Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті
Биология және биотехнология факультеті
Биотехнология кафедрасы

«Фототрофты микроорганизмдер» пәні

Дәріс 2:
Цианобактериялар биологиясы

Дәріскер: б.ғ.к., доцент Кирбаева Д.К.

Жоспар

- Кіріспе.
- Цианобактериялардың систематикалық құрылымы;
- Морфологиялық ерекшеліктері
- Бір және көпклеткалы цианобактериялар
- Пигменттеріне сипаттамалар
- Цианобактериялар физиологиясы
- Экологиялық негіздері
- Қорытынды
- Пайдаланылған әдебиеттер

Кіріспе

- Фототрофты микроорганизмдер - бұл жарық энергиясын пайдаланып, органикалық заттарды түзуге қабілетті микроорганизмдер. Олардың негізгі ерекшелігі - фотосинтез процесін жүзеге асыру. Фототрофты микроорганизмдерге жасыл және күрең бактериялар, цианобактериялар, диатомды балдырлар, эвгленді балдырлар және басқа да эукариотты организмдер жатады.

Фототрофты микроорганизмдердің екі негізгі тобы бар:

1. *Фотоавтотрофтар:*

Бұл микроорганизмдер жарық энергиясын пайдаланып, көмірқышқыл газын органикалық заттарға айналдырады. Олардың ішінде цианобактериялар (көк-жасыл балдырлар), жасыл және күрең түсті бактериялар бар.

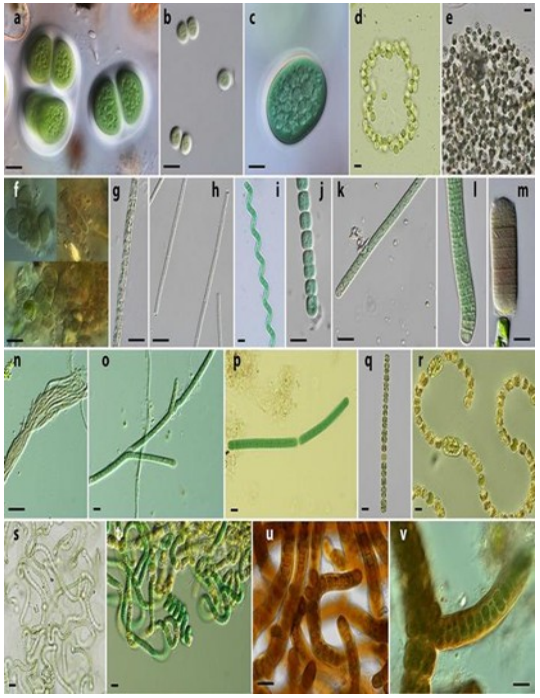
2. *Фотогетеротрофтар:*

Бұл микроорганизмдер органикалық заттарды энергия көзі ретінде пайдаланады және жарық энергиясын тек АТФ синтезі үшін қолданады. Оларға кейбір бактериялар, мысалы, галобактериялар жатады.

Фототрофты микроорганизмдер табиғаттағы органикалық заттардың пайда болуында, су қоймаларының өнімділігінде, сондай-ақ азот пен күкірт айналымында маңызды рөл атқарады.

Цианобактериялардың систематикалық құрылымы

Көк жасыл балдырлардың 1500-ге дейінгі түрлері бар. Әртүрлі әдеби дереккөздерде әр түрлі атаулармен аталады: *цианеялар, цианобионттар, цианофиттер, цианобактериялар, цианеллалар, көк жасыл балдырлар, көк жасыл балдырлар, цианофицейлер*. Зерттеулердің дамуы кейбір авторлардың осы ағзалардың табиғатына көзқарасының өзгеруіне және тиісінше атауының өзгеруіне алып келеді. Мысалы, 2001 жылы В.Н. Никитина оларды балдырларға жатқызып, цианофиттер деп атаған, ал 2003 жылы оларды цианопрокариоттар деп анықтаған.



Мұндай әртүрлі атаулармен аталу себептері:

- Прокариотты және хлорофилл пигментінің болуы, молекулалық оттегіні синтездеу қабілетіне қарай – өсімдіктер тектес деп қарастырылды.
- Э.Г. Кукка пікірінше: «Жасушалардың әртүрлі пішінді, жіпшелі, колониялы болып келуі, қызықты биологиялық құрылымы мен үлкен филогенетикалық жасы - осы барлық белгілер... бұл организмдер тобының жүйелілігін көптеген атаулармен түсіндіруге негіз болады".
- Кукк олардың атауларын көк-жасыл балдырлар (*Cyanophyta*), фикохромды ұсақтағыштар (*Schizophyceae*), шырышты балдырлар (*Myxophyceae*) деп атайды.

Жүйелеу - әлемді зерттеудің негізгі тәсілдерінің бірі

Көк-жасыл жүйені құрудың алғашқы әрекеттері XIX ғасырға жатады (Агард - 1824 ж., Кютцинг - 1843, 1849 ж.ж., Тюрэ - 1875 ж.).

Жүйені одан әрі әзірлеуді Кирхнер жалғастырды (1900 ж.).

1914 жылдан бастап жүйені айтарлықтай қайта өңдеу басталды және бірқатар жаңа *Cyanophyta* жүйелері жарияланды (Еленкин - 1916, 1923, 1936; Борцы - 1914, 1916, 1917; Гейтлер - 1925, 1932 жж.).

1936 жылы жарияланған А.А. Еленкиннің жүйесі ең сәтті деп танылды. Бұл жіктеме гидробиологтар мен микропалеонтологтар үшін қолайлы болғандықтан, осы уақытқа дейін сақталған.

КСРО тұщы су балдырларын анықтау схемасы Еленкин жүйесіне негізделген, оған елеусіз өзгерістер енгізілген. Анықтаушының схемасына сәйкес көк-жасыл балдырлар *Cyanophyta* түріне жатқызылып, олар үш класқа бөлінді (*Chroococceae, Chamaesiphoneae, Hormogoneae*).

Паркер жіктелуі бойынша (1982 ж.) көк-жасыл өсімдіктер *Procaryota* патшалығына, *Cyanophycota* бөліміне, *Cyanophyceae* класына жатады.

«Берджи бактерияларының жүйелілігі жөніндегі нұсқаулық» бассәйкес, цианобактериялар *Bacteria* доменіне, *Procaryotae* патшалығына ылымына біріктіріліп, барлық грамтеріс бактериялар жатқызылатын *Gracilicutes* тобына, класс - *Oxyphotobacteria, Cyanobacteriales* қатарына енгізілді.

Берджи бактерияларын анықтаушының таксономиялық схемасы бойынша, цианобактериялар бес кіші топқа бөлінеді.

