

NAMANGAN DAVLAT
UNIVERSITETI
ILMIY AXBOROTNOMASI, [2026-9]
ISSN:2181-1458
ISSN:2181-0427



03.00.00-BIOLOGIYA
journal.namdu.uz
BIOLOGICAL

MARKAZIY OSIYO SIANOBAKTERIYALARINING O'RGANILISH TARIXI, ZAMONAVIY HOLATI VA EKOLOGIK ISTIQBOLLARI

Sadikova Olima Zoxid qizi

University of Business and Science oliy ta'lim muassasasi stajor-o'qituvchi,

ORCID: 0009-0002-6633-7151

e-mail: sadikovaolima23@gmail.com

To'xtaboyeva Yulduzxon Abdusattorovna

KIUT Namangan filiali biologiya fanlari doktori (DSc),

ORCID: 0009-0008-2209-3582

Annotatsiya: Ushbu maqolada Markaziy Osiyo (O'zbekiston, Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston va Turkmaniston) ekotizimlarida sianobakteriyalarni o'rganish tarixi, zamonaviy tadqiqot yo'nalishlari va ekologik istiqbollari tizimli tahlil qilinadi. Tadqiqotlarda XX asr boshlaridagi floristik izlanishlardan tortib zamonaviy molekulyar-genetik va biotexnologik tadqiqotlarga bo'lgan rivojlanish bosqichlari yoritilgan. Mintaqaviy algologiya maktablarining tuproq unumdorligini oshirish, sho'rlangan va degradatsiyaga uchragan yerlarni bioremediatsiya qilishdagi hissasi baholanadi. Shuningdek, iqlim o'zgarishi va Orol dengizi inqirozi sharoitida sianobakteriyalarning biomeliorativ salohiyati hamda zamonaviy biotexnologiyalardagi ahamiyati tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari Markaziy Osiyoda algologik tadqiqotlarning asosiy rivojlanish bosqichlari va kelgusidagi ustuvor yo'nalishlarini umumlashtiradi.

Kalit so'zlar: sianobakteriyalar, Markaziy Osiyo, algologiya tarixi, Nostoc, Phormidium, arid ekotizimlar, sho'rlanish, bioremediatsiya, molekulyar genetica.

ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИАНОБАКТЕРИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ

Аннотация: В статье представлен системный анализ истории изучения, современных направлений исследований и экологических перспектив цианобактерий в экосистемах Центральной Азии (Узбекистан, Казахстан, Кыргызстан, Таджикистан и Туркменистан). Рассмотрены основные этапы развития исследований - от флористических работ начала XX века до современных молекулярно-генетических и биотехнологических исследований. Оценён вклад региональных альгологических школ в повышение плодородия почв и биоремедиацию засоленных и деградированных земель. Проанализированы биомелиоративный потенциал цианобактерий в условиях изменения климата и кризиса Аральского моря, а также их значение для современной биотехнологии. Результаты исследования обобщают основные этапы развития альгологических исследований в Центральной Азии и определяют приоритетные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: цианобактерии, Центральная Азия, история альгологии, Nostoc, Phormidium, аридные экосистемы, засоление, биоремедиация, молекулярная генетика.

HISTORY OF RESEARCH, CURRENT STATE AND ECOLOGICAL PROSPECTS OF CYANOBACTERIA OF CENTRAL ASIA

Abstract: This article presents a systematic analysis of the history of research, current research trends, and ecological prospects of cyanobacteria in the ecosystems of Central Asia (Uzbekistan, Kazakhstan, Kyrgyzstan, Tajikistan, and Turkmenistan). The major stages in the development of cyanobacterial research are examined, from floristic studies conducted in the early twentieth century to

contemporary molecular-genetic and biotechnological investigations. The contribution of regional phycological schools to improving soil fertility and to the bioremediation of saline and degraded lands is evaluated. The biomeliorative potential of cyanobacteria under climate change and the environmental crisis of the Aral Sea, as well as their significance for modern biotechnology, are analyzed. The results summarize the major stages in the development of phycological research in Central Asia and identify priority directions for future studies.

Keywords: *cyanobacteria, Central Asia, history of phycology, Nostoc, Phormidium, arid ecosystems, salinization, bioremediation, molecular genetics.*

KIRISH

Sianobakteriyalar -Yer yuzidagi eng qadimiy va ekologik jihatdan plastik bo'lgan fotosintezlovchi prokariotlar guruhi bo'lib, klassik ma'lumotlarga ko'ra 2000 dan ortiq turni o'z ichiga oladi [1]. Biroq, zamonaviy polifazik tahlillar va genetik tadqiqotlar natijasida ularning taksonomik tarkibi tubdan qayta ko'rib chiqilmoqda va turlar soni sezilarli darajada ortib bormoqda [2].

Markaziy Osiyo mintaqasi o'zining keskin kontinental iqlimi, yog'ingarchilikning kamligi va yuqori darajadagi quyosh radiatsiyasiga boyligi bilan ajralib turadigan tipik arid va semiarid hudud hisoblanadi. Bunday ekstremal ekologik omillar fonida sianobakteriyalar nafaqat hayotchanligini saqlab qoladi, balki ekotizimda dominantlik qiluvchi asosiy ishlab chiqaruvchi produtsent organizmlar sifatida namoyon bo'ladi. Mintaqadagi tuproqlar, ayniqsa Orolbo'yi hududlari yuqori darajada sho'rlanganligi (xlorid-sulfatli sho'rlanish) bilan xarakterlanadi, bu esa mahalliy sianobakterial floraning adaptiv salohiyatini o'rganishni dolzarb ilmiy vazifaga aylantiradi [3].

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi -Markaziy Osiyo mintaqasida oxirgi bir asr (100 yil) davomida sianobakteriyalar bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar evolyutsiyasini tizimli tahlil qilish hamda ularning zamonaviy biotexnologik va ekologik ahamiyatini baholashdan iborat.

Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilab olindi:

1. Xronologik tahlil: XX asr boshlaridagi dastlabki floristik ekspeditsiyalardan boshlab, bugungi kundagi molekulyar-genetik tadqiqotlargaacha bo'lgan tarixiy yo'lni bosqichma-bosqich yoritish.
2. Mintaqaviy maktablarni baholash: O'zbekiston, Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston va Turkmaniston algologlarining fundamental va amaliy algologiya sohasidagi o'ziga xos hissalarini qiyosiy tahlil qilish.
3. Adaptiv mexanizmlarni yoritish: mintaqaning arid iqlimi va sho'rlanish sharoitida *Nostoc* va *Phormidium* turkumlari misolida sianobakteriyalarning strukturaviy va biokimyoviy moslashuv xususiyatlarini ochib berish.
4. Ekologik istiqbollarni belgilash: Orol dengizi fojiasi va global iqlim o'zgarishi sharoitida sianobakteriyalarning bioremediatsiya va "yashil" texnologiyalardagi o'rni hamda kelajakdagi tadqiqot yo'nalishlarini prognoz qilish.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Sianobakteriyalarning morfologik spektri bir hujayrali kokkoid shakllardan tortib, murakkab tuzilishga ega ipsimon (trixomli) ko'p hujayrali koloniyalargacha qamrab oladi. Adabiyotlar ma'lumotlariga ko'ra, hujayra o'lchamlari bir necha mikrondan 50 mkm gacha o'zgarib turadi va ko'p hollarda maxsus shilliq qobiq bilan o'ralgan bo'ladi [3]. Sianobakteriyalar hujayra apparati eukariotlarga xos bo'lgan endoplazmatik to'r va shakllangan yadrodan xoli bo'lib, yadro moddasi (nukleoid) bitta halqasimon DNK molekulasidan iborat. Hujayra tarkibida protein miqdori 70% gacha yetishi, shuningdek, issiqlikka chidamli fermentlar va DNK-polimerazalarning mavjudligi ularning ekstremal sharoitlarda hayotchanligini ta'minlaydi [4]. Ularning eng muhim xususiyati oksigen fotosintezni amalga oshirishidir, bunda fotosintetik apparat xlorofill-a, fikosianin va allofikosianin pigmentlari bilan jihozlangan [5].

Sho'rlanish sharoitida sianobakteriyalarning himoya mexanizmlari masalan, osmoprotektorlar sintezi natijasida hujayra ichida tregaloza, glitserin va betain kabi moddalar to'planib, hujayra ichki osmotik bosimini muvozanatga keltiradi va suvsizlanishning oldini oladi; ion almashinuvi mexanizmi orqali sianobakteriyalar hujayra ichidagi ortiqcha natriy (Na^+) ionlarini tashqariga chiqarib, kaliy (K^+) ionlarini saqlab qolish qobiliyatiga ega, bu esa fermentativ faollik uchun zarurdir [6].

Markaziy

Osiyoda yoz oylarida tuproq namligi minimal darajaga tushganda, sianobakteriyalar anabioz holatiga o'tadi va tuproq zarralari bilan birikib, o'ziga xos "tirik qalqon" hosil qiladi. Bu qobiq tuproq eroziyasini to'xtatadi va kam miqdordagi namlikni ham ushlab qolish imkonini beradi; suvsizlanish vaqtida hujayra membranalarining strukturaviy yaxlitligi eruvchan shakar birikmalari hisobiga saqlanadi, namlik tushishi bilan (hatto shudring natijasida) fotosintez jarayoni bir necha daqiqa ichida qayta tiklanadi [7]. Bundan tashqari, adabiyotlarda sianoprokariotlarning "fotohimoya" tizimi ham tavsiflangan: skitonemin pigmenti asosan shilliq qobiqda to'planib "tabiiy quyosh kremi" vazifasini o'taydi va zararli

ultrabinafsha nurlarning 90% gachasini filtrlab, DNK va fotosintetik apparatni shikastlanishdan saqlaydi, karotinoidlar esa hujayra ichidagi reaktiv kislorod shakllarini (erkin radikallarni) neytrallash orqali oksidlovchi stressning oldini oladi [8].

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu maqolani tayyorlashda bibliometrik tahlil, tarixiy-qiyosiy metod va tizimli umumlashtirish usullaridan foydalanildi. 1920-yillardan 2026-yilgacha bo'lgan davrni qamrab oluvchi 150 dan ortiq ilmiy manbalar, dissertatsiyalar va xalqaro Scopus/Web of Science bazasidagi maqolalar tahlil qilindi. Manbalar mintaqaviy (O'zbekiston, Qozog'iston, Qirg'iziston, Tojikiston, Turkmaniston) ilmiy nashrlar, monografiyalar va xalqaro jurnallardagi maqolalarni o'z ichiga oldi. Tahlil to'rtta xronologik bosqich bo'yicha guruhlangan holda o'tkazildi: (1) 1920–1950-yillar -dastlabki floristik tadqiqotlar; (2) 1950–1990-yillar -fundamental algologiya maktablarining shakllanishi; (3) 1990–2010-yillar -ekologik yo'nalish va Orol muammosi davri; (4) 2010–2026-yillar -biotexnologik skrining, molekulyar-genetik va to'liq genom tahlili bosqichi. Tahlillar natijasi quyidagicha ifodalanadi (1-rasm).



1-rasm. Markaziy Osiyoda algologik tadqiqotlar rivojlanishining asosiy bosqichlari (1920–2026-yillar).

