Такім чынам, плазмалема з'яўляецца дынамічнай структурай — малекулы бялкоў перамяшчаюцца ў рухомым, цякучым ліпідным біслоі, як у вадкасці. Уласцівасць цякучасці абумоўлівае пластычнасць плазмалемы, дзякуючы чаму яна здольная, напрыклад, хутка аднаўляць сваю цэласнасць пасля нязначных пашкоджанняў.

У клетках эўкарыёт, акрамя плазмалемы, ёсць унутраныя мембраны, якія абмяжоўваюць ядро і мембранныя арганоіды. Для ўсіх біялагічных мембран характэрны агульны план будовы — іх аснову складае ліпідны біслой, з якім звязаны малекулы бялкоў.

Пазаклетачнае асяроддзе



Мал. 30. Будова цытаплазматычнай мембраны

Функцыі плазмалемы. Цытаплазматычная мембрана акружае цытаплазму і фізічна аддзяляе клетку ад пазаклетачнага асяроддзя. Акрамя таго, плазмалема абмяжоўвае паступленне ў клетку і вывадзенне з яе пэўных хімічных рэчываў. Такім чынам, цытаплазматычная мембрана выконвае *бар’ерную* функцыю.

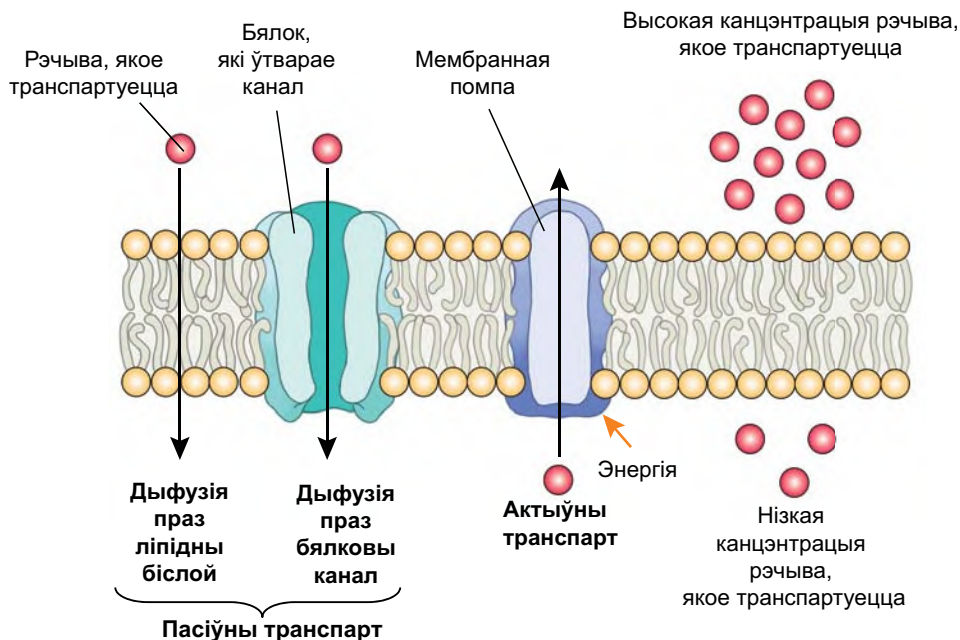
Яшчэ адной функцыяй плазмалемы з’яўляецца *рэцэптарная*. Яна абумоўлена тым, што некаторыя мембранныя бялкі з’яўляюцца рэцэптарамі. Калі малекула пэўнага рэчыва звязваецца з такім бялком, ён змяняе сваю прасторавую канфігурацыю. Гэта забяспечвае перадачу сігнала з пазаклетачнага асяроддзя ў клетку і прыводзіць да змянення працякання пэўных унутрыклетачных працэсаў. Так, існуюць мембранныя рэцэптары для гармонаў і нейрамедыятараў (успомніце механізм перадачы нервовага імпульсу ў сінапсе, вывучаны ў курсе біялогіі 9-га класа). Узаемадзеянне рэцэптараў з хімічнымі рэчывамі забяспечвае таксама распазнаванне смакаў (напрыклад, рэцэптарнымі клеткамі смакавых пупышак языка чалавека) і пахаў (нюхальнымі рэцэптарамі эпителию насавой поласці). Змяненне прасторавай структуры мембранных бялкоў можа адбывацца не толькі пад дзеяннем пэўных рэчываў, але і ў выніку ўплыву тых ці іншых фізічных фактараў. Так, малекулы зрокавых рэцэптарных бялкоў палачак і колбачак сятчаткі вока рэагуюць на святло, існуюць тэрмаадчувальныя бялкі-рэцэптары і г. д.