I және II кіші топтарға жасушалық қабырғаның сыртқы қабаттарымен біріктірілген, бір жасушалы нысандары немесе жіпшелі емес колониялары жатады.

Әрбір кіші топтағы бактериялар көбею тәсілімен ерекшеленеді.
III, IV және V кіші топтарға жіпшелі организмдер жатқызылады.

Әрбір кіші топтағы цианобактерия жасушалары немесе трихомалары (тармақталған немесе тармақталмаған, бір қатарлы немесе көп қатарлы) өзара ерекшеленеді.

Cyanothece (I кіші топ) туысқа: *Chamaesiphon, Cyanothece, Gloeobacter, Microcystis, Gloeocapsa, Gloeothece, Myxobaktron, Synechococcus, Synechocystis*.
II топ туысқа: *Chroococcidiopsis, Dermocarpa, Dermocarpella, Myxosarcina, Pleurocapsa, Xenococcus*.
III топ туысқа: *Arthrospira, Crinalium, Lyngbya, Microcoleus, Oscillatoria, Pseudanabaena, Spirulina, Starria, Trichodesmium.*
IV топ туысқа: *Anabaena, Aphanizomenon, Cylindrospermum, Nodularia, Nostoc, Scytonema, Calothrix.*
V топқа11-туыс: *Chlorogloeopsis, Fisherella, Geitleria, Stigonema, Cyanobotrys, Loriella, Nostochopsis, Mastigocladopsis, Mastigocoleus, Westiella, Hapalosiphon*.

Цианобактериялар

Экологиялық валенттілігі мен икемділігі кең оттекті фототрофты бактериялардың ең күрделі ұйымдасқан және морфологиялық тұрғыдан алуан түрлі тобы

Біржасушалы, колониялық және көпжасушалы формаларды қамтиды.

Ұқсас бірқатар қасиеттері бар:

Өсімдіктермен:

фотосинтезді оттегінің бөлінуімен және хлорофилл а бар болуымен, сонымен қатар бірқатар басқа пигменттермен жүзеге асыру.

Бактериялармен:

Муреинді жасуша қабырғасының болуы, 70-S рибосомалар, хлоропластар мен митохондриялар сияқты мембранамен қоршалған органеллалардың болмауы және т.б.

Цианобактериялардың жіктелуі

Қазіргі уақытта цианобактериялардың 2000-ға жуық түрі сипатталған, ал туыстарының саны 150-ден асады. Жіктеу **фенотиптік** белгілері бойынша топтарға бөлуге негізделген.

Таксономиялық схемамен бактерияларды анықтаушы Берджи бойынша цианобактериялар бес кіші топқа бөлінеді.

I және II топшаларға жасуша қабырғасының сыртқы қабаттарымен немесе гель тәрізді матрикспен біріктірілген бірклеткалы формалар немесе жіпшелі емес жасушалық колониялар жатады. Бактериялар көбею тәсілімен ерекшеленеді.

II, IV және V кіші топтарға жіпше тәрізді организмдер жатады. Әр топшаның бактериялары жасушалардың бөліну жолымен, трихомалар түрінде (тармақталған немесе тармақталмаған, көп қабатты, бір қабатты емес) ерекшеленеді.

Әрбір кіші топқа цианобактериялардың бірнеше тұқымдастары, сондай-ақ «дақыл топтары» немесе «жоғарытұқымдас» деп аталатын тұқымдастар кіреді.

ЦИАНОБАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ЖІКТЕЛУІ

Топша	Туыс
I - 9 туыс топшалары	*Chamaesiphon, Cyanothece, Gloeobacter, Microcystis, Gloeocapsa, Gloeothece, Myxobaktron, Synechococcus, Synechocystis*
II – 6 туыс топшалары	*Chroococcidiopsis, Dermocarpa, Dermocarpella, Myxosarcina, Pleurocapsa, Xenococcus*
III – 9 туыс топшалары	*Arthrospira, Crinalium, Lyngbya, Microcoleus, Oscillatoria, Pseudanabaena, Spirulina, Starria, Trichodesmium*
IV – 7 туыс топшалары	*Anabaena, Aphanizomenon, Cylindrospermum, Nodularia, Nostoc, Scytonema, Calothrix*
V – 11 жіпшелі цианобактериялар туысының топшалары	*Chlorogloeopsis, Fisherella, Geitleria, Stigonema, Cyanobotrys, Loriella, Nostochopsis, Mastigocladopsis, Mastigocoleus, Westiella, Hapalosiphon*

Цианобактериялар

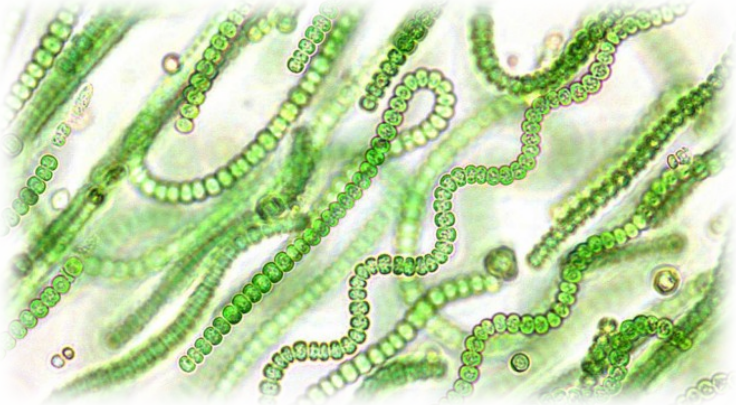
Экожүйелердің қызметінде және адам өмірінде орасан зор рөл атқарады;

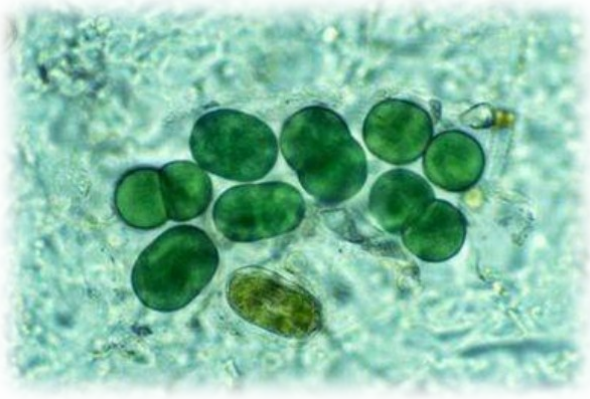
еркін өмір сүретін және симбиотикалық қатынастарды қалыптастыратын ең маңызды бастапқы өндірушілер (продуцент);