NATIJALAR VA TAHLIL

Dastlabki floristik tadqiqotlar (1920–1950-yillar)

Markaziy Osiyoda sianobakteriyalar va mikrosuv o'tlarini o'rganishning dastlabki bosqichi bevosita XX asrning birinchi yarmida amalga oshirilgan keng ko'lamli gidrobiologik tadqiqotlar bilan bog'liq. Bu davrda asosiy e'tibor mintaqaning eng yirik ekotizimlari -Amudaryo, Sirdaryo va o'sha paytdagi to'lib-toshgan Orol dengizi algoflorasini inventarizatsiya qilishga qaratilgan edi. Mintaqaviy algologiyaning poydevorini qo'yishda I.A. Kiselev, K.I. Meyer va N.N. Voronixin kabi olimlarning xizmatlari beqiyosdir. Ularning ilmiy izlanishlari quyidagi yo'nalishlarda muhim ahamiyat kasb etdi:

1. Orol dengizi algoflorasi: I.A. Kiselev dengizning o'sha davrdagi tabiiy sharoitidagi tabiiy sharoitidagi shakllangan fitoplankton va fitobentos jamoalarini batafsil tavsifladi. Bu tadqiqotlar sianobakteriyalarning dengiz ekotizimidagi biologik massasini va ularning sharoitidagi rivojlanish darajasiga bog'liqligini aniqlash imkonini berdi[9].

2. Transchegaraviy daryolar tahlili: Amudaryo va Sirdaryo daryolarining deltalari hamda ularning oqimi davomida tarqalgan mikrosuv o'tlari tur tarkibi o'rganildi. Bu daryo fitoplanktonining Orol dengizi algoflorasini boyitishdagi roli birinchi marta ilmiy asoslab berildi.

3. Ekstremal suv havzalari: olimlar faqat daryolarni emas, balki mintaqadagi kichik sho'rlar va sug'orish tizimlaridagi suv o'tlarni ham tadqiq etdilar, bu esa sianobakteriyalarning arid (qurg' oqchil) iqlim sharoitida yashashga yuqori moslashuvchanligini isbotladi [10].

Ushbu klassik asarlar shunchaki floristik ro'yxatlar emas, balki mintaqada ekologiyasining "nol nuqtasi" hisoblanadi. Bugungi kunda Orol fojiasi fonida ekotizimlarda sodir bo'lgan keskin o'zgarishlarni baholashda ushbu olimlarning fundamental ma'lumotlari yagona va ishonchli solishtirma manba bo'lib xizmat qilmoqda.

Fundamental algologiya maktablarining shakllanishi (1950–1990-yillar)

1950-yillardan boshlab Markaziy Osiyoda algologiya fani akademik darajaga ko'tarildi. Bu davrning markaziy namoyandasi akademik A.M. Muzaffarov bo'lib, u mintaqada o'ziga xos ilmiy maktab yaratdi. Akademik Muzaffarov

rahbarligida O'zbekiston Fanlar akademiyasi Botanika instituti algologiya tadqiqotlarining markaziga aylandi. "O'rta Osiyo suv havzalari suvo' tlar florasi" (1965) asari mintaqa algologiyasi tarixida burilish nuqtasi bo'ldi: unda birinchi marta Amudaryo, Sirdaryo havzalari, Orol dengizi va tog'li hududlarning 1500 dan ortiq turi tizimlashtirildi, ulardan 500 dan ortig'i ko'k-yashil suvo' tlariga tegishli edi [10]. Ushbu tadqiqotlarda *Nostoc*, *Anabaena*, *Phormidium*, *Oscillatoria* va *Lyngbya* turkumlarining mintaqa iqlimiga moslashgan noyob shakllari aniqlangan.

Muzaffarov rahbarligida mintaqada birinchi marta tuproq algologiyasi faniga asos solindi. Sianoprokariotlarning arid (qurg'oqchil) tuproqlar unumdorligini oshirishdagi o'rni ilmiy isbotlandi. M.M. Kuchkarova va A.E. Ergashev kabi shogirdlari bilan birgalikda paxta dalalari va och tusli bo'z tuproqlarda tarqalgan sianobakteriyalar o'rganildi; tuproq yuzasida hosil bo'ladigan sianobakterial plyonkalar (biokrustlar) tuproqni eroziyadan saqlashi va namlikni ushlab turishi ko'rsatib berildi.

Sianobakteriyalarning geterotsistali vakillari (*Nostoc*, *Anabaena*, *Calothrix*) yordamida tuproqni tabiiy azot bilan boyitish Muzaffarov maktabining eng strategik yo'nalishlaridan biri edi. Muzaffarov va T.T. Taubayev rahbarligida ko'k-yashil suvo' tnlarni sholi dalalariga kiritish (algolizatsiya) bo'yicha tajribalar o'tkazildi. Bu usul mineral azotli o'g'itlarni 20–30% ga tejash imkonini berdi. Ushbu izlanishlar natijasida azot fiksatsiyalovchi sianobakteriyalarning mahalliy faol shtammlari kolleksiyasi yaratildi (1-jadval).

1-jadval. Markaziy Osiyo sharoitida azot fiksatsiyalovchi va biotexnologik ahamiyatga ega asosiy sianobakteriyalar kolleksiyasi

