

**OROL DENGIZI QURIGAN TUBIDA MIKROORGANIZMLAR XILMA –  
XILLIGI**

**Sobirova Muqaddas Botirovna** - O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali  
“Biotexnologiya” kafedراسi dotsenti

**Murodova Sayyora Sobirova** - O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax filiali  
“Biotexnologiya” kafedراسi professori

**Kenjibaeva Gulmira Sovetovna** - M. Avezov nomidagi Janubiy Qozog'iston  
universiteti professori

**Gani Iztleuov Moldakulovich** - M. Avezov nomidagi Janubiy Qozog'iston  
universiteti professori

**Rahmatullayev Islom Jonuzoq o‘g‘li** - O‘zbekiston Milliy universiteti Jizzax  
filiali “Biotexnologiya” kafedراسi o‘qituvchisi

**Собирова Мукаддас Ботировна** — доцент кафедры «Биотехнология»  
Джизакского филиала Национального университета Узбекистана

**Муродова Сайёра Собировна** — профессор кафедры «Биотехнология»  
Джизакского филиала Национального университета Узбекистана

**Кенжибаева Гульмира Советовна** — профессор Южно-Казахстанского  
университета имени М. Ауэзова

**Гани Изтлеуов Молдакулович** — профессор Южно-Казахстанского  
университета имени М. Ауэзова

**Рахматуллаев Икром** — учитель кафедры «Биотехнология» Джизакского  
филиала Национального университета Узбекистана

**Sobirova Muqaddas Botirovna** — Associate Professor of the Department of  
Biotechnology, Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan

**Murodova Sayyora Sobirovna** — Professor of the Department of Biotechnology,  
Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan

**Kenjibaeva Gulmira Sovetovna** — Professor of M. Auezov South Kazakhstan University

**Gani Iztleuov Moldakulovich** — Professor of M. Auezov South Kazakhstan University

**Rakhmatullayev Islom** — Teacher of the Department of Biotechnology, Jizzakh Branch of the National University of Uzbekistan

**Аннотация.** Ushbu tadqiqot Orol dengizining qurigan tubidagi ekstremal ekologik sharoitlarda — yuqori sho'rlanish, kuchli ultrabinafsha nurlanish va ozuqa moddalari tanqisligi muhitida yashovchi mikroorganizmlar xilma-xilligini o'rganishga qaratilgan. Tadqiqot obyekti sifatida Orol dengizi havzasida o'suvchi o'simliklarning rizosferasidan olingan namunalar xizmat qildi. Ajratib olingan izolyatlarni identifikatsiya qilish uchun zamonaviy MALDI-TOF mass-spektrometriya usulidan foydalanildi. Tahlil natijalariga ko'ra, jami 30 ta mikroorganizm shtamlari aniqlandi, ularning 80 foizini (24 ta shtamm) bakteriyalar tashkil etishi ma'lum bo'ldi. Shuningdek, aktinomitsetlar va zamburug'lar ham aniqlanib, mikroorganizmlarning 90 foizi tur darajasida yuqori ishonchlilik bilan tasdiqlandi. Olingan natijalar ekstremal sharoitga moslashgan noyob mikrob resurslarini o'rganish va kelajakda qurg'oqchil hududlar melioratsiyasida qo'llanilishi mumkin bo'lgan istiqbolli biopreparatlar yaratishda muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

**Калит so'zlar:** MALDI-TOF MS, rizosfera, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*

**Аннотация.** Данное исследование направлено на изучение разнообразия микроорганизмов, обитающих в экстремальных экологических условиях высохшего дна Аральского моря — в среде с высокой

засушливостью, сильным ультрафиолетовым излучением и дефицитом питательных веществ. В качестве объекта исследования выступали образцы, отобранные из ризосферы растений, произрастающих в бассейне Аральского моря. Для идентификации выделенных изолятов применялся современный метод масс-спектрометрии MALDI-TOF. Согласно результатам анализа, всего было выявлено 30 штаммов микроорганизмов, из которых 80% (24 штамма) составили бактерии. Также были обнаружены актиномицеты и грибы, при этом 90% микроорганизмов были идентифицированы до уровня вида с высокой степенью достоверности. Полученные результаты служат важной научной основой для изучения уникальных микробных ресурсов, адаптированных к экстремальным условиям, и создания перспективных биопрепаратов, которые могут быть использованы в мелиорации засушливых регионов в будущем.

