

С.Н. Сейілбек[✉], Н.Р. Акмуханова^{*}, К. Болатхан[✉],
С.К. Сандыбаева[✉], А.К. Ермакова[✉], Д.М. Акиметова[✉]

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.

*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

ТҰЗКӨЛ КӨЛІНІҢ ЦИАНОБАКТЕРИЯЛАРЫНЫҢ БИОАЛУАНТҮРЛІЛІГІ ЖӘНЕ БӨЛІНІП АЛЫНҒАН ДАҚЫЛДАРДЫҢ МОРФОЛОГИЯЛЫҚ, ДАҚЫЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Алматы облысының оңтүстік-шығысында, Райымбек ауданында, Шарын өзенінің жоғарғы сол жағалауында орналасқан Тұзкөл көлінің цианобактерияларының түрлік алуантүрлілігі зерттелді. Микроорганизмдердің биоалуантүрлілігі – бұл микроорганизмдердің болашағы мол жаңа түрлерін ашуға арналған ең үлкен пайдаланылмаған резервуар болып саналады. Зерттеу жұмысының мақсаты – Тұзкөл көлінің түрлік алуантүрлілігін зерттеу және цианобактериялардың мол түрін бөліп алу. Цианобактерияларды (Cyanobacteria) зерттеу нәтижелері бойынша планктоннан 12 түр, перифитоннан 15 түр анықталды. Цианобактериялардың галобтылығына қатысты зерттелетін көлдің экологиялық сипаттамасы галофильді түрлердің басым болуымен көлдің тұздылығын көрсетті. Сонымен қатар көлде ортаның тұздылығына байланысты цианобактериялардың индифферентті түрлері кездесетіні анықталды. Цианобактериялардың 70%-ы – сапробтылық индикаторлары. Тұзкөл көлін фитопланктонның индикаторлық түрлері бойынша бағалау, оның олиго-бетамезосапробты санаттарға жататындығын көрсетті. Пантле және Букка әдісі бойынша сапробтық индекс 1,4-ке тең, бұл Тұзкөл көліндегі ластану белгілерінің жоқтығын дәлелдейді. Тұзкөл көлінен алынған сынамалардан 2 альгологиялық таза дақыл бөлініп алынды. Цианобактериялардың бөлініп алынған дақылдары BG-11 – қоректік ортасында, 30-32°C температурада және 6000 лк жарық қарқындылығында жоғары өнімділік көрсететіні анықталды.

Түйін сөздер: түрлік құрам, биоалуантүрлілік, цианобактерия, Тұзкөл көлі, сапробтылық, альгологиялық таза дақылдар.

S.N. Seiilbek, N.R. Akmukhanova*, K. Bolatkhan, S.K. Sandybayeva, A.K. Ermekova, D.M. Akimetova

Al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty

*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

Species composition of cyanobacteria of lake Tuzkol and study of morphological and cultural properties of isolated cultures

The species diversity of cyanobacteria of Lake Tuzkol, located on the left bank of the upper reaches of the Charyn River in the Rayymbek district in the south-east of the Almaty region, was studied. Microbial biodiversity represents the largest untapped reservoir for the potential discovery of new promising species of microorganisms. The aim of the study was to study the species diversity of Lake Tuzkol and identify promising cyanobacteria species. According to the results of the study of cyanobacteria (Cyanobacteria), 12 species were found in plankton, 15 species in periphyton. The ecological characteristics of cyanobacteria in relation to halobacteria indicate the salinity of the lake under study, there is a predominance of halophilic species. In addition, it was revealed that there are cyanobacteria species in the lake that are indifferent to the salinity of the environment. Indicators of saprobicity were 70% of cyanobacteria. The assessment of the state of the lake water by indicator species of phytoplankton showed that it belongs to the category of oligo-betamezosaprobna. The saprobic index according to the Pantle and Bukka method is 1.4. According to the results of work on the isolation of pure cultures from samples taken from the Tuzkol lake, 2 algologically pure cyanobacteria cultures were obtained. The isolated cultures of cyanobacteria showed high productivity in the nutrient medium BG -11, at a temperature of 30-32°C and a light intensity of 6000 lux.

Key words: species composition, biodiversity, cyanobacteria, Lake Tuzkol, saprobicity, algologically pure cultures.

С.Н. Сейлбек, Н.Р. Акмуханова*, К. Болатхан, С.К. Сандыбаева,
А.К. Еркемова, Д.М. Акиметова

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г. Алматы
*e-mail: akmukhanova.nurziya@gmail.com

Биоразнообразие цианобактерий озера Түзкөл и изучение морфолого-культуральных свойств выделенных культур

Изучено видовое разнообразие цианобактерий оз. Түзкөл, расположенное на левобережье верховий реки Чарын в Райымбекском районе на юго-востоке Алматинской области. Биоразнообразие микроорганизмов представляет собой крупнейший неиспользованный резервуар для потенциального открытия новых перспективных видов микроорганизмов. Целью исследования было изучение видового разнообразия озера Түзкөл и выделение перспективных видов цианобактерии. По результатам исследования из цианобактерий (*Cyanobacteria*), в планктоне обнаружено 12 видов, в перифитоне – 15 видов. Экологическая характеристика цианобактерий по отношению к галобности указывает на солонность исследуемого озера, наблюдается преобладание галофильных видов. Кроме того, выявлено, что в озере встречаются виды цианобактерий, индифферентные по отношению к солонности среды. Показателями сапробности являлись 70 % цианобактерии. Оценка состояния воды озера по индикаторным видам фитопланктона показала ее принадлежность к категории олиго-бетамезосапробной. Сапробный индекс по методу Пантле и Букка равен 1,4. По результатам работ по выделению чистых культур из проб, отобранных из озера Түзкөл, получены 2 альгологически чистые культуры цианобактерий. Выделенные культуры цианобактерий показали высокую продуктивность в питательной среде BG-11, при температуре 30-32 °С и интенсивности света 6000 лк.

Ключевые слова: видовой состав, биоразнообразие, цианобактерия, озеро Түзкөл, сапробность, альгологически чистые культуры.

Кіріспе

Микроорганизмдердің биоалуантүрлілігі жаңа, перспективті биотехнологиялық өнімдерді анықтауға арналған орасан үлкен пайдаланылмаған резервуар есебінде қарастырылады. Соңғы уақытта өте жоғары рН мәнді және қаныққан деңгейге дейін жоғары тұз концентрациясымен сипатталатын тұздылау және тұзды көлдер өзекті зерттеу объектісіне айналды, себебі мұндай көлдер микробтық әртүрліліктің орталықтары және ерекше реликті микробтық қауымдастықтардың сақталу орындары болып саналады, олардың доминантты негізгі түрлері цианобактериялар болып табылады [1-3].

