

## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ И МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПЕСЧАНЫХ МАТОВ СОДОВОГО ОЗЕРА ЗУН-ТОРЕЙ (ЗАБАЙКАЛЬЕ)\*

*Аннотация.* Впервые изучены основные физико-химические показатели песчаных матов, обнаруженных в содовом озере Зун-Торей. Изучено распространение и морфологическое разнообразие бактерий-деструкторов органического вещества в песчаном мате исследуемого озера. Показано, что численность первичных деструкторов на несколько порядков выше числа клеток вторичных деструкторов.

*Ключевые слова:* содовые озера, песчаный мат, рН, минерализация, бактерии-деструкторы.

На территории Забайкалья насчитывается более 500 содово-соленых озер, отличающихся по степени минерализации, рН и ионному составу воды [1, 61; 2, 299]. В ряде озер отмечено образование бентосных обрастаний микроорганизмов циано-бактериальных матов [3, 36]. Бессточное солоноватое озеро Зун-Торей расположено на границе Читинской области и Монголии. Его средняя глубина около 4,0 м, площадь водного зеркала 302 км<sup>2</sup>. Прозрачность воды составляет до 1,5 м [4, 34]. Озеро примечательно тем, что в береговой зоне обнаружены песчаные маты, которые представляют собой рыхлый песок, проросший цианобактериями. Поверхность песчаного мата покрыта тонкой бактериальной пленкой. Формирование подобных матов в содовых озерах встречается крайне редко.

На настоящий момент данных о гидрохимических и микробиологических исследованиях песчаных матов в исследуемом озере нет.

В связи с этим целью данной работы было изучение физико-химических и микробиологических характеристик песчаного мата содового озера Зун-Торей.

### Объекты и методы

Объектом исследования служил песчаный мат из содового озера Зун-Торей, расположенного на территории Забайкальского края.

Пробы песчаного мата по горизонтам отобраны в сентябре 2009 г. Максимальная толщина мата достигала 7 см.

В полевых условиях проведено определение физико-химических параметров воды в местах отбора проб с помощью портативных приборов [5, 177].

Органический углерод в песчаных матах анализировали методом мокрого сжигания по Тюрину [6, 39]. Оптическую плотность измеряли на фотоэлектрокалориметре КФК-20 (Россия).

рН водной вытяжки песчаных матов измеряли при помощи рН-метра HANNA Instruments (Россия).

Учет численности клеток микроорганизмов проводили методом предельных разведений на элективных средах. Пробы высевали на жидкую или агаризованную минеральную среду состава (г/л):  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  – 0,2;  $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  – 0,1;  $\text{NH}_4\text{Cl}$  – 0,5;  $\text{NaCl}$  – 15; дрожжевой экстракт – 0,05; раствор микроэлементов по Пффеннигу – 1мл/л. Для культивирования

\* © Захарюк А.Г., Козырева Л.П., Егорова Д.В., Намсараев Б.Б.

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов МО РФ РНП.2.1.1./2165, СО РАН № 38 и № 95, РФФИ № 10-04-01185а.

сульфатредуцирующих бактерий к вышеописанной среде добавляли (г/л):  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - 3$ ;  $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} - 0,05$ ; металлическую скрепку или  $\text{FeSO}_4$  вносили в качестве индикатора процесса сульфатредукции. В качестве субстратов вносили: для целлюлозолитиков – полоски фильтровальной бумаги; для сульфатредукторов – лактат натрия (3 г/л). Сапрофитные бактерии определяли на среде РПА:10. Значение pH, соответствующее природному значению в озере, устанавливали соотношениями  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

Морфологию клеток изучали в световом микроскопе Axiostar plus (Karl Zeiss, Германия) с фазовым контрастом при увеличении 1000 х.

### Результаты и обсуждение

Отличительными признаками вод содовых озер являются высокая минерализация и щелочные значения pH.

В момент отбора проб концентрация солей в озере Зун-Торей составила 5,7 г/дм<sup>3</sup>, значение pH воды 9,6. В озере зафиксировано низкое значение окислительно-восстановительного потенциала (Eh) – +55 мВ.

В водной вытяжке песчаного мата значения pH варьировали от 9,68 до 9,23. Максимальное значение pH (9,68) зафиксировано на поверхности мата. Снижение pH отмечено по глубине колонке (рис. 1).

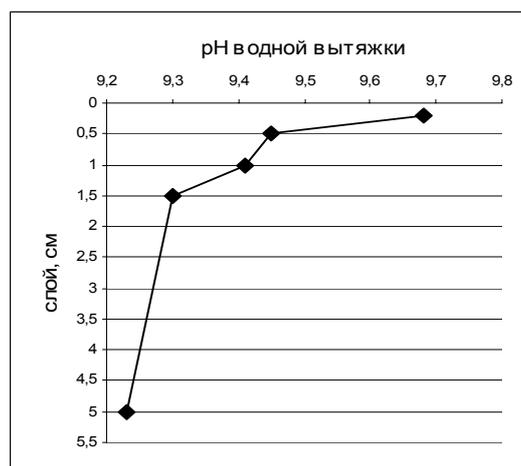


Рис. 1. Значения pH в песчаном мате оз. Зун-Торей по горизонтам

Содержание органического вещества (ОВ) в песчаном мате исследуемого озера было незначительным и составило 1,6-1,7%. Изменение концентрации Сор<sub>г</sub> по слоям не зафиксировано. Низкое содержание ОВ в песчаных матах резко отличает их от цианобактериальных матов, развивающихся в содовых озерах и характеризующихся высокими концентрациями органического вещества (до 19%) [7, 22]. Для типичных цианобактериальных матов характерна ярко выраженная слоистость с чередованием микроорганизмов и минеральных слоев. Исследуемые нами маты были представлены песчаными грунтами, которые, как правило, бедны органикой.