**Ключевые слова:** MALDI-TOF MS, ризосфера, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*.

**Abstract.** This study focuses on investigating the diversity of microorganisms thriving under the extreme environmental conditions of the dried Aral Sea bed—characterized by high salinity, intense ultraviolet radiation, and nutrient deficiency. Samples collected from the rhizosphere of plants growing in the Aral Sea basin served as the research object. The modern MALDI-TOF mass spectrometry method was utilized to identify the isolated cultures. According to the analysis results, a total of 30 microbial strains were identified, with bacteria accounting for 80% (24 strains) of the total population. Actinomycetes and fungi were also detected, and 90% of the microorganisms were confirmed at the species level with high reliability. The obtained results provide a significant scientific foundation for exploring unique microbial resources adapted to extreme conditions

and for developing promising biopreparations that could be applied in the reclamation of arid regions in the future.

**Keywords:** MALDI-TOF MS, rhizosphere, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Pseudomonas chlororaphis*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*.

O‘zbekiston va Qozog‘istonda joylashgan Orol dengizi havzasining cho‘llanishi 20-asrning eng jiddiy antropogen ekologik fojialaridan birini tashkil etadi. 1960-yillardan beri dunyoda to‘rtinchi eng katta bo‘lgan bu ulkan ichki suv havzasi keskin qisqarishga uchradi. 1960 va 2018-yillar oralig‘ida Markaziy Osiyodagi Orol dengizi yuzasi taxminan 88% ga sezilarli darajada kamaydi va 1000 km dan ortiq suvini yo‘qotdi. Atrof-muhitning bu pasayishi asosan inson faoliyati, jumladan, keng ko‘lamli sug‘orish va daryolarning suv o‘tkazmasligi [1]. Bu sho‘rlanish darajasining keskin oshishiga va ochiq va qurigan havzada kanserogenlar va og‘ir metallar kabi xavfli moddalarning to‘planishiga olib keldi [2,3].

Orol dengizining davom etayotgan qurishi, toksinlarning to‘planishi va yuqori sho‘rlanish kabi ekstremal ekologik sharoitlari tufayli noyob tabiiy laboratoriyani taqdim etadi, bu esa mikrobial jamoalar dinamikasini va atrof-muhit o‘zgarishiga funksional moslashuvini o‘rganish imkonini beradi. Biroq, Orol dengizining mikrobial tadqiqotlari yaqinda amalga oshirila boshlandi. Orol dengizi havzasida bakteriyalar jamoalari yuqori sho‘rlanish, og‘ir metallar bilan ifloslanish va progressiv cho‘llanish kabi ekstremal stress omillariga javob beradi [4]. Mintaqadagi keskin ekologik o‘zgarishlar gipersho‘r va oligotrofik sharoitlarda omon qolishga qodir ekstremofil va halofil mikrobial taksonlarni tanlagani ajablanarli emas [5,6]. Xronosekvensiya yondashuvidan foydalangan holda, so‘nggi topilmalar shuni ko‘rsatadiki, o‘ziga xos funksional xususiyatlarga ega mikrobial taksonlarni selektiv filtrlash orqali rizosferaning yig‘ilishi Orol dengizidagi

ekstremal sharoitlarda o'simliklarning omon qolishini osonlashtiradigan asosiy mexanizm bo'lib xizmat qiladi [7]. Shunday ekan, Orol dengizi qurigan tubidagi mikrobial xilma-xillikni tadqiq etish hamon dolzarb ahamiyat kasb etadi.