Бірегей көлдердің бірі болып ащы-тұзды, тау аралық ойпатта теңіз деңгейінен 1958,9 метр биіктікте орналасқан ағынсыз Түзкөл көлі болып табылады. Шығысында көл Елшін-Бұйрық тауларымен, оңтүстігінде Айбыржал және Жабыртау тауларымен, солтүстік-шығысында Тзген-Қаратау тауларымен, шығысында Алматы облысының Кеген және Райымбек аудандарындағы Айғыржол тауларымен шектеседі. Суы өте тұзды, бірақ тұздылық деңгейі жыл сайын өзгеріп отырады. Судағы тұздың ең жоғары мәні литріне 300 г-ға жетеді [4]. Тұзды көлдер маңызды коммерциялық және

экологиялық құндылығы бар табиғи актив болып есептеледі. Бірақ Тұзды көлдер бүкіл әлемде кездесетініне қарамастан және су көлемі жағынан тұщы су экожүйелерімен салыстырмалы бірдей болғанымен де, тұщы суларға қарағанда салыстырмалы түрде аз зерттелген жүйелер болып табылады [5,6].

Цианобактериялар өзгермелі қоршаған орта жағдайларына ерекше бейімділікке ие, себебі бірқатар физиологиялық ерекшеліктерінің, яғни оксигенді және аноксигенді фотосинтезді, гетеротрофты фотоассимиляцияны жүзеге асыру мүмкіндігі, молекулалық азотты бекіту, күкірт қосылыстарын тотықтыру және көптеген органикалық субстраттарды жою мүмкіндіктерінің болуына байланысты. Цианобактериялар көп жағдайда әртүрлі экологиялық қуыстарда доминантты тіршілік ететін организмдер болып табылады. Бұл топтың көптеген өкілдері эукариотты микроорганизмдер төтеп бере алмайтын қоршаған орта жағдайларының кең спектріне, соның ішінде экстремалды жағдайларға төзімді ағзалар болып саналады. Көбінесе төмен және жоғары температураға төзімділік қабілеті олардың әртүрлі экстремальды экожүйелерде доминанттылық рөлін анықтайды. Олар ыстық бұлақтарда да [7], жартастарда немесе шөлдердің ыстық топырақтарында [8] және фото-

трофтардың көпшілігі өмір сүре алмайтын мұздатылған полярлы Тұщы су тоғандарында өседі [9,10]. Цианобактериялар өте қызықты биологиялық белсенді қосылыстардың табиғи көзі болып табылады. Соңғы жылдары бұл қосылыстар тіршілік туралы ғылымның әртүрлі салаларында қолдану мүмкіндігіне байланысты зерттеушілердің ерекше назарын аударта бастады. Оларды қолдану аясы азық-түлік өнімдері мен жем алуға биомасса өндіруден бастап, әр түрлі салалар үшін биологиялық белсенді қосылыстар өндіруге дейін тербеледі. Цианобактериялардың биоалуантүрлілігін және гендік инженерия саласындағы соңғы жетістіктерді ескеретін болсақ, микроорганизмдердің бұл тобы жаңа өнімдер мен оларды қолданудың перспективті табиғи көздерінің бірі болып табылады [11].

Осыған байланысты біздің зерттеу жұмысымыздың мақсаты Түзкөл көлінің түрлік

алуантүрлілігін зерттеу және цианобактериялардың перспективті түрлерін бөліп алу болып табылады.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны – Алматы облысының оңтүстік-шығысында Райымбек ауданында Шарын өзенінің жоғарғы ағысының сол жағалауында орналасқан Түзкөл көлі (43°00'10»с.е.79°59'30» ш. б.) (1-сурет). Көлдің периметрі 14387 метр, ауданы 7,01 шаршы шақырым. Көлдің ұзындығы 5,3 шақырым, орталық бөлігіндегі ең үлкен ені 2,5 шақырым. Ең үлкен тереңдігі 3 метр, орташа тереңдігі 0,3 метр. Көлдің қоректенуі негізінен Елшін-Бұйрық тауларына жақын орналасқан көлдің батыс бөлігінде шоғырланған бұлақтар суымен жүзеге асады.



1-сурет – Түзкөл көлінің картасы (43.005197, 79.986523)

Түзкөл көлінен 2022 жылдың көктемгі және жазғы кезеңінде судың тұнба шөгінділерінен және микробтық төсеніштерден сынамалар алынды. Барлығы 30 альгологиялық сынама, оның ішінде планктон, бентос, перифитон үлгілері жиналды. Үлгілер таяз тереңдікте, балдырлардың белсенді өскен аймақтарынан алынды. Альгологиялық сынамаларды алу кезінде судың температурасы 18-20° С, рН 8,8-9,3, мөлдірлігі 0,5 – 1 м, тереңдігі 0,5-тен 1,5-2 м аралығында

болды. Барлық жиналған үлгілер мұқият зат таңбаланды. Жапсырмаларда сынаманың нөмірі, жинау уақыты мен орны және жинаушының тегі көрсетіледі. Зерттеу барысында альгологиялық тәжірибеде жалпы қабылданған әдістерді қолдана отырып, далалық үлгілерді алу мен зертханалық зерттеулер жүргізілді. Сандық сынамалар (S = 0.01 м²) жақтауды пайдалана отырып іріктелді. Өсінділерді субстраттардан щеткамен қырып алынды, үлгілерді бекіту Г.В.Кузьминнің моди-

фикациясында Люголь ерітіндісімен жүргізілді [12,13]. Цианобактериялар 40-тан 100 есеге дейін үлкейтілетін объективтерді пайдалана отырып «Регере» және «MicrosAustria» жарық микроскоптарының көмегімен зерттелді. Судың әр үлгісінен кемінде 5 препаратта 30-40-қа жуық көру өрісі зерттелді. Алынған нәтижелер 1 мл судағы жасушалар саны мөлшерінде көрсетілді. Цианобактериялардың саны 100 көру өрісіне қайта есептелген кезде жиілік шкаласы бойынша бағаланды [14]. Цианобактериялардың түрлерін анықтау нативті және бекітілген препарат түрінде жүргізілді. Бұл жағдайда фиксатор ретінде формальдегид пен йод ерітінділері қолданылды. Цианобактериялардың түрлері арнайы анықтаушыларды қолдану арқылы анықталды [15-17].

Цианобактериялардың жинақтаушы дақылдарын алу дәстүрлі әдістеме бойынша жүргізілді. Альгологиялық таза дақылдарды жинақтаушы дақылдардан бөліп алу үшін стандартты микробиологиялық әдістер қолданылды. Цианобактериялар залалсызданған жағдайда көлемі 500 мл колбаларда өсірілді. Цианобактерияларды өсіру үшін қоректік ортаның үш түрі зерттелді: Громов, Заррука және BG11. Цианобактериялардың биомассасының өсуі тікелей өлшеу әдісімен абсолютті құрғақ затты (а.б.с.) анықтау арқылы бағаланды [18].