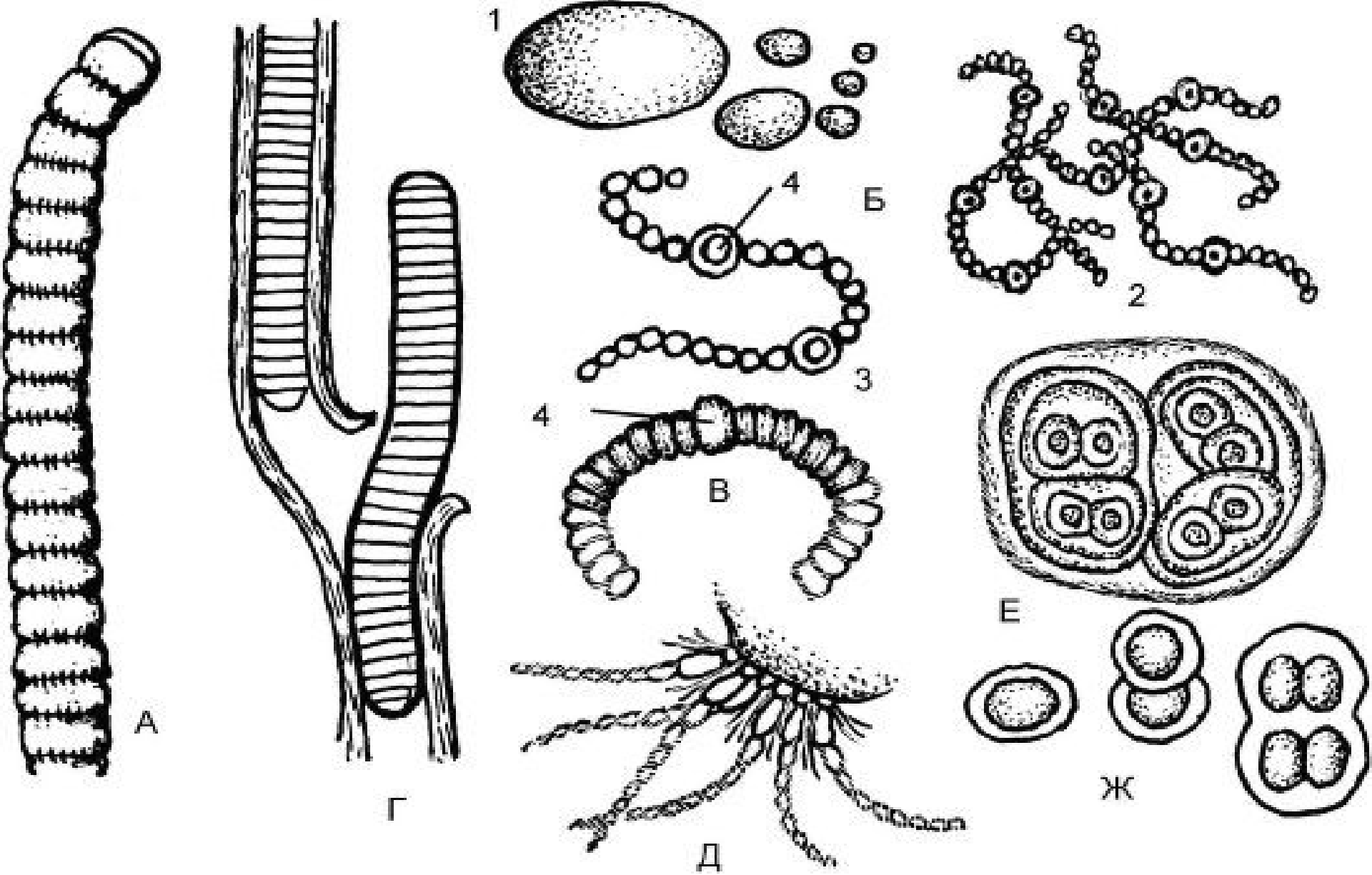
ең маңызды азот фиксаторлар (кейбір жартылай шөлді аймақтарда олар гектарына 5 кг азотпен байланысады);

фундаменталды биологиялық процестерді зерттеу үшін модельді организмдер ретінде қарқынды қолданылады;

биотехнологияда белгілі бір өнімді алу үшін, органикалық ластаушы заттардың биодеградациясы үшін және т.б.





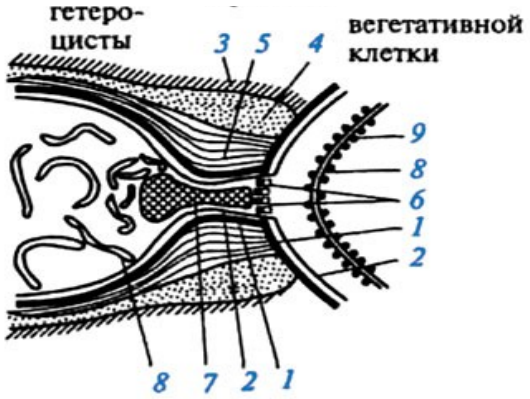


Цианобактериялар: А - осциллатория (Oscillatoria); Б - носток (Nostoc); В - анабена (Anabaena); Г - лингбия (Lyngbya); Д - ривулярия (Rivularia); Е - глеокапса (G1eocapsa); Ж - хроококк (Chroococcus); 1 – жалпы көрінісі; 2 - микроскоптың баяу үлкейту көрінісі; 3 - үлкейту кезінде бөлек жіпше көрінісі; 4 - анабенаның гетероцистасы