**Tadqiqot materiallari va uslublari.** Ajratib olingan mikroorganizmlar izolyatlari *MALDI-TOF Mass Spectrometry EXS 2600 (Zybio)* uskunasi yordamida identifikatsiya qilindi. Tadqiqot jarayonida sentrifuga, vortex aralashtirgich, tomizgichlar, shuningdek reagentlar to'plami (Matrix solution, Microorganism lysate I, Microorganism lysate II), distirlangan suv va 96 % li etanol ishlatildi. Identifikatsiya jarayonini amalga oshirish uchun oziqa muhitda o'stirilgan toza va alohida koloniyalar tanlab olindi. 1,5 ml hajmli sentrifuga probirkalariga 300 mkl ultrasof suv solinib, 1–5 mg miqdordagi alohida koloniya qo'shildi. Hosil bo'lgan suspenziya to'liq bir jinsli holatga kelguniga qadar vortex qurilmasida aralashtirildi. Shundan so'ng probirkalarga 900 mkl suvsiz etanol qo'shilib, yana aralashtirildi va 12 000 ayl/min tezlikda 2–3 daqiqa davomida sentrifugalandi. Sentrifugadan so'ng supernatant qismi ehtiyotkorlik bilan olib tashlanib, qolgan cho'kma (intakt qism) ustiga 20 mkl Microorganism lysate I reagenti qo'shildi va yaxshilab aralashtirildi. Keyingi bosqichda 20 mkl Microorganism lysate II reagenti qo'shilib, pipetka yordamida bir jinsli aralashma hosil qilindi. Olingan aralashma 2 daqiqa davomida sentrifuga qilindi. MALDI-TOF plastinkasi 96 % etil spirti bilan dezinfeksiya qilindi. Har bir namuna uchun 1 mkl miqdordagi supernatant plastinkaning mos katakchalariga tomizildi va xona haroratida quritildi. Namuna to'liq qurigach, uning ustiga Matrix solution reagenti tomizildi va yana quritildi. Tayyorlangan plastinka MALDI-TOF qurilmasiga joylashtirilib, mikroorganizmlar identifikatsiyasi amalga oshirildi [8].

**Tadqiqot natijalari va muhokamasi.** Orol dengizi falokati natijasida yuzaga kelgan yangi Orolqum cho'li tuproqlari o'ta yuqori sho'rlanish, kuchli ultrabinafsha nurlanish, namlikning keskin taqchilligi hamda organik ozuqa

moddalarining kamligi kabi keskin ekstremal omillar bilan xarakterlanadi. Bunday og'ir ekologik sharoitda shakllangan va rivojlanayotgan mikrobiotsenozni o'rganish, xususan, hududdagi mikroorganizmlar xilma-xilligini baholash mikrobiologiya va ekologiya fanlari uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Ushbu ma'lumotlar mintaqa ekotizimining hozirgi holatini diagnostika qilishga, shuningdek, ekstremal muhitga moslashgan noyob mikrob resurslarini kashf etishga yordam beradi.

Tadqiqot davomida Orol dengizi qurigan tubida uchrovchi o'simliklar rizoferasi asosida olingan namunalarda asosida mikrobiologik tahlillar amalga oshirildi. An'anaviy mikrobiologik ekish usullari hamda zamonaviy identifikatsiya usullari yordamida tuproq namunalaridan ko'plab sof mikrob kulturalari ajratib olindi. Har bir izolyat o'zining morfologik, kultural va biokimyoviy xususiyatlariga ko'ra tasniflandi. Izolyatlarning identifikatsiyasi MALDI-TOF Mass-spektrometriya usuli yordamida amalga oshirildi. Dastlabki tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, ajratib olingan mikroorganizmlar 30 xil mikroorganizm shtammlari ekanligi aniqlandi (1-jadval).