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Жер бетінде тіршілік ететін кез-келген ағза биоценоздардың құрамында ерекше белгілі бір орын алады, олар алмастырылмайды және мүқият зерттеуге лайық. Алайда биосфераның эволюциясы мен тіршілігінде кейбір топтардың рөлі ерекше маңызды болып табылады. Заманауи ғылыми деректерге сәйкес, мұндай топтардың бірі цианобактериялар болып табылады.

Цианобактериялар геохимияда маңызды рөл атқарады және негізгі биогендік элементтердің циклдеріне айтарлықтай үлес қосады, өйткені олар органикалық заттардың негізгі көзі болып табылады [19]. Экстремалды экожүйелердегі цианобактериялардың жоғары функционалды белсенділігі олардың өздеріне тән физиологиялық икемділігіне және қоршаған ортаның физика-химиялық параметрлерінің өзгеруіне жылдам реакция беруіне байланысты. Бұл организмдер фотосинтезді зерттеуде, атмосфералық азотты бекітуде, жасушаның бөлінуінде, сутегі алуда және басқа да бірқатар іргелі және практикалық мәселелерді шешуде модельді нысандар болып табылады. Бұл ең алдымен оларды өсірудің қарапайымдылығымен, жоғары өсу қарқынымен және метаболизмнің үлкен мүмкіндіктерімен қамтамасыз етіледі. Көптеген авторлар цианобактерияларды әр түрлі биологиялық белсенді заттардың көзі ретінде пайдалану перспективалары дәлелденген. Цианобактериялардан бөлініп алынатын биологиялық белсенді заттардың кейбіреулері фармацевтикалық, косметикалық өнімдерді, жануарлардың өнімділігін және дақылдардың өнімділігін арттыратын құнды шикізат бола алады [20].

Цианобактерияларды (*Cyanobacteria*) зерттеу нәтижелері бойынша планктоннан 12 түрі, перифитоннан – 15 түрі табылды. Барлығы 4 тұқымдастың 14 туысына қарайтын 27 түр анықталды (2-сурет, 1-кесте). Түзкөл көліндегі планктонда цианобактериялардың кең таралған *Oscillatoria* туысының түрлері, сондай-ақ тұзды су өкілдері *Synechocystis salina*, *Trichormus variabilis*, *Synechocystis aquatilis* Sauv., *Aphanothece salina* Elenk. *Chroococcus minutus* (Kütz.) Näg., *Gloeocapsopsis crepidinum* (Thur.) Geitl, *Lyngbya limnetica*, *Phormidium biguam* Gom, *Spirulina tenuissima* Kütz, *Oscillatoria tenuis* C. Ag. ex Gom. кең дамыған.

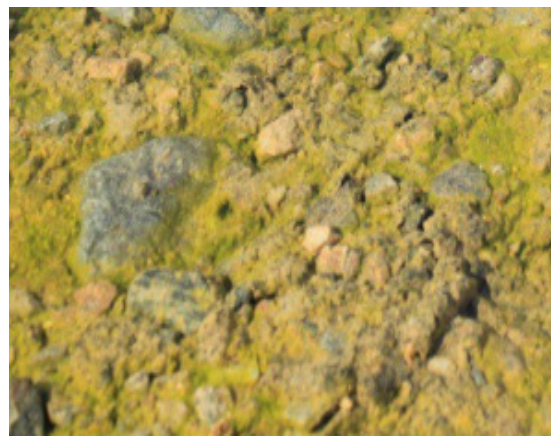
1-кесте – Түзкөл көлі цианобактерияларының тізімі

№	<i>Cyanophyta</i>	Галобтылық	Сапробтылық
	<i>Anabaena spiroides</i>	индифферент	o
	<i>Aphanothece salina</i> Elenk.	Галофил	o
	<i>Chroococcus minutus</i> (Kütz.) Näg.,	-	o-β
	<i>Gloeocapsopsis crepidinum</i> (Thur.)	Галофил	-
	<i>Lyngbya limnetica</i>	Галофил	-
	<i>Merismopedia minima</i>	-	-
	<i>Merismopedia punctate</i> Meyen	Галофил	β
	<i>Merismopedia tenuissima</i>	Галофил	β-a

<i>Microcystis flos-aquae</i>	-	β
<i>Microcystis aeruginosa</i>	Галофил	α
<i>Microcystis aeruginosa f. flos-aquae</i>	индифферент	-
<i>Oscillatoria tenuis C. Ag. Ex Gom.</i>	Галофил	β
<i>Oscillatoria amphibia</i>	Галофил	α
<i>Oscillatoria limosa</i>	Галофил	β
<i>Oscillatoria mutilissima</i>	-	α
<i>Oscillatoria planctonica</i>	индифферент	β
<i>Oocystis crassa</i>	индифферент	-
<i>Planktolynghya limnetica</i>	Галофил	α
<i>Phormidium ambiguum Gom.</i>	индифферент	β
<i>Phormidium autumnale</i>	-	α
<i>Phormidium foveolarum</i>	-	α
<i>Phormidium tenue</i>	индифферент	β
<i>Spirulina tenuissima Kütz.</i>	-	-
<i>Synechocystis salina</i>	Галофил	-
<i>Synechocystis aquatilis Sauv</i>	-	β
<i>Synechocystis minuscula Woronich.</i>	-	-
<i>Trichormus variabilis</i>	мезогалоб	β

Перифитондық қауымдастықтың негізін *Phormidiaceae* (4 түр), *Oscillatoriaceae* (5 түр) тұқымдастарының цианобактериялары құрайды, олардың 9 түрі анықталды, бұл перифитонның барлық зерттелген түрлерінің 56,2% құрайды (2-сурет, 1-кесте). Цианобактериялық төсеніштер зерттелген көл түбінде орналасқан, кейбір жеке бөліктері ғана судың бетіне қалқып шығады. Цианобактериялық төсеніштердің эдификаторлары *Oscillatoriaceae* тұқымдасының жіпшелі цианобактерия өкілдерінің трихомалары бір бірімен байланысып және шырыш бөлуіне байланысты, үзілуге төзімді тығыз қабықшалар