Плазмалема таксама выконвае функцыю *пазнавання іншых клетак*. Над вонкавай паверхняй цытаплазматычнай мембраны, як антэны, выступаюць разгалінаваныя і лінейныя малекулы вугляводаў (гл. мал. 30). Яны злучаны кавалентнымі сувязямі з мембраннымі бялкамі і ліпідамі, утвараючы глікаспратэіны і глікаліпіды. Гэтыя малекулы ў розных тыпаў клетак маюць спецыфічныя адрозненні і з’яўляюцца маркерамі, якія дазваляюць апазнаць клетку. З іх дапамогай клеткі пазнаюць адна адну і ўзаемадзеюць (напрыклад, сперматазоід і яйцаклетка), правільна арыентуюцца і звязваюцца паміж сабой пры фарміраванні тканак і органаў.

Адной з найважнейшых функцый цытаплазматычнай мембраны з’яўляецца *транспартная*. Транспарт праз плазмалему забяспечвае дастаўку рэчываў, неабходных клетцы, і выдаленне з яе канчатковых прадуктаў абмену. Дзякуючы транспартнай функцыі цытаплазматычнай мембраны таксама ажыццяўляецца сакрэцыя клеткамі розных біялагічна актыўных рэчываў.

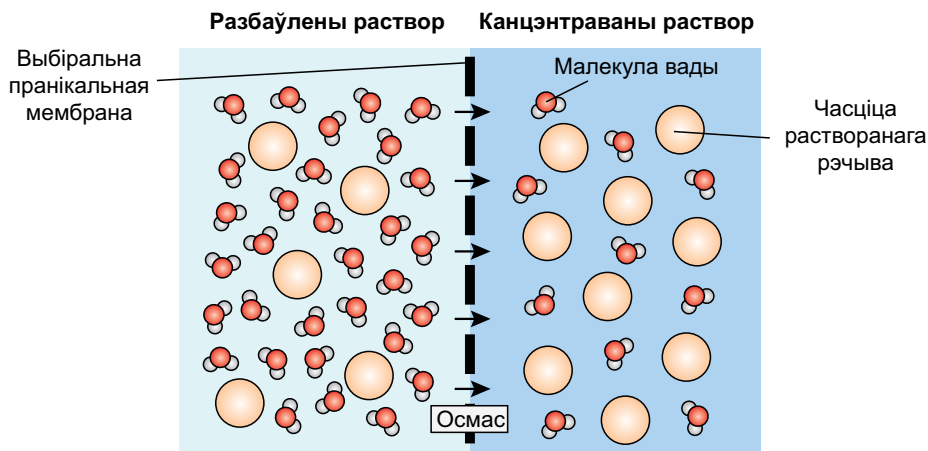
Спосабы транспарту рэчываў праз цытаплазматычную мембрану. Перамяшчэнне рэчываў праз плазмалему можа ажыццяўляцца за кошт дыфузіі, актыўнага транспарту і транспарту ў мембраннай упакоўцы.

Пры дыфузіі часціцы рэчыва рухаюцца праз мембрану з вобласці высокай канцэнтрацыі гэтага рэчыва ў вобласць больш нізкай. За кошт дыфузіі транспартуюцца толькі невялікія малекулы ці іоны. Пры гэтым непалярныя злучэнні, такія як O_2 , CO_2 , N_2 і інш., перамяшчаюцца непасрэдна праз ліпідны біслой. Дыфузія іонаў і гідрафільных рэчываў, напрыклад вады, мачавіны, адбываецца праз спецыяльныя каналы. Такія каналы, утвораныя бялкамі, пранізваюць мембрану наскрозь (мал. 31).



