

# БИОЛОГИЯ

## Экология

Научная статья  
УДК 579.68  
DOI 10.18101/2587-7143-2023-2-3-7

### ПРОКАРИОТНОЕ РАЗНООБРАЗИЕ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ДОННЫХ ОСАДКОВ СОДОВО-СОЛЕННОГО ОЗЕРА ЗУН-ТОРЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬСКИЙ КРАЙ, РОССИЯ)

© **Сыренжапова Арюна Сыдынжаповна**

кандидат биологических наук, доцент,  
Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В. Р. Филиппова  
Россия, 670034, г. Улан-Удэ, ул. Пушкина, 8  
arunaSS\_70@mail.ru

© **Абидуева Елена Юрьевна**

доктор биологических наук, старший научный сотрудник,  
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6  
abidueva\_1@mail.ru

© **Дагурова Ольга Павловна**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,  
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6  
dagur-ol@mail.ru

© **Бархутова Дарима Дондоковна**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,  
заведующая лабораторией микробиологии,  
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН  
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6  
darima\_bar@mail.ru

**Аннотация.** Содово-соленые озера — уникальные водные экосистемы, которым характерны высокая концентрация солей и щелочей, высокое рН, в совокупности создающие благоприятные условия для развития прокариотных организмов в водной толще и донных осадках. Идеальным исследовательским полигоном являются Торейские озера на юге Забайкальского края. Нами были изучены гидрохимические показатели воды, таксономический состав микробного сообщества в донных осадках содово-соленого озера Зун-Торей (Забайкальский край, Россия) с использованием высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК. Наши исследования показали, что наибольшую долю в микробном сообществе донных осадков содово-соленого озера Зун-Торей составляют представители филумов *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*, т. е. галоакалофильные микроорганизмы, характерные для экстремальных местообитаний.

**Ключевые слова:** Забайкальский край, содово-соленое озеро, Зун-Торей, гидрохимическая характеристика, прокариотное разнообразие.

#### **Благодарности**

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Госзадания № 121030100229-1.

#### **Для цитирования**

Прокариотное разнообразие микробного сообщества донных осадков содово-соленого озера Зун-Торей (Забайкальский край, Россия) / А. С. Сыренжапова, Е. Ю. Абидуева, О. П. Дагурова, Д. Д. Бархутова // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2023. № 2. С. 3–7.

Содово-соленые озера являются уникальными водными экосистемами, характеризующимися высокой концентрацией солей и щелочными рН, которые создают благоприятные условия для развития прокариотных организмов в водной толще и донных осадках. Содово-соленое озеро Зун-Торей расположено в Торейской впадине, являющейся частью Улдза-Торейской равнины, которая занимает обширную территорию Забайкальского края России и северной Монголии. Полуаридный климат и мелкосопочный рельеф с большим количеством депрессий, характерные для этого региона, способствуют формированию многочисленных содово-соленых, содовых, соленых и солоноватых озер. Значительные суточные и сезонные перепады температуры, характерные для данного региона, вызывают изменения физико-химических и гидрохимических условий обитания микробных сообществ в этих озерах. Изменения химического компонентного состава, минерализации, окислительно-восстановительного потенциала и других показателей воды озер оказывают влияние на разнообразие структурных и функциональных характеристик микробных сообществ [1; 3].

Цель исследования — определить прокариотное разнообразие микробного сообщества донных осадков содово-соленого озера Зун-Торей методом высокопроизводительного секвенирования.

#### **Объекты и методы**

Пробы для исследований отбирали в августе 2021 г. в северо-восточной части озера Зун-Торей. Физико-химические показатели воды определяли с помощью портативных приборов и общепринятыми гидрохимическими методами [4]. Для выделения ДНК был использован набор реактивов NucleoSpinSoil (Macherey-Nagel, Германия) согласно инструкции производителя. ПЦР продукты очищали по рекомендованной фирмой Illumina методике с использованием магнитных частиц AMPureXP (BeckmanCoulter, США).

Разнообразие микробного сообщества изучали методом высокопроизводительного секвенирования гена 16S рРНК с использованием платформы IlluminaMiSeq. Исследование проводилось с использованием оборудования ЦКП «Геномные технологии, протеомика и клеточная биология» ФГБУ Всероссийского НИИ сельскохозяйственной микробиологии.