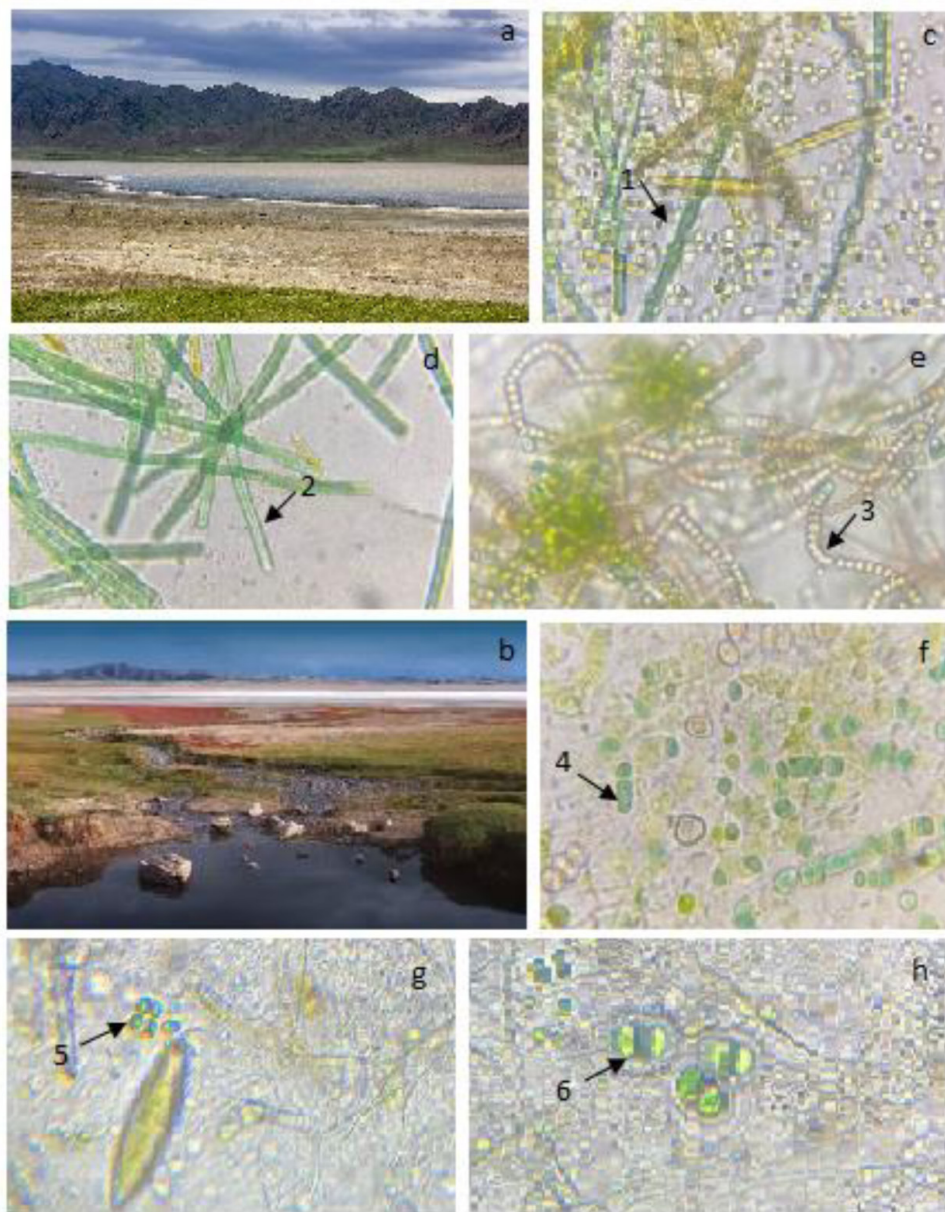
түзеді (3-сурет). Цианобактериялардың анықталған тұқымдастарының перифитонда басым таралуы табиғи заңдылық болып табылады, өйткені олардың құрамына кіретін көптеген түрлері цианобактериялық төсеніштерді түзу қабілетіне ие ағзалар болып табылады. Осындай ерекше тіршілік ету жағдайларына бейімделе отырып, цианобактериялар тұзды көлдердің тіршілігінде өте үлкен рөл атқарады. Цианобактериялар түзетін органикалық масса мен суда еріген тұздардың көп мөлшері осы көлдерге тән бірқатар ерекше биохимиялық үдерістердің себебі болып табылады [21,22].



2-сурет – Тұзкөл көлінің су түбіндегі цианобактериялық төсеніштері

Цианобактериялардың арасында судың тұздылығының индикаторлары галофилдер (11 түрі), мезогалобтар (1) және индифференттер (6 түрі) де басым болды. Цианобактериялардың галобтылыққа қатысты экологиялық сипаттамасы зерттелетін көл суының тұздылығын көрсетеді, өйткені цианобактериялардың анықталған түрлерінің 11 түрі галофилдерге жатады. Анықталған цианобактериялардың 70%-ы судың сапобтық

көрсеткіш ағзалар қатарына қарайды, олардың ішінде олигосапробтардың (2 түрі), олиго-ветта сапробты – 2, ветта альфа сапробты – 4, ветта сапробты – 5, альфа сапробты – 2, олиго-альфа-сапробтардың 3 түрі анықталды. Фитопланктонның индикаторлық түрлері бойынша көл суының жай-күйін бағалау оның олиго-бетамезосапробты санатына жататынын көрсетті. Пантле мен Букка әдісі бойынша сапробтық индекс – 1,4-ке тең.

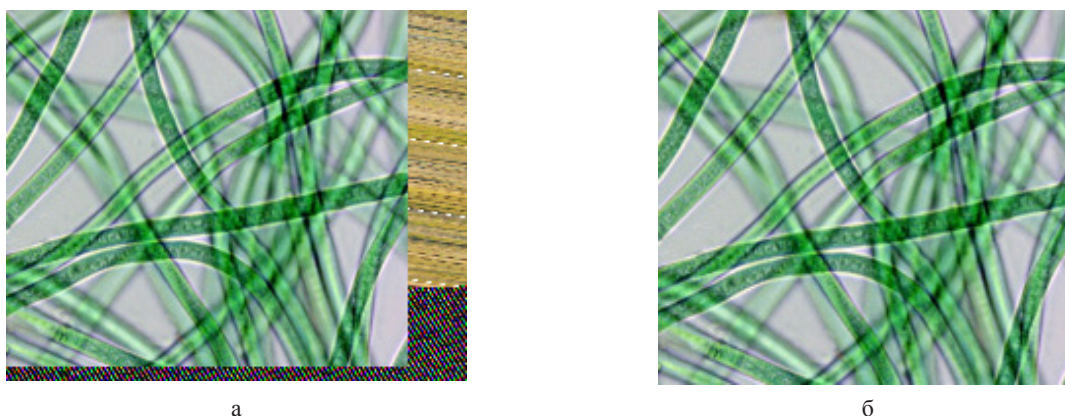


3-сурет – Түзкөл көлі цианобактерияларының түрлік құрамы a, b – Түзкөл көлі, c-h – зерттелген сынамалар препараттары. Цифрлармен белгіленген: 1 – *Lyngbya*, 2 – *Oscillatoria*, 3 – *Anabaena*, 4 – *Phormidium*, 5 – *Merismopedia*, 6 – *Synechocystis* (x100 үлкейтілген)

Көлден цианобактериялар дақылдарын бөліп алу бойынша жүргізілген эксперименттік жұмыстардың нәтижесінде Түзкөл көлінен 2 альгологиялық таза дақыл бөлініп алынды.