Мал. 31. Схема транспарту рэчываў праз плазмалему

Як ужо адзначалася, цытаплазматычная мембрана валодае выбіральнай пранікальнасцю. Малекулы вады лёгка праходзяць праз плазмалему, але шмат для якіх раствораных рэчываў яна з'яўляецца перашкодай. Калі канцэнтрацыі гэтых рэчываў унутры клеткі і ў пазаклетачным асяроддзі адрозніваюцца, назіраецца з'ява осмасу (мал. 32, с. 64). **Осмас** — гэта перамяшчэнне малекул вады праз выбіральна пранікальную мембрану. Пры гэтым малекулы вады рухаюцца з вобласці, дзе ўтрыманне вады большае (г. зн. з больш разбаўленага раствора), у вобласць, дзе яе менш (у больш канцэнтраваны раствор).



Мал. 32. Схема працэсу осмасу

Перамяшчэнне малекул вады адбываецца да таго часу, пакуль канцэнтрацыі раствораў па абодва бакі мембраны не ўраўнуюцца. Такім чынам, осмас з'яўляецца асаблівым відам дыфузіі, пры якім раўнавага дасягаецца за кошт руху праз мембрану толькі малекул растваральніка — вады. Дзякуючы осмасу адбываецца выраўноўванне канцэнтрацый раствараных рэчываў у клетцы і ў пазаклетачным асяроддзі.

Усе віды дыфузіі забяспечваюць транспарт рэчываў з вобласці іх больш высокай канцэнтрацыі ў вобласць нізкай. Перанос адбываецца без затрат энергіі, таму дыфузію адносяць да **пасіўнага транспарту**.

Перамяшчэнне нізкамалекулярных рэчываў, у тым ліку іонаў, праз плазмалему з вобласці нізкай канцэнтрацыі ў вобласць больш высокай забяспечвае **актыўны транспарт**. Пры гэтым затрачваецца энергія, крыніцай якой у большасці выпадкаў служыць АТФ. Актыўны транспарт ажыццяўляецца спецыяльнымі бялкамі — *мембраннымі помпамі* (гл. мал. 31). Працэсы актыўнага транспарту адыгрываюць важную ролю ў ажыццяўленні працэсаў жыццядзейнасці, такіх як узбуджэнне клетак, перадача нервовых імпульсаў, скарачэнне мышачных валокнаў і інш.

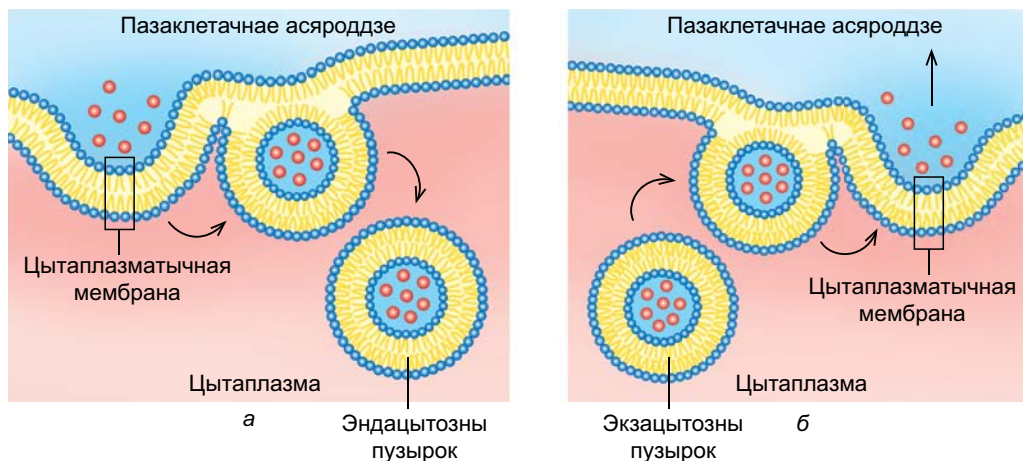
Прыкладам мембранный помпы можа служыць Na^+/K^+ -АТФаза. За кошт энергіі, якая вылучаецца пры гідролізе малекулы АТФ, яна пераносіць тры іоны Na^+ з клеткі ў пазаклетачнае асяроддзе, а два іоны K^+ — наадварот у клетку. Гэты працэс шматразова паўтараецца. Такім чынам, за кошт работы Na^+/K^+ -АТФазы ў пазаклетачным асяроддзі ствараецца высокая канцэнтрацыя Na^+ , а ўнутры клеткі — K^+ . У выніку на цытаплазматычнай мембране ўзнікае рознасць патэнцыялаў, што неабходна для ўзбуджэння клеткі, узнікнення і правядзення нервовага імпульсу.

