

УДК 576.8:551.481.1(571.54)
DOI: 10.18101/2587-7143-2018-4-46-50

**ГАЛОФИЛЬНЫЕ БАКТЕРИИ — ПЕРВИЧНЫЕ ДЕСТРУКТОРЫ
В СОЛЕНОМ ОЗЕРЕ ГУДЖИРГАНСКОЕ (БАРГУЗИНСКАЯ ДОЛИНА,
СЕВЕРНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

**Е. В. Лаврентьева, Т. Г. Банзаракцаева, Е. Б. Эрдынеева,
А. М. Биджоян, М. Р. Кабилов**

© Лаврентьева Елена Владимировна

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
Бурятский государственный университет
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина 24а
E-mail: lena_l@mail.ru

© Банзаракцаева Туяна Геннадьевна

кандидат биологических наук, научный сотрудник,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

© Эрдынеева Елена Базыровна

Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН
Россия, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6

© Биджоян Арман Мурадович

Бурятский государственный университет,
Россия, 670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина 24а

© Кабилов Марсель Расимович

кандидат биологических наук, руководитель Центра
ЦКП «Геномика» СО РАН,
Россия, 630090, г. Новосибирск, пр. Ак. Лаврентьева 8, ИХБФМ СО РАН

В данной статье представлены результаты по изучению микробного сообщества донных осадков в озере Гуджирганское. Количественные данные по подсчету гетеротрофных бактерий показали активное распространение галофильных прокариот, способных осуществлять первичную деградацию органического вещества в экстремальных условиях солености. В результате секвенирования суммарной ДНК показано, что в микробном сообществе донных осадков доминировали представители хемоорганотрофных бактерий, ответственные за деградацию органического вещества. Эти бактерии являются типичными представителями засоленных мест обитания и хорошо адаптированы к постоянно изменяющимся физико-химическим условиям континентальных соленых озер.

Ключевые слова: галофильные бактерии; микробное сообщество донных осадков; сульфатно — натриевый тип воды; соленое озеро Гуджирганское.

Введение

На территории Баргузинской долины расположено более 1000 солоноватых, соленых и реже пресных озер (Замана, 1988). Соленые озера в Баргузинской до-

лине разнообразны по происхождению и морфологии, гидрохимическому и гидрологическому режиму. Многие из них имеют повышенную минерализацию, и на некоторых озерах наблюдается садка солей или образование гуджира — высолы солей образующихся на берегах или на дне высохшего озера (Водные системы Баргузинской котловины, 2007). Донные отложения соленых озер представляют собой чрезвычайно сложную динамическую систему и являются местом активной деятельности галофильных бактерий. В экстремальных условиях соленых озер развивается специфическое микробное сообщество, включающее представителей всех основных трофических групп микроорганизмов (Заварзин и др., 2001; Егорова и др., 2011).

Тем не менее, анализ современного состояния изученности микробных сообществ засоленных озер Баргузинской долины, которые характеризуются мелководностью, нестабильным водным режимом, полным промерзанием в зимний период, значительными колебаниями солености и температуры воды, показал недостаток данных для получения полноценной картины функционирования микробных сообществ в условиях семиаридного климата.

Цель: распространение галофильных бактерий — первичных деструкторов и их разнообразие в донных осадках озера Гуджирганское.

Объекты и методы исследования:

Озеро Гуджирганское (53°38'781"N109°56'807"E) расположено в пойме реки Баргузин, в 12 км от с. Суво. Площадь водного зеркала на момент отбора проб составила 0,3 км², глубина 0,2 м.

Озеро Гуджирганское — относится к группе Алгинских озер, который представляет единый гидроминеральный комплекс общей площадью около 15 км². Формирование сульфатного натриевого состава солоноватых и рапных озер обусловлено сочетанием трех факторов — тектонических условий впадины, климата и состава термальных вод (Намсараев и др., 2007).

Физико-химические параметры воды были определены на месте отбора проб с использованием следующих портативных приборов: температура и pH (PH-200 NM Digital, Южная Корея); минерализация воды (тест-кондуктометр TDS-4 (Сингапур)).

ДНК выделяли с помощью набора AxyPrep Bacterial Genomic DNA Miniprep Kit (Axygen, США). Глубокое секвенирование ампликонов V3-V6 16S рПНК проведено в ЦКП «Геномика» СО РАН (ИХБФМ СО РАН) на платформе MiSeq (Illumina).

Определение численности проводили методом предельных разведений на среде Пфеннига с добавлением субстратов: для протеолитиков — 1,5% пептона, для сахаролитиков — 1,5% глюкозы (Практикум по микробиологии, 2005).