Цианобактериялардың бөлінген дақылдарының морфологиясын зерттеу нәтижесі бойынша, СС – 1 дақылы-жіп тәрізді, шырышты қабаты жақсы айқындалған, трихомалары жалғыз, бір қатарлы, қою көк – жасыл түсті, жасуша мөлшері 2,2-2,4 X 4, 2-5,9 мкм. Трихомалар салыстырмалы түрде параллель орналасқан жіпшелерді құрайды. Трихомалар түзу, көлденең бөлімдерде сәл өзгертілген, ені 4-10 мкм, ашық көк-жасыл, кейде ұштары сәл иілген. Жіпшелердегі жасушалар ұзындығы 2,6-5 мкм, яғни енінен 2-3

есе қысқа. Көлденең бөлімдердегі түйіршіктер айқын көрінеді. Жіпше соңындағы жасушалар азды көпті айқын жарты шар тәрізді, кейде сәл қалыңдатылған қабықшасы болады. Бөліну бір жазықтықта жүреді, бұл жасушалардың сызықты орналасуына әкеледі. Түсі көк-жасыл, жасушалар колба түбіне тұнбаланбайды. Қатты қоректік ортада нашар өседі, жасушалардың өсуі дақылдаудың 8-10 тәулігінде бақыланады. Автотрофты штамм. Өсу температурасы 22-30°C, Громов сұйық және агарлы қоректік орталарында жақсы өседі (3а-сурет). Морфологиялық сипаттамалары бойынша- Класс: *Oscillatoriothycideae* Қатар: *Oscillatoriales*, Тұқымдас: *Oscillatoriaceae*, туыс: *Oscillatoria*.



4-сурет – Бөлініп алынған цианобактериялар дақылдарының микрофотографиясы СС -1 (а), СС-2 (б), (x100 үлкейтілген)

СС-2 дақылы – трихомалары терілі, жұқа, бозғылт көк-жасыл. Трихомалары қисайған, көлденең аралықтарда бір-бірімен қиылысқан, ұштарына қарай кесілген және түзу, ені 0,6-0,8 мкм. Қынабы түссіз, бір-бірімен жабысқан. Жасушалар цилиндр тәрізді, олардың ұзындығы енінен 2-8 есе үлкен, көлденең бөліктері түйіршіктелмеген. Барлық ұзындығы бойында жіпшелері бірдей қалыңдықта, жасуша трихомаларының шеттері ғана сәл тарылған немесе аз ғана майысқан. Соңғы жасуша доғал конусты. Бөліну бір жазықтықта жүреді, бұл жасушалардың сызықтық орналасуына әкеледі. Түсі көк-жасыл, жасушалар өсу ортасында тұнба түзбейді, колба шеттеріне шыныға бекініп өседі. Қатты ортада өсуі нашар, дақылдаудың 8-10 тәулігінде ғана өсе бастайды. Заррука сұйық ортасында 22-30°C температурасында жақсы өседі (3б-сурет.) Морфологиялық белгілері бойынша

Oscillatoriothycideae классының өкілі ретінде анықталды, оның ішінде *Oscillatoriales* қатары, *Phormidiaceae* тұқымдасы, *Phormidium* туысы.

Цианобактериялардың перспективті түрлері мен штамдары көптеген елдерде (АҚШ, Жапон, Тайвань, Ресей, Болгария) зерттеліп, қолданылады. Цианобактерияларды практикалық қолдану биомасса алу және оны экологияда, ауыл шаруашылығында, фармакологияда, парфюмерияда пайдалану мақсатында оларды өнеркәсіптік өсіруден тұрады. Өндірістік дақылда цианобактериялардың өсуін жеделдететін негізгі факторларға жарықтың қарқындылығы, температура және қоректік орта жатады.

Цианобактерияларды өсірудің заманауи әдістері қаншалықты ерекшеленсе де, олардың барлығы жасушаларды жеткілікті жарықпен, көмірқышқыл газымен және басқа қоректік заттармен қамтамасыз етуге негізделген. Цианобактериялардың өсуіне

температура үлкен әсер етеді. Температураның жоғарылауымен цианобактериялардың өсу қарқыны артып, олардың жарық оптимумы артады. Нәтижесінде, өндірістік дақылға цианобактерияларды таңдағанда, олардың термофильділігіне көп көңіл бөлінеді. Цианобактерияларға әсер ететін жарықтың қарқындылығы олардың өсу қарқынын, фотосинтез белсенділігін және жасушаның маңызды биополимерлерінің жиналуын бақылайтын маңызды факторлардың бірі болып табылады [23].

Цианобактериялардың өсуіне қолайлы қоректік ортаны таңдау үшін Громов және Заррука, BG11 қоректік орталарында дақылдау жүргізілді. Цианобактериялардың өнімділігі бойынша оңтайлы өсу ортасы екі дақыл үшін BG11 қоректік ортасында бақыланды. Громов қоректік ортасында зерттелген екі дақылдың да биомасса түзу қабілеті Заррука және BG11 қоректік ортасымен салыстырғанда төмен болды (2-кесте).

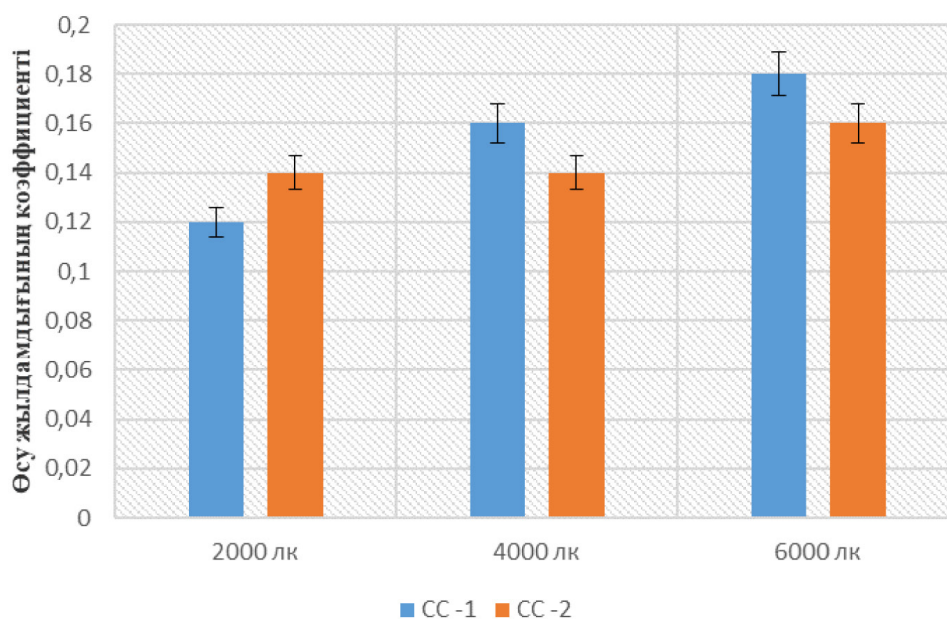
2-кесте – Цианобактериялардың оқшауланған штамдарының әртүрлі қоректік орталарда биомасса жинау қабілеті