#### **Результаты и обсуждение**

Озеро Зун-Торей соединено с озером Барун-Торей узкой протокой Уточа и образует водно-болотные угодья, называемые Торейскими озерами. На момент исследований озеро Зун-Торей было полувысохшим и на берегах были отмечены

высулы солей. Температура воды в момент отбора проб составляла  $+26,7^{\circ}\text{C}$ , рН 9,7, минерализация 7,8 г/л. Концентрация карбонатов и гидрокарбонатов составляла 2,21 и 4,73 г/л соответственно; ионов натрия — 4,2 г/л. Типизация воды, по О. А. Алекину, показала, что озеро относится к гидрокарбонатно-натриевому типу [5]. Концентрация хлоридов составляла 0,56 г/л, сульфатов — 0,98 г/л.

Впервые изучен таксономический состав микробного сообщества в донных осадках содово-соленого озера Зун-Торей. Было проанализировано 40 254 последовательности, количество операционных таксономических единиц (ОТЕ) составляло 511. В изученном образце донных осадков доминировали бактерии, представители архей составляли долю 4% (рис. 1). Археи в основном представлены родами *Halalkalicoccus*, *Halohasta*, *Halorubrum*, *Natronococcus*, *Natronorubrum* семейства *Halobacteriaceae*, состоящего из представителей, способных выживать в экстремальных экологических нишах; метаногенамиродов *Methanobacterium*, *Methanobrevibacter* семейства *Methanobacteriaceae*; аммоний-окисляющими археями *Candidatus Nitrocosmicus*, *Candidatus Nitrosospharea* семейства *Nitrososphareaceae*.

Обнаружены представители 6 бактериальных филумов, доминирующими из которых были *Actinobacteriota* (31%), *Bacteroidota* (30%), *Firmicutes* (12%) и классы *Alphaproteobacteria* (8%) и *Gammaproteobacteria* (5%) филума *Proteobacteria*. Незначительная доля в сообществе исследуемого озера приходилась на представителей филума *Planctomycetota* (1%) и других филумов (2%). Неклассифицированные последовательности составляли 7%.

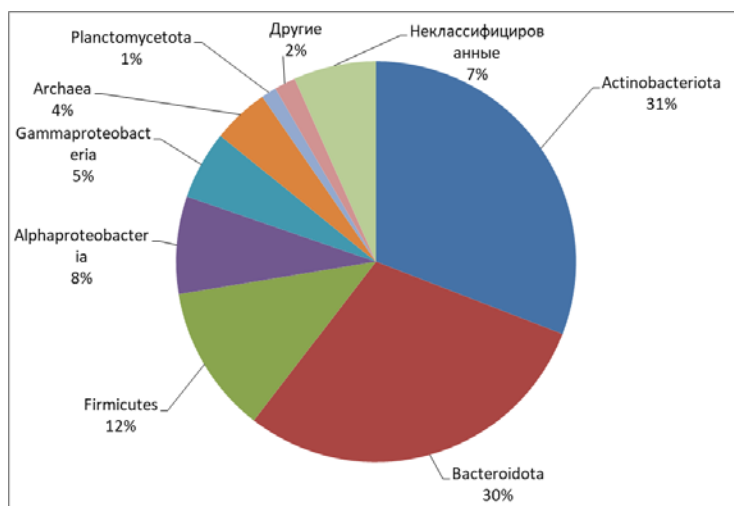


Рис. 1. Таксономическое разнообразие прокариот в донных осадках озера Зун-Торей

Наиболее многочисленный филум *Actinobacteriota* в основном представлен актинобактериями порядков *Micrococcales*, *Nitriliruptorales*, *Propionibacteriales*, *Microtrichales*, *Rubrobacteriales*, *Coriobacteriales*. Доминировали роды *Nesterenkonia* (5,8% всех последовательностей), неклассифицированный род семейства *Nitriliruptoraceae* (6,9% всех последовательностей), относящиеся к галоалкалофилам.

Представители порядков *Bacteroidales*, *Chitinophagales*, *Flavobacteriales*, *Balneolales* в основном составляли второй по многочисленности филум *Bacteroidota*. Значительная доля в сообществе принадлежала к широкораспространенному семейству *Cyclobacteriaceae*, в том числе встречающемуся в микробном сообществе содовых озер.

Филум *Firmicutes* в основном соотнесен с представителями порядков *Bacillales*, *Lactobacillales*, *Paenibacillales*, *Clostridiales*. Доминировали представители семейства *Bacillaceae* (4,1% всех последовательностей), способные к спорообразованию.

Протеобактерии были представлены классами альфапротеобактерий и гаммапротеобактерий. К классу *Alphaproteobacteria* относились представители порядков *Rhizobiales*, *Caulobacterales*, *Acetobacterales*, к классу *Gammaproteobacteria* — представители порядков *Pseudomonadales*, *Oceanospirillales*, *Burkholderiales*, *Pseudomonadales*.