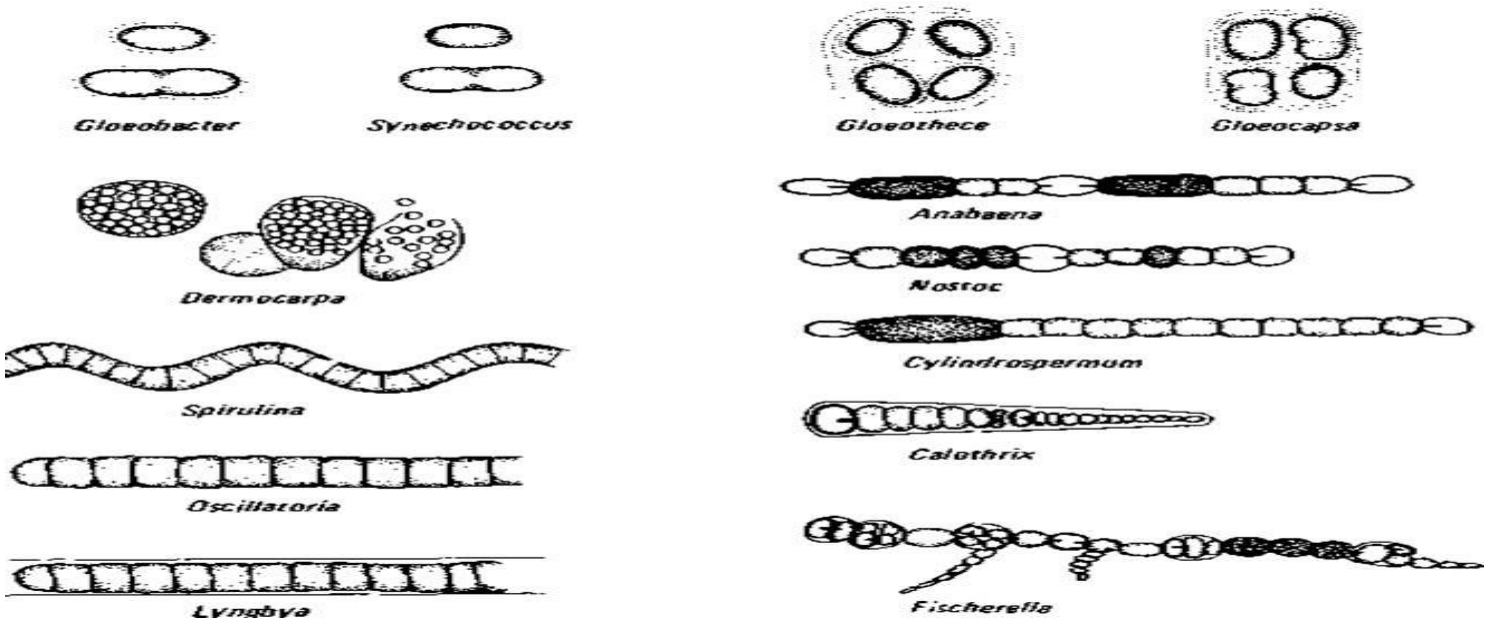
Жіпшелі цианобактериялар бір-бірімен жасушаның бүйір қабырғасы арқылы өтетін жіңішке каналдар - микродесмалар арқылы байланысқан жасушалардан тұрады.

Көптеген цианобактериялар трихомалары қапшықпен қапталған, кейде трихомалары түйнек, қыртысты және басқа да формалы шырышты жиынтықтар түрінде бірігеді және субстратқа бекіне алады.

Бірқатар жіпшелі цианобактериялар өсуінің белгілі бір жағдайында трихомаларының ұштарында немесе интеркулярлы **гетероцисталар** (азотфиксация) немесе **акинеталар** деп аталатын ерекше жасушалар түзеді.



Гетероциста құрылымының сызбасы: 1 – жасуша қабырғасы; 2 - ЦПМ; 3 – фибриллярлы қабат; 4 – гомогенді қабат; 5 - гетероциста қабығының пластинкалы қабаты; 6 - микроплазмодесмалар; 7 - полярлы цианофицинді гранула; 8 - тилакоидтар; 9 - фикобилисомалар.





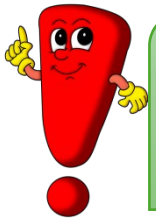
Көпклеткалы цианобактериялар: сол жағындағы— осциллятория (*Oscillatoria*), оң жағындағы — анабена (*Anabaena*).

Цианобактериялардың цитологиясы

Цианобактерия жасушасы - прокариоттық типтік жасуша. Жасушалық органоидтары мен ядро жоқ, ДНҚ тізбектері жасушаның ортасына жақын орналасқан.

Фотосинтездеуші аппарат қос қабықшалармен ұсынылған, оларды **тилакоидтар** деп аталады. Тилакоидтардың саны мен орналасуы түрлі цианобактерияларды әр түрлі болады.

Тилакоидтар мембранысының сыртқы бетіне диаметрі 40 нм шамасында болып келетін бірнеше суббірліктерден тұратын ерекше түзілістер – фикобилисомалар жанасып жатады.

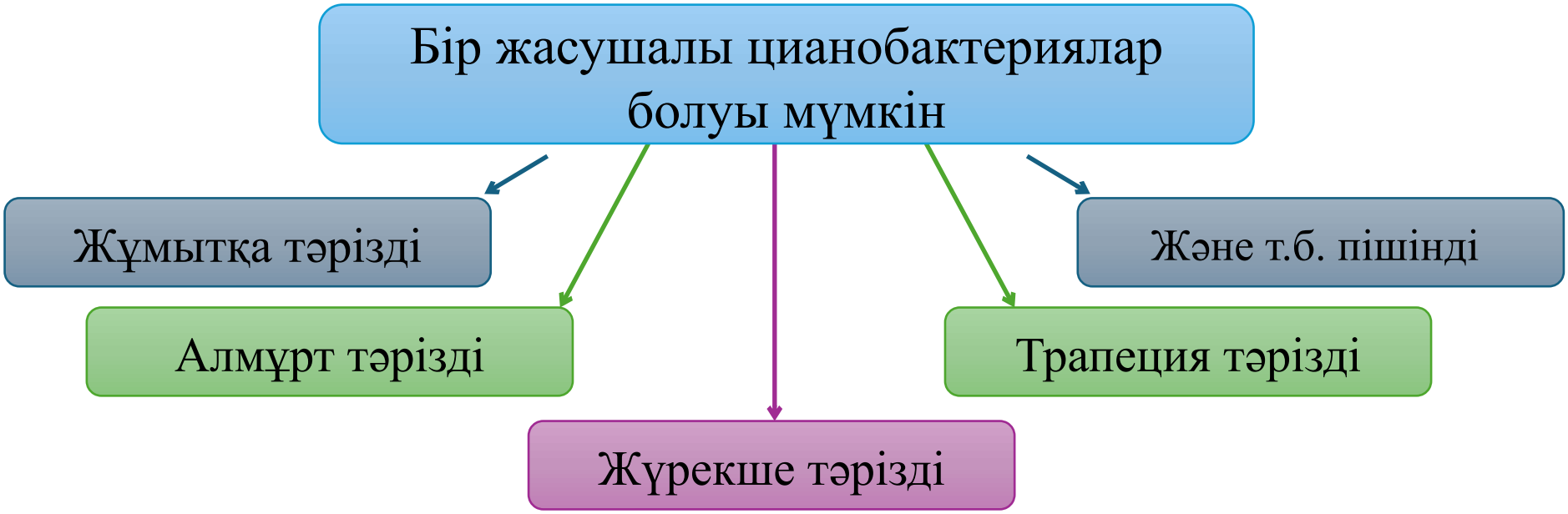


Сонымен қатар жасушада фотосинтездің негізгі ферменті, рибулезодифосфат-карбоксилаза молекулалары құрған полиэдрлі денелер немесе карбоксисомалар бар.