Дақыл	BG11 қоректік ортасы	Громов қоректік ортасы	Заррука қоректік ортасы
Құрғақ салмақ г/л			
CC-1	1,768±0,01	0,813±0,03	1,289±0,01
CC-2	1,758±0,02	0,769±0,02	1,259±0,01

Зерттеуіміздің келесі кезеңінде температураның, жарық қарқындылығының цианобактериялардың оқшауланған штамдарының өсуіне әсері зерттелді. Ол үшін цианобактериялардың оқшауланған штамдары үш түрлі жарық жағдайында: 2000, 4000 және 6000 лк., 28°C температурада өсірілді

Әртүрлі жарықтандырудағы цианобактериялардың өсу қарқыны бойынша алынған дерек-

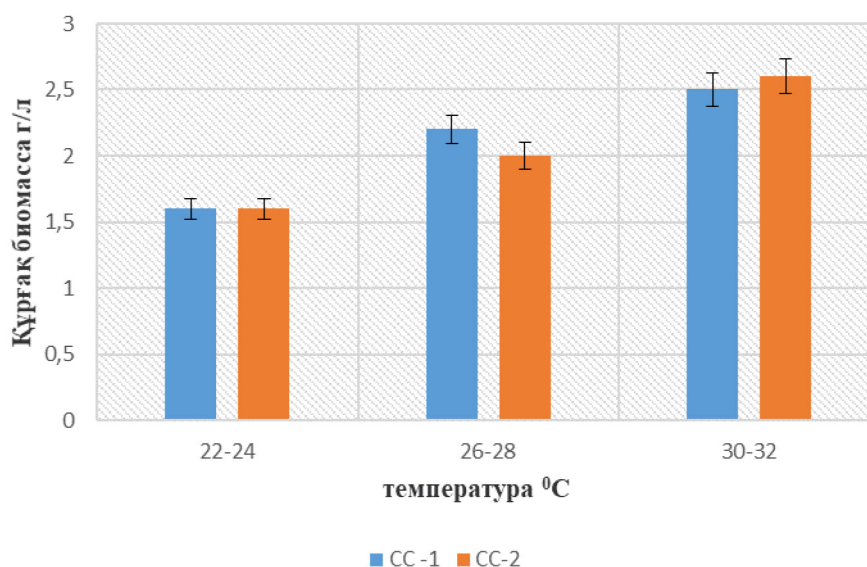
терді салыстырмалы талдау -2000 лк жарық қарқындылығында барлық цианобактерия дақылдарында өсу қарқыны 4000 және 6000 ЛК жарықтандыру мәндерімен салыстырғанда айтарлықтай төмен болғанын көрсетеді. Цианобактериялардың өсу қарқыны барлық дақылдардағы жарық қарқындылығының жоғарылауымен артады, 6000 ЛК-да өсу қарқынының коэффициенті: CC-1 штаммы – 0,18, CC-2 – 0,16 (4-сурет).



5-сурет – Цианобактериялардың оқшауланған штамдарының әртүрлі жарық жағдайында өсу жылдамдығының коэффициенттері

Зерттеуіміздің келесі кезеңінде Түзкөл көлінен оқшауланған цианобактериялардың өсуіне температураның әсері зерттелді. Цианобактериялар әртүрлі температурада 2°C аралықпен өсірілді. Цианобактериялардың оңтайлы температурасы ретінде өнімділігі жоғары болған температура қабылданды. Цианобактериялар үшін оңтайлы температуралық оптимум 30-32°C аралығында болды, өйткені бұл температурада

барлық цианобактерия дақылдары басқа температуралық мәндердегі биомасса шығымдылығымен салыстырғанда құрғақ биомассаның жоғары шығымдылығына ие болды (5-сурет). Температураның жоғарылауымен барлық цианобактерия дақылдарының өнімділігі пропорционалды түрде өсті. Сондықтан цианобактериялардың дамуына температураның жоғарылауы оң әсер етеді.



6-сурет – Цианобактериялардың оқшауланған штамдарының әртүрлі температурада биомасса жинау қабілеті

Зерттеу нәтижелері бойынша цианобактериялардың оқшауланған дақылдары 30-32°C температурада және 6000 лк жарықтандыруда жоғары өнімділік көрсеткені анықталды. Осылайша, Түзкөл көлінен бөлініп алынған цианобактериялар алгологиялық тазалықты тұрақты түрде сақтайды, күрделі өсіру жағдайлары мен минералды тұздардың көп мөлшерін қажет етпейді. Олар ең аз бейімделу уақытымен, жоғары өсу қарқынымен және өнімділігімен сипатталады.

Экстремалдық жағдайлар, әдетте, түрлердің алуан түрлілігін шектейтін шектеуші фактор ретінде сипатталады, ал тұзды көлдерде биоалуантүрлілік әртүрдің тұздылық стрессіне төзу қабілетімен шектеледі, бұл галотолеранттық деп аталады. Зерттеу қорытындысы бойынша Түзкөл көлінде 4 тұқымдасқа жататын 14 туыстың 27 түрі анықталды. Перифитондық қауымдастықтың

негізін *Phormidiaceae* (4 түр), *Oscillatoriaceae* (5 түр) тұқымдастарының цианобактериялары құрайды, бұл перифитонның барлық зерттелген түрлерінің 56,2% құрайды. Әдеби мәліметтерге сәйкес, цианобактериялар көптеген тұздылығы өте жоғары көлдерде басым және микробтық төсеніштердің негізін қалаушы ағзалар болып табылады. Микробтық төсеніштердің жоғарғы қоныр қабатын цианобактериялардың кең таралған бір жасушалы *Aphanothese* тұқымдасының өкілдері құрайды. Әдеби мәліметтер бойынша *Aphanothese* тұқымдасының түрлері және оларға ұқсас бір жасушалы цианобактериялар Үлкен Тұзды көлде, Өлі теңізде және жасанды тоғандарда анықталған [24]. Сондай-ақ, әртүрлі жіп тәрізді цианобактериялар, мысалы, *Oscillatoria*, *Phormidium* сияқты *Oscillatoriales* қатарының цианобактериялары тұздылығы өте жоғары көлдердегі жасыл төсеніштердің екінші қабатында жақсы дамиды [25,26].