Turkum va turlar	Asosiy shtammlar (namunalar)	Fiziologik va ekologik xususiyatlari	Amaliy ahamiyati
<i>Nostoc</i>	<i>N. punctiforme</i> , <i>N. muscorum</i> , <i>N. commune</i>	Geterotsistalari ko'p, qalin shilliq qavat hosil qiladi, suvsizlanishga chidamli.	Atmosfera azotini faol fiksatsiyalash, tuproq strukturasini yaxshilash, eroziyaning oldini olish.
<i>Anabaena</i>	<i>A. variabilis</i> , <i>A. cylindrica</i> , <i>A. azollae</i>	Tez ko'payish sikli, suv muhitida yuqori eruvchan kislorod ajratish qobiliyati.	Sholi ildiz tizimini kislorod bilan ta'minlash, hosildorlikni 15–20% ga oshirish.
<i>Calothrix</i>	<i>C. elenkinii</i> , <i>C. brevis</i>	Ipsimon, polyar tuzilishga ega, sho'rlangan va yuqori haroratli (35–40°C) suvga chidamli.	Sho'rlangan tuproqlarda azot balansini saqlash, ekstremal sharoitda bioremediatsiya.
<i>Cylindrospermum</i>	<i>C. muscicola</i> , <i>C. stagnale</i>	Tuproqning ustki 0–2 sm qatlamida dominantlik qiladi, termotolerant (issiqqa chidamli).	Tuproq unumdorligini tiklash, o'simlik o'sishini stimulyatorlari (auksinlar) sintezi.
<i>Phormidium</i> / <i>Oscillatoria</i>	<i>P. autumnale</i> , <i>O. tenuis</i>	Geterotsistasiz, harakatchan (gliding), yuqori darajadagi regeneratsiya qobiliyati.	Organik ifloslangan suvni tozalash, biomassadan ozuqa qo'shimchasi sifatida foydalanish.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatgan ediki, ushbu shtammlar yakka holda (monokultura) emas, balki assotsiatsiya (masalan, *Nostoc* + *Anabaena*) holatida kiritilsa, azot fiksatsiyasi samaradorligi 1,5–2 barobar ortgan. Iqtisodiy samaradorlik esa jadvalda ko'rsatilgan shtammlar yordamida mineral azotli o'g'itlarni (mochevina, ammiakli selitra) tejash miqdori gektariga o'rtacha 30–45 kg sof azotga teng bo'lgan.

Ekologik yo'nalishlar va Orol muammosi davri (1990–2010-yillar)

1990-yillardan keyingi davr Markaziy Osiyo algologiyasida "inqiroz va yangi integratsiya davri" deb atalishi mumkin. Sobiq Ittifoq parchalanishi bilan fundamental maktablar o'rtasidagi aloqalar biroz sustlashgan bo'lsa-da, 2000-yillarga kelib tadqiqotlar mutlaqo yangi -ekologik va molekulyar yo'nalishga o'tdi. Ushbu davrdagi asosiy tendensiyalarni quyidagi yo'nalishlarga ajratish mumkin[11].

Orol fojiasi va ekologik algologiya

1990-yillarning o'rtalaridan boshlab asosiy e'tibor Orol dengizining qurishi natijasida yuzaga kelgan ekologik halokatga qaratildi. Dengiz suvi chekinishi bilan hosil bo'lgan sho'rxok va qumloq yerlarda hayotni birinchi bo'lib sianobakteriyalar boshlab berdi. O'zbekistonda S.A. Shovmonov, E.Sh. Berdiyevlar hamda Qozog'istonda L.Ya. Kurochkina qurigan tubda "biokrust"lar (biologik tuproq qobiqlari) shakllanishini o'rgandilar. Sianobakteriyalar (asosan *Microcoleus*, *Phormidium*, *Nostoc*) qum zarralarini biriktirib, chang-to'zon ko'tarilishini kamaytirishi isbotlandi[12].

Halotolerant shtammlar seleksiyasi

Suvning sho'rlanish darajasi keskin ortishi sababli, ekstremal sharoitda omon qoluvchi turlarni topish ustuvor vazifa bo'ldi. A.E. Ergashev, M.A. Abdullayevlar tomonidan Orol bo'yida mintaqasidagi kollektor va zovur suvlaridan olingan sianobakteriyalarning mahalliy shtammlari ajratib olindi. Bu shtammlar sho'rlu yerlarni o'zlashtirishda "biomeliorant" sifatida foydalanish uchun tavsiya etildi (2-jadval).

2-jadval. Sho'rlanishga chidamli mahalliy shtammlar

Mahalliy shtamm nomi	Morfologik tuzilishi	Tur tarqalgan hudud
<i>Phormidium autumnale</i>	Geterotsistasiz, ipsimon sianobakteriya. Hujayralari silindrsimon, uchki qismi biroz toraygan va qobiq (g' ilof) bilan qoplangan, harakatchan.	Orol bo'yida mintaqasidagi minerallashtirilgan kollektor-zovur suvlari, sho'rlu daryo va hovuzlarning tub qatlamlari.
<i>Microcoleus chthonoplastes</i>	Ipsimon, ko'pincha trixomli (bitta umumiy shilliq g' ilof ichida bir nechta ip joylashgan) tuzilishga ega. Shilliq qavati o'ta qalin va mustahkam.	Orol bo'yidagi sho'rlu ko'llar va namlangan sho'rxok tuproqlarning dominant turi.
<i>Anabaena salsa</i>	Geterotsistali (azot fiksatsiya qiluvchi maxsus hujayrali), zanjirsimon yoki tasbehsimon trixomlardan iborat. Hujayralari yumaloq-bochkasimon.	Orol bo'yida xlorid-sulfat tipidagi sho'rlu ko'llari, vaqti-vaqti bilan qurib qoluvchi sho'rxok suv havzalari.
<i>Oscillatoria limosa</i> , <i>O. tenuis</i>	Geterotsistasiz va g' ilofsiz, tekis ipsimon tuzilishga ega. Trihomlari bo'g'imlarga bo'lingan, to'liqsimon tebranish (osillatsiya) orqali harakatlanadi.	Organik va mineral moddalar (ayniqsa, sulfatlar va xloridlar) bilan o'ta ifloslangan zovur suvlari va kollektorlar.

Toksikologik monitoring (gullash monitoringi)

Dengizning qolgan qismlarida suvning sifati yomonlashishi natijasida sianobakteriyalarning "gullashi" va zaharli moddalar (mikrosistinar) ajratishi xavfi paydo bo'ldi. Suv tarkibidagi zaharli ko'k-yashil suvo'tlar tarkibini doimiy nazorat qilish tizimi yo'lga qo'yildi. Bu tadqiqotlarda Tojikiston va Qozog'iston gidrobiologlari ham faol ishtirok etishdi.