Планктонда суда тіршілік ететін цианобактериялардың клеткаларында әдетте көп немесе аз кластерлер түзетін және құрамында газ бар көпіршіктер болады, соның арқасында олар жасушаларға жақсы жүзгіштік береді.

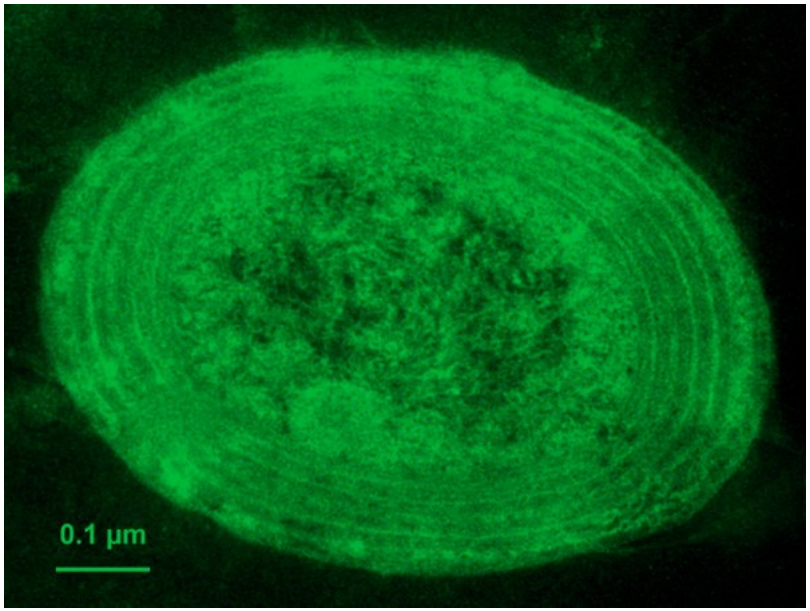
Цианобактериялар морфологиясы

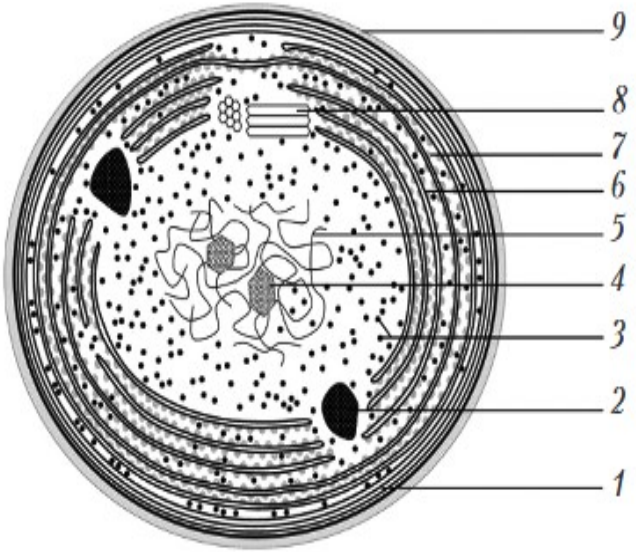
Морфология жағынан цианобактериялар басқа фототрофты прокариоттарға қарағанда әртүрлі және бактериялардың көпшілігінен күрделі формалары бар түрлердің болуымен ерекшеленеді.



Егер бірнеше жасушалар жалпы шырышпен біріктірілсе, онда тұрақты түзілім болатын немесе цианобактериялардың дамуының белгілі бір кезеңін білдіретін колония пайда болады.

Цианобактериялардың жасуша құрылысы





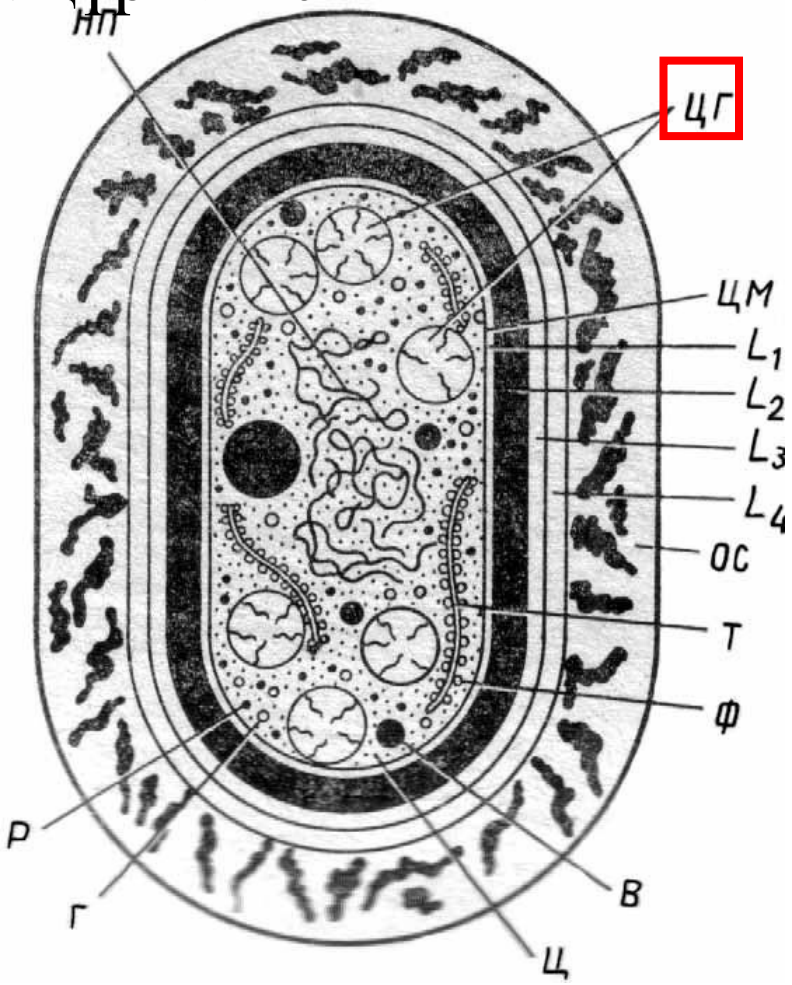
1 – жасуша қабырғасы; 2 – цианофицин; 3 – рибосомалар; 4 – карбоксисомалар; 5- ДНҚ; 6- тилакойд; 7- фикобилисомалар; 8 – газды вакуоль; 9 – желатинді қабықша

Цианобактериялардың жасуша құрылысы

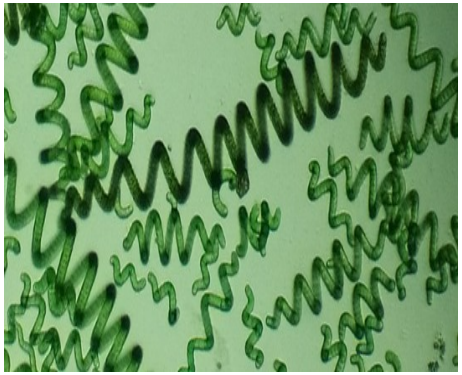
Цианобатериялардың **цианофицин** деп аталатын азотты қор өнімдері синтездеуі олардың өзіндік ерекшелігі болып келеді.