**1-jadval.**

**Orol dengiz qurigan tubida mikroorganizmlar xilma-xilligi (MALDI-TOF Mass-spektrometriya usuli bo'yicha)**

<b>T/r</b>	<b>Mikroorganizm nomi</b>	<b>Sistematik tip</b>	<b>Identifikatsiya ballari</b>
1	<i>Enterobacter asburiae</i>	Bakteriya	2.22
2	<i>Bacillus vallismortis</i>	Bakteriya	2.02
3	<i>Enterobacter cloacae</i>	Bakteriya	2.25
4	<i>Bacillus subtilis</i>	Bakteriya	2.14
5	<i>Escherichia vulneris</i>	Bakteriya	2.28
6	<i>Leucobacter alluvii</i>	Aktinomitset	2.14
7	<i>Penicillium chrysogenum</i>	Zamburug'	2.08

8	<i>Aspergillus niger</i>	Zamburug‘	2.01
9	<i>Providencia rettgeri</i>	Bakteriya	2.42
10	<i>Rhodococcus ruber</i>	Aktinomitset	2.12
11	<i>Bacillus firmus</i>	Bakteriya	2.02
12	<i>Bacillus endophyticus</i>	Bakteriya	1.75
13	<i>Metabacillus halosaccharovorans</i>	Bakteriya	1.81
14	<i>Pseudomonas azotoformans</i>	Bakteriya	2.12
15	<i>Bacillus simplex</i>	Bakteriya	2.13
16	<i>Enterobacter cancerogenus</i>	Bakteriya	2.40
17	<i>Kocuria rosea</i>	Aktinomitset	2.01
18	<i>Bacillus atrophaeus</i>	Bakteriya	2.17
19	<i>Pseudomonas koreensis</i>	Bakteriya	1.80
20	<i>Bacillus infantis</i>	Bakteriya	2.38
21	<i>Bacillus cereus</i>	Bakteriya	2.34
22	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	Bakteriya	2.38
23	<i>Pseudarthrobacter oxydans</i>	Aktinomitset	2.34
24	<i>Staphylococcus succinus</i>	Bakteriya	2.06
25	<i>Bacillus pumilus</i>	Bakteriya	2.14
26	<i>Pseudomonas chlororaphis</i>	Bakteriya	2.13
27	<i>Aerococcus viridans</i>	Bakteriya	2.19
28	<i>Acinetobacter johnsonii</i>	Bakteriya	2.42
29	<i>Bacillus megaterium</i>	Bakteriya	2.22
30	<i>Serratia rubidaea</i>	Bakteriya	2.26

Tadqiqot doirasida ajratib olingan izolyatlarning taksonomik mansubligini hamda filogenetik holatini aniqlash maqsadida zamonaviy proteomik tahlil usuli – MALDI-TOF mass-spektrometriyasidan foydalanildi. Olingan natijalar (3.2. 2-jadval) shuni ko‘rsatdiki, jami 30 ta mikroorganizm shtammlari o‘zining morfologik va biokimyoviy xususiyatlaridan tashqari, oqsil profillari asosida uchta

yirik sistematik guruhga: bakteriyalar, aktinomitsetlar va zamburug‘lar ajratildi. Tahlil qilingan mikrobiotsenoz tarkibida bakteriyalar mutlaq dominantlik qilib, jami izolyatlarning 80% ini (24 ta shtamm) tashkil etdi. Ushbu guruh ichida qishloq xo‘jaligi biotexnologiyasida istiqbolli hisoblangan va o‘simliklar o‘shini rag‘batlantiruvchi (PGPR) xususiyat namoyon qilishi bilan tavsiflanuvchi *Bacillus*, *Pseudomonas* hamda *Enterobacter* avlodlariga mansub turlar salmog‘i yuqori ekanligi qayd etildi. Xususan, spora hosil qiluvchi *Bacillus* avlodi vakillari (*B. subtilis*, *B. megaterium*, *B. pumilus* va boshqalar) yuqori ishonchlilik darajasi bilan identifikatsiya qilindi. Shuningdek, grammanfiy bakteriyalardan *Enterobacter asburiae* (2.22), *Enterobacter cloacae* (2.25) va *Pseudomonas chlororaphis* (2.13) kabi shtammlarning yuqori identifikatsiya ballari ularning taksonomik pozitsiyasini qat’iy tasdiqlaydi.