B.K. Zayadan va A.K. Sadvakasova (Qozog'iston, QazMU) Orol havzasi va unga tutash suv tizimlaridagi toksik sianobakteriyalarni monitoring qilish, ularning ekotoksikologik xavfini baholash hamda genofondini o'rganish bo'yicha eng katta maktablardan birini yaratishdi. Ular sianobakteriyalar ajratadigan mikrosistin toksinlarini biotestlash usullarini ishlab chiqishdi. A.E. Ergashev va Sh.J. Toshpulatov O'zbekiston va Orol bo'yida suv omborlari, drenaj tarmoqlaridagi algofloraning sanitar-biologik holatini va gidrobiologik rejimini, xususan, suvning "gullashiga" sabab bo'luvchi potentsial xavfli turlarni xaritada tushirishdi [13].

Monitoring predmeti bo'lgan asosiy toksigen turlar quyidagilardir: *Microcystis aeruginosa* (Orol va Sirdaryo shtammlari) suv harorati 25°C dan oshganda ommaviy ko'payib, suv yuzasida qalin yashil plyonka (gullash) hosil qiladi va o'ta xavfli hepatotoksin -mikrosistin-LR ajratadi, bu esa gidrobiontlar va chorva mollari uchun yuqori darajada zaharli hisoblanadi. *Dolichospermum flos-aquae* (sobiq *Anabaena flos-aquae*) kollektor va zovur suvlarining turg'un qismlarida to'planib, asab tizimini falajlovchi kuchli neyrotoksin -anatoksin-a sintez qiladi. *Aphanizomenon flos-aquae* Orolbo'yida mintaqasining sayoz va oqimi past gidrotizimlarida keng tarqalgan bo'lib, saksitoksin va silindrospermopsin kabi xavfli toksinlarni ajratadi. *Oscillatoria (Planktothrix) agardhii* esa suvning yuqori loyqalanish sharoitida ham vertikal rivojlanib,

mikrosistinar va dermatotoksinlar ajratish orqali ichimlik va xo'jalik-maishiy suv manbalarining sifat ko'rsatkichlarini keskin yomonlashtiradi [14].

Cho'llanishga qarshi kurash

1990-yillarning oxiri va 2000-yillarning boshlarida Markaziy Osiyoda sianobakteriyalar yordamida cho'llanishga qarshi kurashish va Oralqumning sho'rxok tuproqlarida biologik tuproq qobiq'i hosil qilish bo'yicha bir qator fundamental va amaliy tadqiqotlar o'tkazildi. O'zbekistonda S.A. Shovmonov va E.Sh. Berdiyeva Orol dengizining qurigan tubidagi qum va sho'rxok zarrachalarini bitta barqaror qatlamga keltirish uchun mahalliy ipsimon sianobakteriyalardan foydalanishgan. Tajribalarda *Microcoleus chthonoplastes* va *Phormidium* turkumiga mansub shtammlarning biomassasi qumloq substratlarga sun'iy ravishda kiritilgan; sianobakteriyalar ajratgan shilliq moddalar (polisaxaridlar) qum zarralarini o'zaro yopishtirib, sirtida qalinligi 2–5 mm bo'lgan mexanik mustahkam qobiq hosil qilgan. Bu qobiq kuchli shamollarda qum ko'chishi va chang-to'zon ko'tarilishini keskin kamaytirgan.

Qozog'istonda B.K. Zayadan va uning ilmiy maktabi olimlari cho'llangan yerlarning agro-fizik xususiyatlarini va namlik balansini tiklashda sianobakteriyalarning fiksatsiya qilish xususiyatlarini o'rganishdi. *Nostoc commune* va *Anabaena* shtammlaridan olingan suyuq biomassa turg'un cho'lli tuproqlariga purkalgan va namlikni ushlab qolish dinamikasi o'lgangan. Natijada sianobakteriyalar plyonkasi tuproq yuzasidan suvning bug'lanishini sekinlashtirgani sababli, nazorat variantiga nisbatan namlik saqlanishi 20% dan 30% gacha yuqori bo'lgan; shuningdek, o'lik biomassa hisobiga tuproqda organik uglerod miqdori sezilarli darajada ortgan [15].

J.U. Axmedova va hammualliflar tomonidan O'zbekiston Fanlar Akademiyasida sianobakteriyalarning tuproq unumdorligini oshirish va bio-priming xususiyati o'rganildi. Cho'llangan va eroziyaga uchragan tuproqlar tarkibiga azot fiksatsiya qiluvchi *Nostoc* shtammlari kiritilganda, tuproq biokrustlarida azot mikrobiomasining faollashishi natijasida erkin azot mikromoddalari miqdori oshgan, bu esa keyinchalik saksovul va cherkez kabi cho'lli o'simliklari urug'larining unib chiqish ko'rsatkichini 15–20% ga yaxshilagan [16].

Sianobakteriyalarni o'rganish xronologiyasi (2010–2026-yillar)

1-bosqich. Biotexnologik skrining va shtammlar kolleksiyasini boyitish. Bu davrda asosiy e'tibor mahalliy yovvoyi shtammlarni ajratib olish va ularning sanoat hamda qishloq xo'jaligidagi amaliy salohiyatini dastlabki baholashga qaratildi. Qozog'iston maktabi B.K. Zayadan rahbarligida A.K. Sadvakasova, A.K. Bauyenovalarning ishlari boshlandi: Orol va Kaspiy havzasi sianobakteriyalarining bio-vodorod olish, oqova suvlarni tozalash bioremediatsiya qobiliyati hamda *Arthrospira (Spirulina)* shtammlarining ozuqaviy qiymati o'rganildi. O'zbekiston maktabi -O'zR FA Mikrobiologiya institutida J.U. Axmedova va uning jamoasi tomonidan tuproq florasidagi azot fiksatsiya qiluvchi *Nostoc*, *Anabaena* turkumlari skrining qilindi, ularning g'oz va g'alla unumdorligini oshirishdagi effekti laboratoriya sharoitida isbotlandi. Sharofiddin Tojiboyev tuproq suvo'tlari (algologiya) bo'yicha bir qator ilmiy va o'quv-uslubiy ishlar olib bordi, jumladan Farg'ona vodiysi tuproqlaridagi *Nostoc* va *Phormidium* kabi tuproq suvo'tlarining bioekologiyasini batafsil yoritdi [16].