Қорытынды

Алматы облысының оңтүстік-шығысында, Райымбек ауданында, Шарын өзенінің жоғарғы сол жағалауында орналасқан Түзкөл көлінің цианобактерияларының түрлік алуантүрлілігі зерттелді. Цианобактерияларды (*Cyanobacteria*) зерттеу нәтижелері бойынша планктоннан 12 түр, перифитоннан 15 түр анықталды. Альгофлораның экологиялық-географиялық талдауы Түзкөл көлінде галофильді түрлердің басымдылығын көрсетті. Сонымен қатар, көлде ортаның тұздылығына байланысты цианобактериялардың индифферентті түрлері де кездесетіні анықталды. Цианобактериялардың анықталған түрлерінің 70%-ы сапробтылық индикаторлары болып табылады. Түзкөл көлі суының жағдайын индикаторлық түрлер бойынша бағалау, оның олиго-бетамезосапробты санаттарға жататындығын

көрсетті. Пантле және Букка әдісі бойынша сапробтық индекс 1,4-ке тең, бұл Түзкөл көліндегі ластану белгілерінің жоқтығын дәлелдейді. Түзкөл көлінен алынған сынамалардан таза дақыл алу жөніндегі жұмыстың қорытындысы бойынша, биотехнологияда кеңінен қолдану мақсатында 2 альгологиялық таза дақыл бөлініп алынды. Зерттеу нәтижелері бойынша Түзкөл көлінен бөлініп алынған цианобактерия дақылдары BG11 қоректік ортасында 30-32°C температурада және 6000 лк жарықтандыруда жоғары өнімділік көрсететіні анықталды.

Алғыс

ИРН АР14870201 «Ауыл шаруашылығы биотехнологиясында пайдалану үшін цианобактериялардың болашағы мол жаңа екінші реттік метаболиттерін іздеу және зерттеу».

Әдебиеттер

1. Заварзин Г.А., Жилина Т.Н. Содовые озера – модель древней биосферы континентов // Природа. – 2000. №2. – С. 45-53.
2. Цыренова Д.Д., Брянская А.В., Намсараев З.Б., Акимов В.Н. Таксономическая и экологическая характеристика цианобактерий некоторых солоноватых и соленых озер Южного Забайкалья // Микробиология. – 2011, том 80, № 2. – С. 230-240.
3. Цыренова Д. Д., Алтанцэцэг Г., Орхонтуяа Г., Бархутова Д. Д. Цианобактерии термальных источников Бурятии и Монголии // Вестник БГУ. Биология, география. – 2019. №4. – С. 4-9.
4. Казахстан. Национальная энциклопедия. – Алматы: Қазақ энциклопедиясы, 2006. – Т. V. – ISBN 9965-9908-5-9.
5. Williams W.D., Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025, *Environ. Conserv.*, 2002, vol. 29, pp. 154-167.
6. Bowman J.P., Rea S.M., McCammon S.A. et al. Diversity and community structure within anoxic sediment from marine salinity meromictic lakes and a coastal meromictic marine basin, Vestfold Hills, Eastern Antarctica // *Environ. Microbiol.* – 2000. – V. 2. – P. 227-237.
7. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // *Basic Food Microbiology.* – 1989. – Vol. 5. – P. 11-48.
8. Singh S.M., Elster J. Cyanobacteria in Antarctic Lake Environments // *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments.* – 2007. – P. 303-320.
9. Garcia-Picher F., Belnap J. Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts // *J. Phycol.* – 1996. – V. 32. – P. 774-782.
10. Tang E.P.Y., Vincent W.F. Strategies of thermal adaptation by high latitude cyanobacteria // *New Phytol.* – 1999. – V. 142. – P. 315-323.
11. Vincent W.F., James M.R. Biodiversity in extreme aquatic environments: lakes, ponds and streams of the Ross streams of the Ross sea sector, Antarctica // *Biodiv. Conserv.* – 1996. – V. 5. – P. 1451-1472.
12. Guilherme Scotta Hentschke, Watson A. Gama Junior Trends in Cyanobacteria: a contribution to systematics and biodiversity studies, *The Pharmacological Potential of Cyanobacteria*, 2022 p. 1-20, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821491-6.00001-6>
13. Заядан Б.К., Маторин Д.Н. Биомониторинг водных экосистем на основе микроводорослей. – М.: Изд-во "Альтекс", 2015. – 252 с.
14. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // *Basic Food Microbiology.* – 1989. – Vol. 5. – P. 11-48.
15. Голлербах М. М., Полянский В. Н. Пресноводные водоросли их изучение. – М.: Изд-во «Сов. наука». 2001. – 200 с.
16. Определитель пресноводных водорослей СССР. – Вып. 2. Синезеленые водоросли. – М.: Изд-во «Сов. наука», 1953. – 646 с.
17. Музафарова. М. Определитель синезеленых водорослей Средней Азии: [В 3 т.] / А. М. Музафаров, А. Э. Эргашев, С. Халилов; АН УзССР, Ин-т ботаники. – Ташкент: Фан, 1987. – С. 406-892.
18. Temraleeva A.D., Dronova S.A., Moskalenko S. V., Didovich S.V. Modern methods for isolation, purification, and cultivation of soil cyanobacteria // *Microbiology.* – 2016. – Vol. 85. – P. 389-399.

19. Балданова Д.Д., Брянская А.В. Экофизиология цианобактерий содовых озер Сульфатное и Тором (Южное Забайкалье) // Вестник БГУ. – 2006. – Сер. 2. – Вып. 8. – С. 73-78.
20. Дидович С.В., Москаленко С.В., Темралеева А.Д., Хапчаева С.А. Биотехнологический потенциал почвенных цианобактерий (обзор) // Вопросы современной альгологии. – 2017. № 2 (14). URL: <http://algology.ru/1170>
21. Stal L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites // The ecology of cyanobacteria. – Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2000. – P. 61-120.
22. Stal, L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites. In *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*, B.A. Whitton Netherlands: Springer. 2012. pp. 65– 125.
23. Урмыч Е.М., Бердыкулов Х.А., Эшпулатова М.Б. Продуктивность микроводорослей в интенсивных условиях культивирования // Альгология. – 2008. – Т. № 3. – С. 347-352.
24. Demay J, Bernard C, Reinhardt A et al. Natural products from cyanobacteria: focus on beneficial activities // *Mar Drugs*. 2019; 17:320. <https://doi.org/10.3390/md17060320>
25. DasSarma, S. and P. Arora, 2002. Halophiles. Encyclopedia of Life Sciences. Vol. 8. Nature Publishing Group, London
26. Kanik M, Munro-Ehrlich M, Fernandes-Martins MC, Payne D, Gianoulis K, Keller L, Kubacki A, Lindsay MR, Baxter BK, Vanden Berg MD, Colman DR, Boyd ES. Unexpected Abundance and Diversity of Phototrophs in Mats from Morphologically Variable Microbialites in Great Salt Lake, Utah. *Appl Environ Microbiol*. 2020; 86(10):e00165-20. doi: 10.1128/AEM.00165-20.
27. Conserv., 2002, vol. 29, pp. 154-167.