Tadqiqot obyektlarimiz orasida ekstremal sharoitlarga moslasha oluvchi *Acinetobacter* (*A. lwoffii*, *A. johnsonii*) hamda *Providencia rettgeri* kabi turlarning uchrashi mazkur ajratib olingan mikrobiofondning ekologik moslashuvchanligi yuqori ekanligidan isbotlaydi.

Mikrobiota tarkibida murakkab organik birikmalarni parchalash xususiyatiga ega bo‘lgan aktinomitsetlar 4 ta shtamm (*Leucobacter alluvii*, *Rhodococcus ruber*, *Kocuria rosea*, *Pseudarthrobacter oxydans*) bilan namoyon bo‘ldi. Ularning barchasi tur darajasida yuqori aniqlik bilan tasdiqlandi.

Zamburug‘lar esa faqat ikkita tipik namuna – *Penicillium chrysogenum* (2.08) va *Aspergillus niger* (2.01) ko‘rinishida ajratib olingan bo‘lib, bu ularning mazkur mikrobiofondda substrat raqobatida bakteriyalarga nisbatan kamroq uchrayotganligini ko‘rsatadi. MALDI Biotyper tizimining ishonchlilik mezonlariga muvofiq qaraydigan bo‘lsak, identifikatsiya qilingan 30 ta shtammdan 27 tasi (90%) yuqori 2.0 ballga ega. Bu ushbu izolyatlar tur darajasida yuqori ishonchli aniqlanganini anglatadi va ularni keyingi tajribalarda qo‘llash imkonini beradi.

Faqatgina uchta shtamm – *Bacillus endophyticus* (1.75), *Pseudomonas koreensis* (1.80) va *Metabacillus halosaccharovorans* (1.81) da ko‘rsatkich 1.7 - 1.99 oralig‘ida qayd etildi. Mass-spektrometriya qoidalariga ko‘ra, bu ballar mazkur izolyatlarning avlod darajasida to‘g‘ri aniqlanganligini ko‘rsatadi, biroq ularning turga xosligini to‘liq tasdiqlash uchun qo‘shimcha ravishda 16S rRNA genini molekulyar-genetik sekvenslash tahlilidan o‘tkazish maqsadga muvofiqdir. Ajratib olingan faol va istiqbolli aktinomitset shtammlarini zamonaviy xemotaksonomik va ekspress-identifikatsiya qilish maqsadida MALDI-TOF MS analizidan foydalanildi. Mass-spektrogrammalarda olingan oqsil profillari va mass-spektr cho‘qqilari har bir turning o‘ziga xos taksonomik "barmoq izi" hisoblanadi.

Orol dengizining qurigan tubi o‘ta yuqori sho‘rlanish, kuchli nurlanish va ozuqa moddalari tanqisligi kabi ekstremal sharoitlarida shakllangan ushbu mikrobiofond nafaqat cho‘llanish sharoitida omon qolish mexanizmlarini o‘rganish, balki sho‘rlangan va qurg‘oqchil hududlar melioratsiyasida qo‘llanilishi mumkin bo‘lgan istiqbolli biopreparatlar yaratish uchun qimmatli biotexnologik ob‘ekt bo‘lib xizmat qiladi.