Химиялық анализ көрсеткендей, олар құрамында аргинин мен аспарагин қышқылының бірдей көлемінен тұратын полипептид болып табылады.

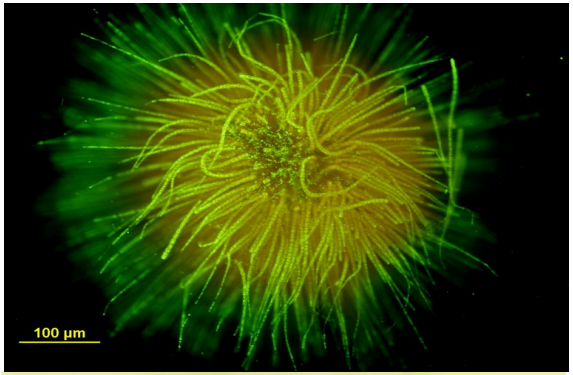
Цианофицинді синтездеу үшін: АТФ молекулалары, K + және Mg2 + иондары қажет.



цм – цитоплазматикалық мембрана; L1-L4 – жасуша қабырғасының қабаты; ос – спораны ораушы (обвертка); т – тилакоиды; ф – фикобилисомалар; ц – цитоплазма; нп – ДНҚ жіпшелі нуклеоплазма; р – рибосомалар; г – гликогентәрізді полисахарид; цг – цианофицинді гранулалар; в – волютин.

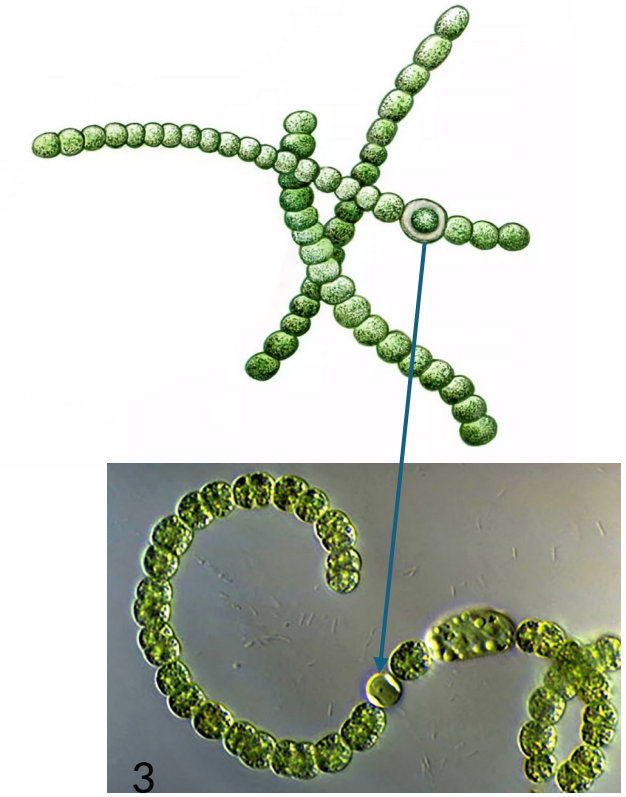


1





2



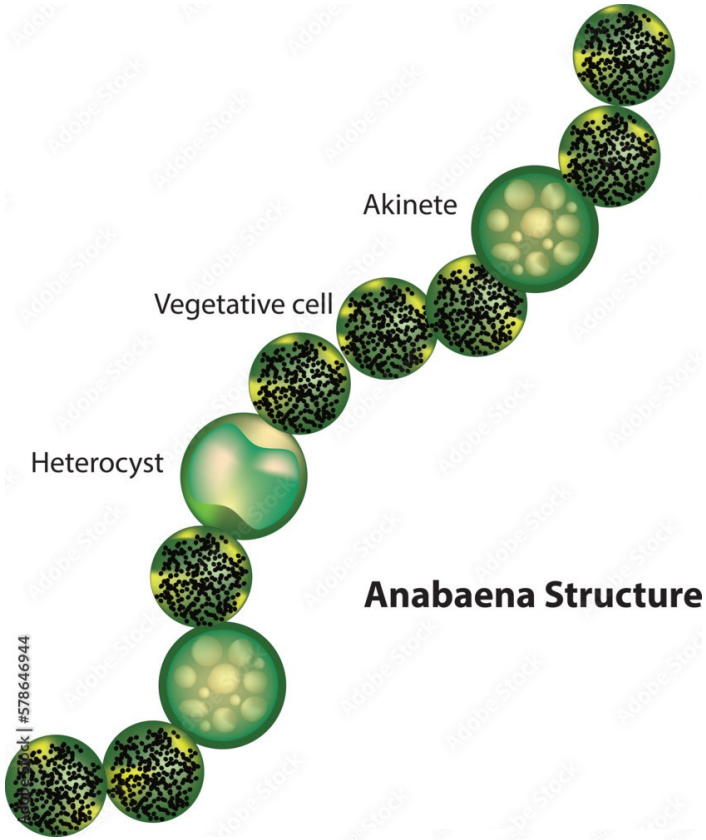
3

Gloeotrichia - тұщы су қоймаларында жиі кездесетін цианобактериялардың бір түрі. Олар өздерінің колонияларымен белгілі, олар судың бетінде көрінетін, гүлдейтін балдырларға ұқсас түзілімдер түзуі мүмкін.

1- гомоцитті трихомалы *Spirulina*

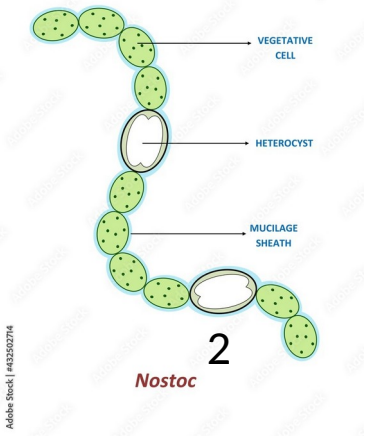
2- гетероцитті трихомды *Anabaena* (интеркалярлы гетероцисталы),

3- гетероцитті трихомды *Gloeotrichia* (с терминальды гетероцисталы)



Гетероцисттер - тек гетероцисттерде немесе азотты бекітуге жауапты кез келген жерде болатын нитрогеназа ферментінің болуына байланысты азотты бекіту орны болып табылады.
Гетероцисттер фотосинтезге қатыспайды, олар CO2 тіркемейді және O2 шығармайды. Олар сондай-ақ тыныс алу кезінде оттегіні тұтынудың жоғары жылдамдығын көрсетеді және атмосфералық газдардың, оның ішінде оттегінің түсуін шектейтін қалың көп қабатты жасушалық қабырғамен қоршалған.