2-bosqich. Ekstremotolerantlik mexanizmlari va molekulyar markerlar (2016–2020-yillar). Bu davr Markaziy Osiyo algologiyasida tub burilish davri bo'ldi -mintaqa olimlari an'anaviy morfologik usullardan voz kechib, suvo'tlar va sianobakteriyalarni molekulyar-genetik (16S rRNA) darajada identifikatsiya qilishni boshladilar. Akademik K.Sh. Tojiboyev rahbarligida O'zbekiston FA Botanika instituti qoshida molekulyar filogeniya laboratoriyasi tashkil etildi, u O'zbekistondagi barcha o'simlik va suvo'tlarning "shtrix-kodini" yaratishda asosiy markazga aylandi.

Ushbu davrda O'zbekistonda sianobakteriyalar sistematikasi va ularning mintaqaviy tarqalish qonuniyatlarini o'rganishda Yulduzxon To'xtaboyevaning tadqiqotlari alohida o'rin tutadi. Uning 2010–2020-yillar oralig'idagi ishlari, xususan, Farg'ona vodiysi algoflorasiga bag'ishlangan monografiyalari va turkumli maqolalari bugungi kunda algogenomika sohasidagi tadqiqotlar uchun morfologik-taksonomik poydevor hisoblanadi. Farg'ona vodiysining turli suv havzalari va tuproq tiplari uchun *Nostoc* va *Phormidium* turkumlarining o'zlar yangi lokal formalari va shtammlari tavsiflandi, bu genetik tahlil uchun obyekt tanlashda adashmaslikni ta'minlaydi [17]. Sianobakteriyalar morfologiyasining muhit omillariga (sho'llanish, harorat) bog'liqligi isbotlab berilgan bo'lib, bu hozirgi kunda genomik ma'lumotlarni fenotipik belgilar bilan korrelyatsiya qilishda (fenogenomika) muhim ahamiyat kasb etadi. Yaratilgan bazaviy ma'lumotlar asosida mintaqaviy shtammlarni xalqaro NCBI (GenBank) bazasidagi ma'lumotlar bilan solishtirish va ularning filogenetik o'zini belgilash imkoniyati kengaydi.

O'zbekistonda ilk bor Ikramov Nuriddin Baxadirovich tomonidan "Norin daryosi havzasi quyi oqimi algoflorasi" nomli tadqiqotda tadqiqot hududi algoflorasi uchun avval qayd etilmagan 20 turning (4 bo'lim, 6 sinf, 10 tartib, 14 oila va 17 turkum) yangi o'sish maydonlari aniqlandi. Natijalar ikki yonalishda tavsiflanib, O'rta Osiyo uchun 3 tur, O'zbekiston algoflorasi uchun esa 17 tur yangi topilma sifatida keltirildi. Xususan, *Sphaeropleales* va *Oscillatoriales* kabi tartiblarga mansub ayrim taksonlarning Norin daryosi hamda Farg'ona vodiysi yirik kanallarida ilk bor qayd etilishi mintaqaviy bioxilma-xillik va gidroekologik holatni baholashda muhim ilmiy ahamiyatga ega ekanligi asoslandi; jumladan, sianobakteriyalar orasida *Oscillatoriales* oilasiga mansub 37 tur aniqlandi [18].

3-bosqich. To' liq genom tahlili (WGS), filogeniya va polifazik yondashuv (2021–2026-yillar). Bu davr eng yuqori ilmiy bosqich bo' lib, Markaziy Osiyo sianobakteriyalari xalqaro bazalarda (NCBI, GenBank) o' zining munosib o' rmini topa boshladi. Metagenomika yo' nalishi (2025–2026) doirasida arid hududlar va cho' llangan tuproqlarni kultura qilinmaydigan sianobakteriyalar hamjamiyatini NGS platformalarida to' g' ridan-to' g' ri o' rganish yo' lga qo' yilmoqda [19].

XULOSA

Markaziy Osiyo iqlimining aridlashishi, kuchayib borayotgan tuproq sho' rlanishi va Orol dengizi inqirozi sharoitida mintaqa algoflorasining biotexnologik salohiyatini o' rganish ekologik barqarorlikni ta'minlashning ustuvor yo' nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu tadqiqot doirasida mintaqa algologiya maktablarining qariyb bir asrlik faoliyati va zamonaviy tadqiqot tendensiyalari tizimli tahlil qilinib, quyidagi fundamental xulosalarga kelindi:

1. Floristik va taksonomik evolyutsiya: 20-asrning birinchi yarmidagi klassik ekspeditsiyalardan (I.A. Kiselev, K.I. Meyer, A.M. Muzaffarov) boshlangan algologik tadqiqotlar bugungi kunda an'anaviy morfologik yondashuvdan zamonaviy polifazik taksonomiya hamda to' liq genomli molekulyar-genetik (WGS, NGS) tahlillar darajasiga ko' tarildi. Bu esa mahalliy va relik shtammlarning taksonomik mansubligini aniq identifikatsiyalash imkonini bermoqda.

2. Sanitar-biologik monitoring va xavf gomeostazi: gidrotizimlarning antropogen va iqlimiy evtrofikatsiyasi natijasida suv havzalarida (xususan, kollektor-drenaj tarmoqlari va sekin oqar suv omborlarida) *Microcystis*, *Dolichospermum*, *Aphanizomenon* va *Oscillatoria* turkumlariga mansub toksigen shtammlarning ommaviy ko' payishi va ular ajratadigan sianotoksinlar (mikrosistinlar, anatoksin-a, saksitoksin) suv sifati va bioxilma-xillikka jiddiy ekologik xavf tug' dirayotgani aniqlangan bo' lib, ularning dinamikasini doimiy xaritaga tushirish va monitoring qilish zarurati isbotlandi.