Таким образом, установлено, что наибольшую долю в микробном сообществе донных осадков содово-соленого озера Зун Торей составляют представители филумов *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*. Основу сообщества составляли галоакалофильные микроорганизмы, характерные для экстремальных местообитаний.

### Литература

1. Солоноватые и соленые озера Забайкалья: гидрохимия, биология / ответственный редактор Б. Б. Намсараев. Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2009. 340 с. Текст: непосредственный.
2. Сыренжапова А. С. Сезонные и межгодовые изменения активности микроорганизмов высокоминерализованных содово-соленых озер Онон-Керуленской группы: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 03.00.16, 03.00.07. Улан-Удэ, 2004. 19 с. Текст: непосредственный.
3. Таксономическое разнообразие микробных сообществ в содово-соленом озере Зун Торей (Забайкальский край) / А. С. Сыренжапова, Е. Ю. Абидуева, О. П. Дагурова, Д. Д. Бархутова // Биота, генезис и продуктивность почв: материалы XIX Всероссийского совещания по почвенной зоологии. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН, 2022. С. 165–166. Текст: непосредственный.
4. Романенко В. И. Микробиологические процессы продукции и деструкции органического вещества во внутренних водоемах. Ленинград: Наука, Ленингр. отд., 1985. 296 с. Текст: непосредственный.
5. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Ленинград: Гидрометеиздат, 1970. 442 с. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 06.10.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 31.05.2023.

### PROKARYOTIC DIVERSITY OF MICROBIAL COMMUNITIES IN THE SEDIMENTS OF THE ZUN-TOREY SALINE LAKE (TRANSBAIKALIA TERRITORY, RUSSIA)

*Aryuna S. Syrenzhapova*  
Cand. Sci. (Biol.), A/prof.,  
Phillipov Buryat State Agricultural Academy  
8 Pushkina St., 670034 Ulan-Ude, Russia  
arunaSS\_70@mail.ru

*A. С. Сыренжапова, Е. Ю. Абидуева, О. П. Дагурова, Д. Д. Бархутова. Прокариотное разнообразие микробного сообщества донных осадков содово-соленого озера Зун-Торей...*

---

*Elena Yu. Abidueva*

Dr. (Biol.), Senior Researcher,  
Institute for General and Experimental Biology SB RAS  
6 Sakhyanovoy St., 670047 Ulan-Ude, Russia  
abidueva\_1@mail.ru

*Olga P. Dagurova*

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher,  
Institute for General and Experimental Biology SB RAS  
6 Sakhyanovoy St., 670047 Ulan-Ude, Russia  
dagur-ol@mail.ru

*Darima D. Barkhutova*

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher,  
Head of Microbiology Laboratory  
Institute for General and Experimental Biology SB RAS  
6 Sakhyanovoy St., 670047 Ulan-Ude, Russia  
darima\_bar@mail.ru

*Abstract. Abstract.* Soda-salt lakes are unique aquatic ecosystems are characterized by a high concentration of salts, alkalis and high PH-level which together create favorable conditions for the development of prokaryotic organisms in the water column and bottom sediments. An ideal research site is the Torey Lakes in the south of the Transbaikalia Territory. The hydrochemical parameters of water, the taxonomic composition of the microbial community in the bottom sediments of the soda-salt lake Zun-Torey (Transbaikalia Territory, Russia) have been studied, using high-throughput sequencing of the 16S rRNA gene. The studies have shown that the largest proportion in the microbial community of the bottom sediments of the soda-salt lake Zun-Torey are representatives of the following phyla: *Actinobacteriota*, *Bacteroidota*, *Firmicutes*, *Proteobacteria*. They are haloalkaliphilic microorganisms found specific in extreme habitats.

*Keywords:* Transbaikalia Territory, soda-salt lake, the Zun-Torey lake, hydrochemical characteristics, prokaryotic diversity.

#### *Acknowledgements*

The work was carried out within the framework of the partial financial support of State Assignment No. 121030100229-1.

#### *For citation*

Syrenzhapova A. S., Abidueva E. Yu., Dagurova O. P., et al. Prokaryotic Diversity of Microbial Communities in the Sediments of the Zun-Torey Saline Lake (Transbaikalia Territory, Russia). *Bulletin of Buryat State University. Biology. Geography.* 2023; 2: 3–7 (In Russ.).

*The article was submitted 06.10.2023; approved after review 15.11.2023; accepted for publication 31.05.2023.*