Макрамалекулы, напрыклад бялкі, поліцукрыды і нуклеінавыя кіслоты, а таксама харчовыя часцінкі транспартуюцца ў **мембраннай упакоўцы**. Адрозніваюць два тыпы транспарту ў мембраннай упакоўцы — эндацытоз і эксацытоз. Гэтак жа як і актыўны транспарт, працэсы энда- і эксацытозу адбываюцца з затратамі энергіі.

Эндацытоз — паглыннанне клеткай цвёрдых часцінак ці раствораў шляхам утварэння пупыркоў, акружаных мембранай. Дзякуючы цяжучасці і пластычнасці плазмалемы рэчывы, якія захопліваюцца, абвалакваюцца ёю і памяшчаюцца ў *эндацытозны пупырок*. Далей пупырок аддзяляецца ад мембраны і перамяшчаецца ўнутр клеткі (мал. 33, а). Вылучаюць два тыпы эндацытозу: *фагацытоз* — паглыннанне цвёрдых часцінак і *пінацытоз* — паглыннанне вадкасці з растворанымі ў ёй рэчывамі.

Эндацытоз характэрны для клетак усіх эўкарыятычных арганізмаў. Напрыклад, у гетэратрофных пратыстаў ён забяспечвае жыўленне. У арганізме жывёл эндацытоз, акрамя таго, адыгрывае ахоўную ролю. Так, лейкоцыты шляхам фагацытозу захопліваюць бактэрыі, якія трапілі ў арганізм, і іншыя чужародныя аб'екты.

Эксацытоз — гэта працэс, адваротны эндацытозу. У эўкарыятычнай клетцы рэчывы, якія выдзяляюцца, змяшчаюцца ў *эксацытозны пупырок*, абмежаваны мембранай. Ён перамяшчаецца да цытаплазматычнай мембраны, далей абедзве мембраны зліваюцца, і змесціва пупырка аказваецца ў пазаклетачным асяроддзі (мал. 33, б). Так з клеткі выводзяцца непэратраўленыя рэшткі ежы, ферменты, гармоны, поліцукрыды і іншыя рэчывы.



Мал. 33. Схema эндацытозу (а) і эксацытозу (б)

Надмембранны комплекс складаецца са структур, размешчаных звонку ад цытаплазматычнай мембраны. У клетках жывёл знешняя паверхня плазмалемы пакрыта **глікакаліксам**. Гэта тонкі слой, утвораны малекуламі вугляводаў, якія звязаны з мембраннымі бялкамі і ліпідамі. Глікакалікс ахоўвае цытаплазматычную мембрану ад пашкоджанняў, удзельнічае ў ажыццяўленні рэцэптарнай функцыі плазмалемы і функцыі пазнавання клеткай іншых клетак.

Надмембранны комплекс клетак бактэрый, грыбоў, раслін і многіх водарасцей прадстаўлены цвёрдай **клетачнай сценкай**. Яна надае клеткам механічную трываласць, падтрымлівае іх форму і ахоўвае змесціва. Акрамя таго, клетачная сценка засцерагае клеткі ад разрыву пры паступленні ў іх вады шляхам осмасу. Клетачныя сценкі раслін і шэрага водарасцей у асноўным складаюцца з целюлозы, грыбоў — з хіціну. У некаторых бактэрый звонку ад клетачнай сценкі ёсць слізістая **капсула**, якая ахоўвае клетку ад высыхання і іншых неспрыяльных фактараў.



Цытаплазматычная мембрана (плазмалема) — універсальная частка паверхневага апарата, характэрная для любой клеткі. Аснову будовы плазмалемы складае ліпідны біслой, з якім звязаны малекулы бялкоў. Цытаплазматычная мембрана выконвае бар'ерную, рэцэптарную і транспартную функцыі, а таксама функцыю пазнавання іншых клетак. Важнай уласцівасцю цытаплазматычнай мембраны з'яўляецца выбіральная пранікальнасць. Рэчывы могуць перамяшчацца праз плазмалему без затрат энергіі за кошт пасіўнага транспарту, г. зн. дыфузіі. Актыўны транспарт і транспарт у мембраннай упакоўцы адбываюцца з затратамі энергіі. Звонку ад цытаплазматычнай мембраны знаходзіцца надмембранны комплекс.