Результаты и их обсуждение

Условия места обитания. Вода озер имеет высокие показатели pH и минерализации. Значения минерализации воды озера в период исследований составила 100 г/дм³. В период отбора проб температура воды в озере составила +12 °С. Значение pH воды находилось в щелочной области — 9,8. Исследование ионно-солевого состава исследуемых озер показало, что их характерной особенностью является преобладание в них ионов натрия. По анионному составу установлено преобладание сульфат-ионов.

Численность гетеротрофных бактерий. Количество гетеротрофных организмов определяли при низких и высоких значениях концентрации NaCl в пита-

тельной среде (таблица 1). Результаты показали высокую численность протеолитических аэробных и анаэробных бактерий при содержании NaCl 5 г/л — до 1 млн. кл/мл. Подсчет бактериальных клеток при концентрации соли 150 г/л выявил уменьшение численности у протеолитических бактерий аэробов — до 100 тыс. кл/мл и анаэробов — до 100 кл/мл. Число сахаролитических аэробных бактерий при 150 г/л хлорида натрия достигало 1 млн. кл/мл, количество спорообразующих сахаролитиков было в пределах 10 тыс. кл/мл.

Таблица 1

Численность гетеротрофных бактерий
в осадках озера Гуджирганское, тыс.кл/мл

NaCl, г/л	Протеолитики		Сахаролитики	
	аэробы	анаэробы	аэробы	спорообразующие аэробы
5	1000	1000	-	-
150	100	0,1	1000	10

Разнообразие микробного сообщества донных осадков. Методом секвенирования был определен состав и разнообразие микробного сообщества донного осадка озера Гуджирганское. Показано, что в сообществе донных осадков доминировали представители филумов *Firmicutes* (38,7%), *Proteobacteria* (32,6%) и *Bacteroidetes* (20,5%). Представители филума *Actinobacteria* в донных осадках составили 4,6%. В минорных количествах (менее 2%) представлены филумы *Deinococcus-Thermus*, *Cyanobacteria/Chloroplast*, представители архей *Euryarchaeota* и *unc_Bacteria* (рис. 1).

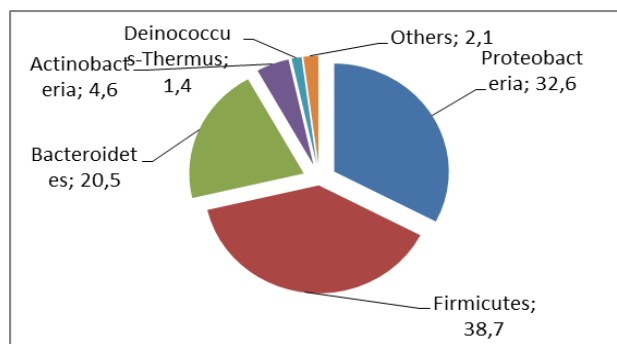


Рис. 1 Таксономическое разнообразие микробного сообщества донного осадка озера Гуджирганское

Отмечено, что в микробном сообществе донного осадка Гуджирганское доминируют представители деструкционного звена. Бактерии филума *Firmicutes* были представлены классами *Clostridia* 19,9% и *unc_Firmicutes* 18,8%. Известно, что представители *Firmicutes* ответственны за процессы деструкции органического вещества в микробном сообществе. Представители класса *Gamma proteobacteria* 27,4% включают многочисленную и метаболически разнообразную группу бактерий. Данному классу принадлежат две основные группы: одна фотоавтотрофная и другая гетеротрофная. Фотоавтотрофная часть пред-

ставлена родами *Ectothiorhodospira*. Бактерии этого рода, как правило, обитают в щелочных рассолах с концентрацией соли до насыщения. Гетеротрофная часть класса *Gammaproteobacteria* представлена большой группой хемоорганотрофных бактерий — *Alcanivorax*.

В сообществе донного осадка филум *Bacteroidetes* включает бактерий *Gracilimonas*. Эти бактерии ранее были описаны как типичные представители глубоководных морских осадков.

Таким образом, по гидрохимическому составу воды озера Гуджирганское относятся к сульфатно-натриевому типу. Среди макрокомпонентов преобладают SO_4 и Na. Высокая степень минерализации объясняется не только степенью испарения воды, но и наличием дополнительных источников сульфат-ионов. Формирование собственно сульфатных вод возможно при наличии дополнительных источников поступления в озера сульфатов. Так, для группы Алгинских озер в Баргузинской впадине — это воды питающего их термального источника (Водные системы Баргузинской котловины, 2007, Замана и др., 2010).