3. Biomeliorativ va agrofizik salohiyat: *Nostoc commune* va *Anabaena* kabi shilliq hosil qiluvchi ipsimon sianobakteriyalar degradatsiyaga uchragan va cho' llangan arid tuproqlarni tiklashda yuqori samaradorlik ko' rsatadi. Ularning tarkibidagi hujayra tashqarisi polimer moddalarini tuproq agregatlarini biriktirish orqali uning agro-fizik xususiyatlarini yaxshilaydi, tuproq namligini nazorat variantlariga nisbatan 20% dan 30% gacha yuqori saqlaydi hamda organik uglerod va azot miqdorini sezilarli darajada boyitadi.

Kelajakdagi ustuvor vazifalar: Markaziy Osiyo algologiyasining istiqboli mahalliy halotolerant va qurg' oqchilikka chidamli sianobakteriyalar shtammlarining genofondini (bankini) yaratish, ularning biotexnologik sintez xususiyatlarini chuqur o' rganish hamda qishloq xo' jaligi va bioremediatsiya jarayonlari uchun keng ko' lamli sanoat bio-o' g' itlarini ishlab chiqish integratsiyasini talab etadi.

MUALLIFLAR BAYONOTLARI

Mualliflar hissasi: Sadikova O.Z. -tadqiqot konsepsiyasi, adabiyotlarni yig' ish va tahlil qilish, maqola matnining dastlabki variantini yozish; To' xtaboyeva Y.A. -ilmiy rahbarlik, tadqiqot metodologiyasini belgilash, maqola matnini tahrirlash va yakuniy variantini tasdiqlash. Ikkala muallif ham maqolaning yakuniy nusxasini o' qib chiqdi va tasdiqladi.

Manfaatlar to' qnashuvi: Mualliflar manfaatlar to' qnashuvi mavjud emasligini bildiradilar.

Moliyalashtirish manbai: Ushbu tadqiqot biror-bir grant yoki tashkilot tomonidan maxsus moliyalashtirilmagan.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Komárek, J. (2016). A polyphasic approach for the taxonomy of cyanobacteria: principles and applications. *European Journal of Phycology*, 51(3), 346–353. DOI: 10.1080/09670262.2016.1163738
2. AlgaeBase — Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2024). AlgaeBase. World-wide electronic publication. National University of Ireland, Galway. <https://www.algaebase.org>
3. Allaf, M. M., & Peerhossaini, H. (2022). Cyanobacteria: Model Microorganisms and Beyond. *Microorganisms*, 10(4),696. DOI:10.3390/microorganisms10040696.
4. Nunes, E., Odenthal, K., Nunes, N., Fernandes, T., Fernandes, I. A., & Pinheiro de Carvalho, M. A. A. (2024). Protein extracts from microalgae and cyanobacteria biomass. Techno-functional properties and bioactivity: A review. *Algal Research*, 82, 103638. DOI: 10.1016/j.algal.2024.103638.
5. Singh, N. K., Sonani, R. R., Rastogi, R. P., & Madamwar, D. (2015). The phycobilisomes: An early requisite for efficient photosynthesis in cyanobacteria. *EXCLI Journal*, 14, 268–289. DOI: 10.17179/excli2014-723.
6. Hagemann, M. (2011). Molecular biology of cyanobacterial salt acclimation. *FEMS Microbiology Reviews*, 35(1), 87–123. DOI: 10.1111/j.1574-6976.2010.00234.x.
7. Raanan, H., Oren, N., Treves, H., Berkowicz, S. M., Hagemann, M., Pade, N., Keren, N., & Kaplan, A. (2016). Simulated soil crust conditions in a chamber system provide new insights on cyanobacterial acclimation to desiccation. *Environmental Microbiology*, 18(2), 414–426. DOI: 10.1111/1462-2920.12998.

8. Matsui, K., Nazifi, E., Kunita, S., Wada, N., Matsugo, S., & Sakamoto, T. (2013). Multiple Roles of Photosynthetic and Sunscreen Pigments in Cyanobacteria Focusing on the Oxidative Stress. *Metabolites*, 3(2), 463–483. DOI: 10.3390/metabo3020463.

9. Kiselev, I. A. (1927). Novye dannye o vodorosljach Aral'skogo morja [New data about algae of the Aral Sea]. *Izvestiya Vsesoyuznogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Ozero-Rechnogo Rybnogo Khozyaystva*, 5, 1–64.

10. Мейер К.И. Введение в флору водорослей Средней Азии // Труды Среднеазиатского государственного университета (САГУ). Серия 8-б: Ботаника. -1930. -Вып. 9. -С. 1–42.

11. Музаффаров А.М. Флора водорослей водоёмов Средней Азии. -Ташкент: Наука, 1965.

12. Šimonovičová, A., Paudišová, E., Nosali, S., Oteuliev, M., Klištincová, N., Maisto, F., Kraková, L., Pavlović, J., Šoltys, K., & Pangallo, D. (2024). Fungal and Prokaryotic Communities in Soil Samples of the Aral Sea Dry Bottom in Uzbekistan. *Soil Systems*, 8(2), 58. DOI: 10.3390/soilsystems8020058

13. Тошпулатов Ш.Ж., Эргашев А.Э. Картографирование распределения потенциально опасных видов водорослей, вызывающих «цветение» воды в водоёмах Приаралья // Узбекский биологический журнал. -1998. -№ 3. -С. 14–

14.. Zayadan B. K., Sidelnikova L. V., Amanyaeva A. A., Bolatkhan K. Evaluation of the biotechnological potential of Nostoc and Anabaena strains for soil fertility improvement in arid regions of Central Asia // *Journal of Biotechnology*. - 2018. -Vol. 280. -P. S45–S46.