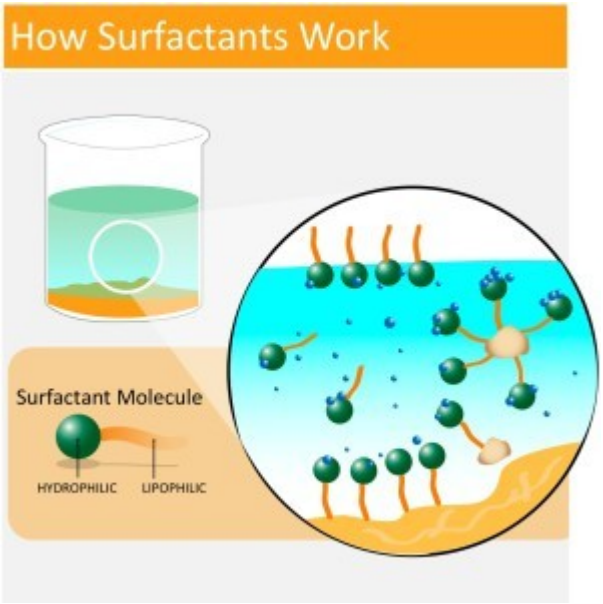
Гетероцисттер әдетте жеке-жеке кездеседі.
1- Ұшында орналасқан (*Gloeotricia*).
2- Басқалардың арасында орналасқан (*Nostoc*).
3- Бүйірінде орналасқан (*Nostochopsis*).
4- Кейбіреулерінде жұптасып (*Anabaenopsis*) кездеседі.
5- Тізбектесіп сирек кездеседі.

Цианобактериялардың әр түрлі түрлерінде олардың адаптивті механизмдері бар, олардың қарқынды дамуын анықтайды.

Scytonema - ның кейбір формалары жасуша бетіне шоғырланып, оны ультрафиолет сәулелерінен қорғайтын пигмент түзеді.



Scytonema coactile



Су қоймаларының жағалық аймағында дамитын цианобактериялар **сурфактанттарды** (ББЗ) синтездейді.

Жағалаудағы су толқынының әсерінен детрит пен құм бөлшектерімен лай болады.

Сурфактанттардың қатысуымен бөлшектер бір-біріне жабысып, түбіне шөгеді, су мөлдір болады және цианобактерияларға жеткілікті жарық түседі.

Цианобактериялардың пигменттері

- хлорофилл а
- каротин
- ксантофилл
- фикобиллин

түсі көк-жасыл, күлгін және қызылдан қара түске өзгереді (фикоцианин, фикоэритрин).

Пигменттер жеке **тилакоидтарда** орналасқан.

Цианобактериялардың фотосинтездеу аппаратында I және II фотожүйелер бар, сондықтан ол оттегінің бөлінуімен аэробты фотосинтезге қабілетті. Фотосинтетикалық өнімдер аз мөлшерде болса да жиналуы мүмкін (гликопротеид).

Цианобактериялардың көбеюі

Бір жасушалы цианобактериялар бинарлы-эквивалентті бөліну жолымен көбейеді

бір жазықтықта	екі-үш жазықтықта

Сонымен қатар, бүршіктену арқылы (*Chamaesiphon туысы*)

Бір жасушалы цианобактериялармен қатар колония түзетін формаларда жалпы қосымша қабықша ішінде аналық жасушаның көп рет бөлінуі байқалады. Нәтижесінде көптеген ұсақ сфералы жасушалар пайда болады. Бұрын оларды «эндоспоралар», ал қазіргі кезде **«беоциттер»** деп атайды.

Көптеген жіпшелі цианобактериялар **гормогониямен** көбейеді (трихомалар фрагменттерге бөлінген).

Олар кейбір кридиалды емес жасушалардың өлуіне байланысты оқшауланған болады.

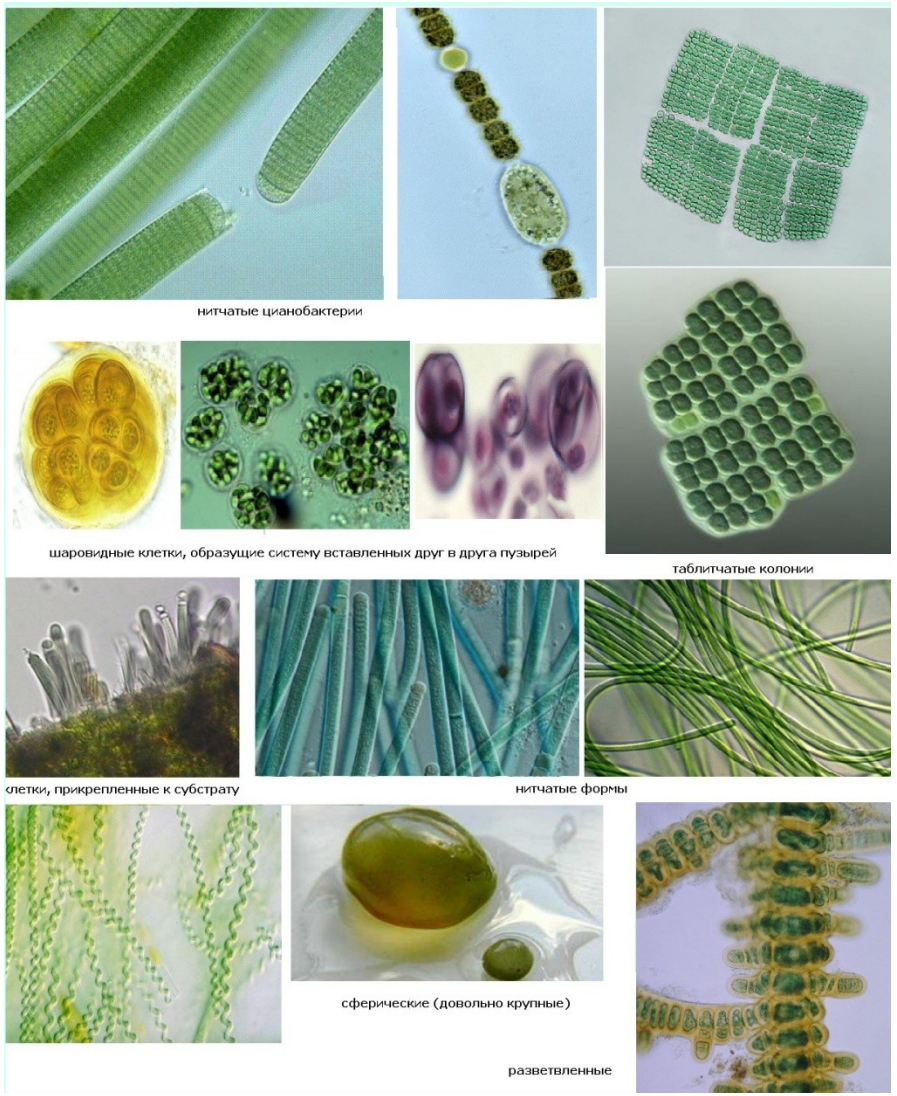
Шырышты секреция көмегімен олар қынаптан сырғып, суда қозғалады, содан кейін біраз уақыттан кейін олар тоқтап, балдырлардың жаңа жіптеріне айналады.