References

1. Zavarzin G.A., ZHilina T.N. (2000) Sodovye ozera-model' drevnej biosfery [Salt lakes-a model of the ancient biosphere of the continents]. *Priroda*. no 2. Pp.45-53.
2. Tsyrenova D.D., Bryansk A.B., Namsaraev Z.B., Akimov B.N. (2011) Taksonomicheskaya i ekologicheskaya karakteristika cianobakterij nekotoryh solonovatyh i solenyh ozer YUzhnogo Zabajkal'ya [Taxonomic and ecological characteristics of cyanobacteria of some brackish and salty lakes of Southern Transbaikalia]. *Microbiologia*, vol 80, no 2, pp. 230-240.
3. Cyrenova D. D., Altanceceg G., Orhontuyaa G., Barhutova D. D. (2019) Cianobakterii termal'nyh istochnikov Buryatii i Mongolii [Cyanobacteria of thermal springs of Buryatia and Mongolia]. *Scientific journal Proceedings of VSU*, no 4. Pp 4-9.
4. Kazakhstan (2006) Nacional'naya enciklopediya [National Encyclopedia]. Almaty: Kazakh enciklopediyasy, T. V. ISBN 9965-9908-5-9.
5. Williams, W.D., Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025, *Environ. Conserv*, 2002, vol. 29, pp. 154-167.
6. Bowman J.P., Rea S.M., McCammon S.A. et al. Diversity and community structure within anoxic sediment from marine salinity meromictic lakes and a coastal meromictic marine basin, Vestfold Hills, Eastern Antarctica // *Environ. Microbiol*. 2000. V.2. Pp.227-237.
7. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // *Basic Food Microbiology*. – 1989. – Vol. 5. Pp. 11-48.
8. Singh S.M., Elster J. Cyanobacteria in Antarctic Lake Environments // *Algae and Cyanobacteria in Extreme Environments*. 2007. Pp. 303-320.
9. Garcia-Pichel F., Belnap J. Microenvironments and microscale productivity of cyanobacterial desert crusts // *J. Phycol*. 1996. V.32. Pp.774-782.
10. Tang E.P.Y., Vincent W.F. Strategies of thermal adaptation by high latitude cyanobacteria // *New Phytol*. 1999. V.142. Pp.315-323.
11. Vincent W.F., James M.R. Biodiversity in extreme aquatic environments: lakes, ponds and streams of the Ross streams of the Ross sea sector, Antarctica // *Biodiv. Conserv*. 1996. V.5. Pp.1451-1472.
12. Guilherme Scotta Hentschke, Watson A. Gama Junior Trends in Cyanobacteria: a contribution to systematics and biodiversity studies, *The Pharmacological Potential of Cyanobacteria*, 2022 P.1-20, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821491-6.00001-6>
13. Zayadan B.K., Matorin D.N. (2015) Biomonitoring of aquatic ecosystems based on microalgae [Biomonitoring of aquatic ecosystems based on microalgae]. *Al'tex*, pp.252
14. George J. B. Estimating the Number of Microorganisms // *Basic Food Microbiology*. 1989. Vol. 5. – Pp. 11-48.
15. Gollerbah M. M., Polyanskiy V. N. (2001) Precnovodnye vodorocli ih izuchenie. [Freshwater algae their study]. *Sovetskaya nauka*, pp. 200
16. Opredelitel' precnovodnyh vodoroclej SSSR (1953). [The determinant of freshwater algae of the USSR]. *Sovetskaya nauka*, pp 646.
17. Muzafarov A. M. Opredelitel' sinezelenykh vodoroslei Srednej Azii: / A. M. Muzafarov, A. E. Ergashev, S. Halilov (1987). [The determinant of blue – green algae of Central Asia]. Pp. 406-892
18. Temraleeva A.D., Dronova S.A., Moskalenko S. V., Didovich S.V. Modern methods for isolation, purification, and cultivation of soil cyanobacteria // *Microbiology*. 2016. Vol. 85. Pp.389–399
19. Baldanova D.D., Bryanskaya A.V. (2006). Ekofiziologiya cianobakterij sodovyh ozer Sul'fatnoe i Torom (YUzhnoe Zabajkal'e). [Ecophysiology of cyanobacteria of soda lakes Sulphate and Torom (Southern Transbaikalia)]. *Vestnik BGU ser.2, rel.8*, pp. 73-78.

20. Didovich S.V., Moskalenko S.V., Temraleeva A.D., Hapchaeva S.A. (2017) Biotekhnologicheskij potencial pochvennyh cianobakterij (obzor) // Voprosy sovremennoj al'gologii [Biotechnological potential of soil cyanobacteria (review) // Questions of modern algology]. No 2 (14). URL: <http://algology.ru/1170>
21. Stal L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites // The ecology of cyanobacteria. – Netherlands: Kluwer Acad. Publ., 2000. Pp. 61-120.
22. Stal, L.J. Cyanobacterial mats and stromatolites. In *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*, B.A. Whitton Netherlands: Springer. 2012. Pp. 65– 125.
23. Urmych E.M., Berdykulov Kh.A., Eshpulatova M.B. Produktivnost mikrovodorosley v intenisvnykh usloviyakh kultivirovaniya// Algologiya. 2008. T.№ 3. S.347-352
24. DemayJ, Bernard C, Reinhardt A et al. Natural products from cyanobacteria: focus on beneficial activities // *Mar Drugs*.2019; 17:320.<https://doi.org/10.3390/md17060320>
25. DasSarma, S. and P. Arora, 2002. Halophiles. Encyclopedia of Life Sciences. Vol. 8. Nature Publishing Group, London.
26. Kanik M, Munro-Ehrlich M, Fernandes-Martins MC, Payne D, Gianoulas K, Keller L, Kubacki A, Lindsay MR, Baxter BK, Vanden Berg MD, Colman DR, Boyd ES. Unexpected Abundance and Diversity of Phototrophs in Mats from Morphologically Variable Microbialites in Great Salt Lake, Utah. *Appl Environ Microbiol*. 2020; 86(10):e00165-20. doi: 10.1128/AEM.00165-20.
27. *Conserv.*, 2002, vol. 29, pp. 154-167.