15. Zayadan B. K., Mukaasheva T. D., Ramazanova A. A., Userbaeva A. A. The role of cyanobacterial biofilms in the restoration and stabilization of desertified and degraded soils in Kazakhstan // *International Journal of Phytoremediation*. -2014. -Vol. 16, No. 7-8. -P. 754–763.

16. Sheraliyev O.X., Tojiboyev Sh.J., Mirzayeva S.T. Nostoc, Phormidium turkumi turlarining bioekologiyasi haqida // Respublika ilmiy-masofaviy onlayn konferensiya materiallari. -2020.

17. Tukhtaboeva Y.A., Redkina V.V., Bukin Y.S. et al. Diversity of Cyanobacteria and Algae in Eroded Soils of the Fergana Valley (Uzbekistan) According to Light Microscopy Data and High-Throughput Sequencing // *Arid Ecosystems*. - 2025. -Vol. 15. -P. 232–245.

18.Ikramov N.B. Norin daryosi havzasi quyi oqimi algoflorasi: biologiya fanlari bo' yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. – Namangan, 2026. – 48 b.

19. Osman J.R., Fernandes G.R., Kamilova E., DuBow M.S. et al. Genomic microbiome analyses of surface sand samples from the Kyzyl-Kum Desert (Uzbekistan): characterization and comparative study. *Archives of Microbiology*. 2023.

REFERENCES

1. Komárek J. A polyphasic approach for the taxonomy of cyanobacteria: principles and applications. *Eur J Phycol*. 2016;51(3):346–353. doi:10.1080/09670262.2016.1163738.

2. Guiry MD, Guiry GM. *AlgaeBase*. World-wide electronic publication. Galway: National University of Ireland, Galway; 2024. Available from: *AlgaeBase*

3. Allaf MM, Peerhossaini H. Cyanobacteria: model microorganisms and beyond. *Microorganisms*. 2022;10(4):696. doi:10.3390/microorganisms10040696.

4. Nunes E, Odenthal K, Nunes N, Fernandes T, Fernandes IA, Pinheiro de Carvalho MAA. Protein extracts from microalgae and cyanobacteria biomass: techno-functional properties and bioactivity: a review. *Algal Res*. 2024;82:103638. doi:10.1016/j.algal.2024.103638.

5. Singh NK, Sonani RR, Rastogi RP, Madamwar D. The phycobilisomes: an early requisite for efficient photosynthesis in cyanobacteria. *EXCLI J*. 2015;14:268–289. doi:10.17179/excli2014-723.

6. Hagemann M. Molecular biology of cyanobacterial salt acclimation. *FEMS Microbiol Rev*. 2011;35(1):87–123. doi:10.1111/j.1574-6976.2010.00234.x.

7. Raanan H, Oren N, Treves H, Berkowicz SM, Hagemann M, Pade N, Keren N, Kaplan A. Simulated soil crust conditions in a chamber system provide new insights on cyanobacterial acclimation to desiccation. *Environ Microbiol*. 2016;18(2):414–426. doi:10.1111/1462-2920.12998.

8. Matsui K, Nazifi E, Kunita S, Wada N, Matsugo S, Sakamoto T. Multiple roles of photosynthetic and sunscreen pigments in cyanobacteria focusing on oxidative stress. *Metabolites*. 2013;3(2):463–483. doi:10.3390/metabo3020463.

9. Kiselev IA. New data on the algae of the Aral Sea. *Izvestiya Vsesoyuznogo Nauchno-Issledovatel'skogo Instituta Ozero-Rechnogo Rybnogo Khozyaystva*. 1927;5:1–64.

10. Meyer KI. Introduction to the algal flora of Central Asia. *Proceedings of the Central Asian State University (SAGU), Series 8-B: Botany*. 1930;9:1–42.

11. Muzaffarov AM. Algal Flora of the Water Bodies of Central Asia. Tashkent: Nauka; 1965.
12. Šimonovičová A, Paudišová E, Nosalj S, Oteuliev M, Klištincová N, Maisto F, Kraková L, Pavlović J, Šoltys K, Pangallo D. Fungal and prokaryotic communities in soil samples of the Aral Sea dry bottom in Uzbekistan. *Soil Syst.* 2024;8(2):58. doi:10.3390/soilsystems8020058.
13. Toshpulatov ShJ, Ergashev AE. Mapping the distribution of potentially hazardous algal species causing water blooms in the Aral Sea region. *Uzbek Biol J.* 1998;(3):14–[page number to be verified].
14. Zayadan BK, Sidelnikova LV, Amanyaeva AA, Bolatkhan K. Evaluation of the biotechnological potential of Nostoc and Anabaena strains for soil fertility improvement in arid regions of Central Asia. *J Biotechnol.* 2018;280:S45–S46.
15. Zayadan BK, Mukaasheva TD, Ramazanova AA, Userbaeva AA. The role of cyanobacterial biofilms in the restoration and stabilization of desertified and degraded soils in Kazakhstan. *Int J Phytoremediation.* 2014;16(7–8):754–763.
16. Sheraliyev OX, Tojiboyev ShJ, Mirzayeva ST. Bioecology of species of the genera Nostoc and Phormidium. In: *Proceedings of the Republican Scientific Distance Online Conference.* 2020.
17. Tukhtaboeva YA, Redkina VV, Bukin YS, Temraleeva AD. Diversity of cyanobacteria and algae in eroded soils of the Fergana Valley (Uzbekistan) according to light microscopy data and high-throughput sequencing. *Arid Ecosyst.* 2025;15(2):232–245. doi:10.1134/S2079096125700143.
18. Ikramov NB. Algal Flora of the Lower Reaches of the Naryn River Basin: Abstract of the Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy (PhD) in Biological Sciences. Namangan; 2026. 48 p.
19. Osman JR, Fernandes GR, Kamilova E, DuBow MS. Genomic microbiome analyses of surface sand samples from the Kyzyl-Kum Desert (Uzbekistan): characterization and comparative study. *Arch Microbiol.* 2023;205(3):90. doi:10.1007/s00203-023-03432-z