Цианобактериялардың физиологиясы

Көк-жасыл балдырлардың көпшілігі облигатты **фототрофтар** болып табылады (тек жарық болған жағдайда ғана өседі). Олар үшін оңтайлы жарықтандыру 500-1000 құрайды, кем дегенде 8000 лк.

Өсу үшін оңтайлы температура 25-30°С құрайды. Цианобактериялардың өсуі байқалатын максималды температура 70-74°С, минимум 0°С - жақын.

Көптеген цианобактериялар бейтарап және сілтілі жағдайда өседі. Оңтайлы pH мәні 7,5-8,5 құрайды.



Экологиялық негіздері

Цианобактериялар экологияда маңызды рөл атқарады. Олар су және жер үсті экожүйелеріндегі бастапқы продуценттер болып табылады. Цианобактериялардың кейбір түрлері топырақта көптеп кездеселді және атмосфералық азотты бекітуге қабілетті, бұл топырақтың құнарлылығы үшін маңызды.

Цианобактериялар бейорганикалық заттарды сіңіреді, су мен топырақты тазарту процестеріне қатыса алады.

Бактериялардың арасында олар әртүрлі экстремалды жағдайларға жақсы бейімделген, көбінесе Антарктида мұзынан континентальды ыстық су көздеріне дейін басқа бактериялармен бірге микробтық қауымдастық құрайды.

Цианобактериялар гипертұзды және сілтілі көлдерде, жоғары металл концентрациясында дами алады, сонымен қатар ксерофильді жағдайларға төзімді (яғни судың төмен деңгейі), шөлді аймақтардағы эндолитикалық қауымдастықтар құрайды.

Термалды бұлақтарда цианобактериялы **төсеніштерді** цианобактериялардың белгілі бір туыс өкілдерін қалыптастырады (*Phormidium, Oscillatoria, Calothrix, Fischerella, Microcoleus*).



Кейбір цианобактериялар адамдар мен жануарларда улану тудыруы мүмкін токсиндерді өндіреді.

Цианобактериялардың жаппай дамуы су қоймаларының «гүлденуіне» әкелуі мүмкін, бұл судың сапасын нашарлатады, ашықтығын төмендетеді, оттегінің құрамын азайтады және балықтың және басқа да су организмдерінің өліміне әкелуі мүмкін



Цианобактериялардың маңызы:

1. Атмосфераны оттекпен байыту:	Цианобактериялар фотосинтез арқылы оттек бөледі. Олар — Жердегі алғашқы оттек өндірушілер.
2. Азотты фиксациялау (бекіту):	Кейбір түрлері (мысалы, Anabaena, Nostoc) атмосфералық азотты (N_2) тірі организмдерге сіңімді түрге айналдырады. Бұл ауыл шаруашылығында өте маңызды.
3. Су экожүйесіндегі рөлі:	Табиғи суларда фитопланктонның құрамына кіреді, азық тізбегінің төменгі деңгейінде тұрып, тұтас экожүйеге негіз болады.



4. Эволюциялық маңызы: Цианобактериялар — қазіргі өсімдіктердегі хлоропласттардың арғы тегі болып саналады (эндосимбиоз теориясы).

Қорытынды

- Цианобактериялар теңіздер мен тұщы суларда негізгі продуценттер ретінде тіршілік етеді.
- Азотты бекіту. Азотты фиксациялау қабілетіне ие кейбір түрлері топырақ құнарлылығын арттырады. Бұл синтетикалық азот тыңайтқыштарына тәуелділікті азайтады.
- Цианобактериялар өсімдіктер сияқты фотосинтезді жүзеге асырады, көмірқышқыл газы мен суды органикалық заттарға айналдырады және оттегін бөледі.
- Су экожүйелерінде цианобактериялар көбінесе бастапқы продуценттер болып табылады, яғни тамақ тізбектерінің негізіне жатады.
- Цианобактериялардың кейбір түрлері атмосфералық азотты бекітіп, оны өсімдіктерге қолжетімді пішінге айналдыра алады.
- Су мен топырақтың сапасын жақсарту:
- Цианобактериялар суды кремний қышқылынан және басқа да заттардан тазартуға, сондай-ақ топырақтың құнарлылығын жақсартуға қатыса алады.
- Цианобактериялар ғылыми зерттеулерде көп қолданысқа ие және оларды әртүрлі салаларда тиімді пайдалануға болады.

Бақылау сұрақтары

- Цианобактериялардың таксономиялық белгілері;
- Морфологиялық әртүрлілігіне тоқталыңыз;
- - спектрлік қасиеттер, әртүрлі жарық жағдайларына бейімделу.
- Пигментті жүйелер: қандай хлорофиллдер, фикобилиндер, каротиноидтар түрлерін білесіздер;
- Цианобактерияларды әртүрлі жарық жағдайларына бейімделу қасиеттері қандай;
- Физиологиялық ерекшеліктеріне тоқталыңыз.

Ұсынылатын әдебиеттер

- 1. Заядан Б.К., Фототрофты микроорганизмдер биотехнологиясы.–Павлодар, «Brand print», 2010. – 432 б.
- 2. Заядан Б.К. Экологиялық биотехнология: Оқу құралы. Алматы: Изд. «Литер», 2013. – 314 б.
- 3. Биология цианобактерий: учебно-методическое пособие / Е.А. Бессолицына – Киров: ФГБОУ ВПО «ВятГУ», 2012. – 51 с.
- https://www.webofscience.com
- https://www.sciencedirect.com
- https://www.elsevier.com/

НАЗАРЛАРЫҢЫЗҒА РАХМЕТ!