По отношению к солености микроорганизмы делятся на несколько групп. Галотолерантные бактерии способны развиваться в средах до 10% содержания хлорида натрия (Заварзин, Колотилова, 2001). Полученные нами результаты по численности протеолитических бактерий в осадках исследуемого озера свидетельствуют о широком распространении галотолерантных бактерий в сообществе. Количественные данные по подсчету гетеротрофных бактерий при высокой концентрации хлорида натрия показали также активное распространение галофильных прокариот, способных осуществлять первичную деструкцию органического вещества в экстремальных условиях солености. Рост и развитие гетеротрофных бактерий на средах содержащих 15% NaCl позволяет утверждать о потенциальных возможностях сообщества в трансформации вещества и энергии при изменениях климата в сторону аридизации и соответственно повышения концентрации солей.

В результате секвенирования суммарной ДНК, выделенной из донных осадков озера Гуджирганское выявлены представители шести филумов *Bacteria* и одного филума *Archaea*. Следует отметить, что в микробном сообществе донных осадков доминировали представители хемоорганотрофных бактерий, ответственные за деструкцию органического вещества. Эти бактерии являются типичными представителями засоленных мест обитания и хорошо адаптированы к постоянно изменяющимся физико-химическим условиям континентальных соленых озер. Многие бактерии способны к спорообразованию и устойчивы к ионизирующему и ультрафиолетовому излучению, что способствует их выживанию в периодически пересыхающем озере семиаридного климата и высокой солнечной инсоляции региона.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ р_а № 18-44-030021 и Министерства образования и науки РБ. Авторы выражают благодарность Малыгину А.В. за определение численности сахаролитических аэробных бактерий.

Литература

1. Замана Л. В. Мерзлотно-гидрогеологические и мелиоративные условия Баргузинской впадины. — Новосибирск: Наука, 1988. — 126 с.

2. Водные системы Баргузинской котловины / Б. Б. Намсараев, В. В. Хахинов, Е. Ж. Гармаев, Д. Д. Бархутова, З. Б. Намсараев, А. М. Плюснин. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. гос. ун-та, 2007. — 154 с.
3. Егорова Д. В., Козырева Л. П. Деструкция органических веществ в донных осадках содово-соленых озер Забайкалья // Вестник Бурятского государственного университета. Сер. 2: Биология. — Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2011. — Вып. 4. — С.158–162.
4. Практикум по микробиологии / под ред. А. И. Нетрусова. — М.: Академия, 2005. — 608 с.
5. Замана Л. В., Борзенко С. В. Гидрохимический режим соленых озер Юго-Восточного Забайкалья // География и природные ресурсы. 2010. № 4. С. 100–107.
6. Заварзин Г. А., Колотилова Н. Н. Введение в природоведческую микробиологию: учебное пособие. — М.: Университет, 2001. — 256 с.

**HALOPHILIC BACTERIA — PRIMARY DESTRUCTORS
IN THE SALT LAKE GUDZHIRGANSKOE (BARGUZIN VALLEY,
NORTH CISBAIKALIA)**

E. V. Lavrentieva, T. G. Banzaraktsaeva, E. B. Erdynееva, A. M. Bidjoyan, M. R. Kabilov

Lavrentieva Elena Vladimirovna

candidate of biological science, researcher,
Institute of General and Experimental Biology SB RAS
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova Str., 6
Buryat State University, Ulan-Ude, Smolina st. 24a

Banzaraktsaeva Tuyana Gennadievna

candidate of biological science, Senior researcher
Institute of General and Experimental Biology SB RAS
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova Str., 6

Erdynееva Elena Bazyrovna

Institute of General and Experimental Biology SB RAS
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova Str., 6

Bidjoyan Arman Muradovich

Buryat State University, Ulan-Ude, Smolina st. 24a

Kabilov Marsel Rasimovich

candidate of biological science, head of GCF,
SB RAS Genomics Core Facility, ICBFM SB RAS
Russia, 630090, Novosibirsk, Lavrentiev av. 8

The study of the microbial community in bottom sediments of Lake Gudzhirganskoe is presented in this article. Quantitative data on the calculation of heterotrophic bacteria showed the widely distribution of halophilic prokaryotes capable of carrying out the primary destruction of organic matter in extreme conditions of salinity. The sequence of total DNA have shown that chemoorganotropic bacteria responsible for the destruction of organic matter dominated in the microbial community of bottom sediment. These bacteria are typical representatives of saline environment and are well adapted to physicochemical conditions of continental saline lakes.

Keywords: halophilic bacteria; microbial community of bottom sediments; sulphate-sodium type of water; Gudzhirganskoe salt lake.