**Xulosa.** Orol dengizining qurigan tubida o'ta qiyin ekologik stress omillariga (yuqori sho'rlanish, namlik tanqisligi, zaharli moddalar to'planishi) moslasha olgan o'ziga xos va noyob mikrobiotsenoz shakllanganligi tasdiqlandi. Zamonaviy MALDI-TOF mass-spektrometriya usuli yordamida o'simliklar rizosferasidan olingan 30 ta mikroorganizm shtammi muvaffaqiyatli aniqlandi va ulardan 27 tasi (90%) 2.0 dan yuqori ball bilan tur darajasida yuqori ishonchlilikka ega ekanligi isbotlandi. Orolqum tuproqlaridagi mikrobiofonda bakteriyalar mutlaq dominantlik qiladi (jami izolyatlarning 80 foizi). Ayniqsa, qishloq xo'jaligi uchun muhim hisoblangan va o'simliklar o'sishini rag'batlantiruvchi *Bacillus*, *Pseudomonas* hamda *Enterobacter* avlodlari yuqori salmoqqa ega. Mikrobiota tarkibida murakkab organik birikmalarni parchalovchi 4 ta aktinomitset shtammi va

substrat raqobatida kamroq uchrovchi 2 ta zamburug' shtammi aniqlandi. O'ta sho'r va qurg'oqchil hududlardan ajratib olingan ushbu mikrobiofond, kelajakda degradatsiyaga uchragan tuproqlarni qayta tiklash, melioratsiya qilish va qishloq xo'jaligida qo'llash uchun samarali biopreparatlar yaratish yo'lidagi qimmatli biotexnologik ob'ekt hisoblanadi. Ikki asosli ballga ega bo'lmagan 3 ta shtammni esa keyinchalik 16S rRNA sekvenslash tahlilidan o'tkazish tavsiya etiladi.

### **Foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati**

1. Yang, X., Wang, N., Chen, A., He, J., Hua, T., & Qie, Y. (2020). Changes in area and water volume of the Aral Sea in the arid Central Asia over the period of 1960–2018 and their causes. *Catena*, 191, 104566. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104566>
2. Jensen, S., Mazhitova, Z., & Zetterström, R. (1997). Environmental pollution and child health in the Aral Sea region in Kazakhstan. *Science of the Total Environment*, 206(2–3), 187–193. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(97\)00210-5](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(97)00210-5)
3. Micklin, P. (2010). The past, present, and future Aral Sea. *Lakes & Reservoirs: Research and Management*, 15(3), 193–213. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1770.2010.00437.x>
4. Zetterström, R. (1999). Child health and environmental pollution in the Aral Sea region in Kazakhstan. *Acta Paediatrica Supplement*, 88(429), 49–54.
5. Chernyh, N. A., Merkel, A. Y., Kondrasheva, K. V., Alimov, Z. E., Klyukina, A. A., Bonch-Osmolovskaya, E. A., Slobodkin, A. I., & Davranov, K. D. (2024). At shores of a vanishing sea: Microbial communities of Aral and Southern Aral Sea region. *Microbiology*, 93(1), 3–16. <https://doi.org/10.31857/S0026365624010035>

6. Wicaksono, W. A., Egamberdieva, D., Berg, C., Mora, M., Kusstatscher, P., Cernava, T., & Berg, G. (2022). Function-based rhizosphere assembly along a gradient of desiccation in the former Aral Sea. *mSystems*, 7(6), e00739-22. <https://doi.org/10.1128/mSystems.00739-22>
7. Shurigin, V., Hakobyan, A., Panosyan, H., Egamberdieva, D., Birkeland, N.-K., & Banat, I. M. (2019). A glimpse of the prokaryotic diversity of the Large Aral Sea reveals novel extremophilic bacterial and archaeal groups. *MicrobiologyOpen*, 8(7), e850. <https://doi.org/10.1002/mbo3.850>
8. Rakhmatullayev, I., Murodova, S. S., & O'ralov, A. I. (2026). Orol dengizi qurigan tubida uchrovchi *Salsola richteri* o'simligi ildizi hamda ildiz atrofida tuproqda uchrovchi mikroorganizmlarni MALDI-TOF MS asosida identifikatsiyasi. *Qo'qon DPI Ilmiy xabarlari*, 8(1), 130–141. <https://doi.org/10.70728/qdpi.v08.i01.017>