1. З якіх хімічных злучэнняў складаецца цытаплазматычная мембрана? Якая будова плазмалемы?
2. Пералічыце і растлумачце асноўныя функцыі плазмалемы.
3. Якімі спосабамі можа ажыццяўляцца транспарт рэчываў праз цытаплазматычную мембрану?
4. Два растворы глюкозы падзелены мембранай, якая не прапускае малекулы глюкозы, але прапускае ваду. Канцэнтрацыя глюкозы ў першым растворе — 1 %, у другім — 0,1 %. Што адбываецца з малекуламі вады? Як называецца гэта з'ява?
5. Чым адрозніваюцца працэсы фагацытозу і пінацытозу? У чым праяўляецца падабенства гэтых працэсаў?
6. Якія функцыі і асаблівасці саставу надмембраннага комплексу ў клетак розных арганізмаў?

7*. Параўнайце розныя тыпы транспарту рэчываў у клетку. Вызначыце рысы іх падабенства і адрознення.

8*. Якія функцыі не змагла б выконваць цытаплазматычная мембрана, калі б у яе састаў не ўваходзілі бялкі? Адказ абгрунтуйце.



Вывучэнне асмасу на кухні



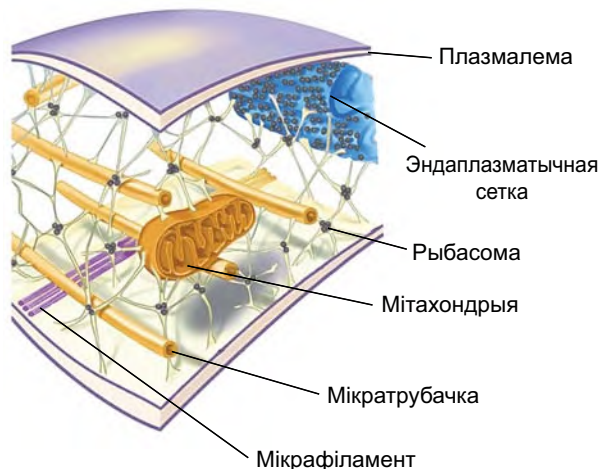
§ 12. Гіялаплазма. Цыташкілет. Немембранныя арганоіды

Як вы ўжо ведаеце, унутранае змесціва клеткі, за выключэннем ядра, называецца цытаплазмай. Яе асновай з'яўляецца гіялаплазма, у якой размешчаны кампаненты цыташкілета і арганоіды.

Гіялаплазма аб'ядноўвае ў цэласную сістэму ўсе клетачныя структуры і забяспечвае ўзаемадзеянне паміж імі. Яе асноўным кампанентам з'яўляецца вада, у якой раствараны бялкі, амінакіслоты, вугляводы, нуклеатыды, солі і іншыя злучэнні. У гіялаплазме працякаюць розныя працэсы метабалізму, яна ўдзельнічае ва ўнутрыклетачным транспарце рэчываў. Невялікія малекулы і іоны перамяшчаюцца ў гіялаплазме шляхам дыфузіі. Буйныя малекулы біяпалімераў і арганоіды транспартуюцца пры ўдзеле цыташкілета.

Цыташкілет — гэта трохмерная сетка, утвораная бялкамі. Яна пранізвае гіялаплазму клеткі. Гэта своеасаблівы механічны каркас, які забяспечвае прасторавую арганізацыю цытаплазмы. Асноўнымі кампанентамі цыташкілета з'яўляюцца мікратрубачкі і мікрафіламенты (мал. 34).

Мікратрубачкі ўяўляюць сабой тонкія полыя цыліндры, сценкі якіх утвораны малекуламі бялку *тубуліну* (мал. 35, с. 68). Мікратрубачкі ўдзельнічаюць у транспарце рэчываў і арганоідаў унутры клеткі. Уздоўж іх з дапамогай спецыяльных бялкоў перамяшчаюцца розныя клетачныя структуры. Такі транспарт ажыццяўляецца за кошт энергіі АТФ. Мікратрубачкі таксама ўваходзяць у састаў клетачна-



Мал. 34. Схема арганізацыі цыташкілета