В песчаном мате озера в высокой численности выявлены сапрофитные бактерии-деструкторы и целлюлозоразлагающие бактерии (ЦРБ), осуществляющие аэробное и анаэробное разложение целлюлозы. Численность аэробных и факультативно анаэробных сапрофитных бактерий в мате составляло 3 млн. КОЕ. Колонии сапрофитов на чашках отличались размерами и пигментацией. Выявлены кремовые, желтые и ярко-оранжевые

колонии. Размеры колоний варьируют от 1 до 4-5 мм. Края колоний ровные, профиль выпуклый или каплевидный, реже плоский и вросший в агар.

Максимальная численность аэробных ЦРБ (1 млн. кл/см<sup>3</sup>) зафиксирована в поверхностном слое мата и на глубине 3-5 см. Наименьшее число клеток (10 тыс. кл/см<sup>3</sup>) выявлено в нижнем слое мата на глубине 5-7 см (табл. 1).

Численность анаэробных ЦРБ варьировала от 1 млн. кл/см<sup>3</sup> до 100 млн. кл/см<sup>3</sup>. Наивысшая численность целлюлозолитиков зарегистрирована в поверхностном слое мата. С глубиной численность бактерий, гидролизующих целлюлозу, снижалась.

Образование гидролитическими бактериями низкомолекулярных органических веществ, присутствие сульфатов биогенного и абиогенного происхождения способствуют активной деятельности сульфатредуцирующих бактерий (СРБ).

Максимальная численность сульфатредукторов (100 тыс. кл/см<sup>3</sup>) отмечена в нижних слоях мата, на глубине 5-7 см (табл. 1). Заметного изменения численности СРБ по горизонтам не зафиксировано.

Таблица 1

Численность бактерий-деструкторов в песчаном мате оз. Зун-Торей

Проба, см	Численность, кл/см <sup>3</sup>		
	ЦРБ		СРБ
	аэробы	анаэробы	
поверхность мата	10 <sup>5</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>4</sup>
1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>
1-3	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>
3-5	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>4</sup>
5-7	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>5</sup>

Проведенные микроскопические исследования накопительных культур целлюлозолитических бактерий выявили различные морфотипы клеток. В поверхностном слое мата в большом количестве присутствовали изогнутые палочки, нередко встречались тонкие подвижные палочки, спириллы. Отмечена большая плотность клеток. В нижних слоях песчаного мата преобладали длинные тонкие споровые палочки, встречаются отдельные споры. Можно предположить, что целлюлозоразлагающие бактерии представлены подвижными спорообразующими палочками, что морфологически соответствует роду *Clostridium*.

Микроскопическое исследование СРБ показало доминирование подвижных вибрионов. Реже встречались одиночные палочки, отличающиеся размерами и подвижностью.

Таким образом, нами положено начало в изучении физико-химических и микробиологических характеристик песчаных матов содового озера Зун-Торей. Установлено, что в щелочных условиях озера активно функционирует микробное сообщество, в состав которого входят гидролитические бактерии, осуществляющие первичную деструкцию органического вещества, и сульфатредукторы, разлагающие органические соединения на терминальных этапах. Показано, что число клеток первичных бактерий-деструкторов на несколько порядков выше числа клеток вторичных деструкторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дзюба А.А. Минеральные озера / А.А. Дзюба // География и природные ресурсы. – 2002. – № 2. – С. 61-67.

2. Намсараев Б.Б. Микробные процессы круговорота углерода и условия среды обитания в щелочных озерах Забайкалья и Монголии / Б.Б. Намсараев, З.Б. Намсараев; Труды института микробиологии им. С.Н. Виноградского РАН. – М.: Наука, 2007. – Вып. 14. Алкалофильные микробные сообщества. – С. 299-322.
3. Герасименко Л.М. Цианобактерии, циано-бактериальные сообщества, маты, биопленки / Л.М. Герасименко, Г.Т. Ушатинская // Бактериальная палеонтология. Под ред. А.Ю. Розанова. – М.: ПИН РАН, МГУ, 2002. – С. 36-47.
4. Солоноватые и соленые озера Забайкалья: гидрохимия, биология / отв. ред. Б.Б. Намсараев. – Улан-Удэ: Изд-во Бурятского государственного университета, 2009. – 340 с.
5. Абидуева Е.Ю. Сезонные изменения физико-химических условий среды соленого озера Дабасунур (Юго-Восточное Забайкалье) / Е.Ю. Абидуева, Л.П. Козырева, А.С. Сыренжапова, Б.Б. Намсараев // География и природные ресурсы. – 2008. – № 2. – С. 177-179.
6. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. – М.: Изд-во МГУ, 1961. – С. 39-58.
7. Калашникова О.М. Продукция и состав органического вещества циано-бактериальных матов щелочных водных экосистем Забайкалья: Автореф. дис. канд. биол. наук. – Улан-Удэ, 2006. – 22 с.

A. Zakharyuk, L. Kozyreva, D. Egorova, B. Namsaraev  
PHYSICAL AND CHEMICAL AND MICROBIAL CHARACTERIZATION OF  
SANDY MATE OF SODA LAKE ZUN-TOREI (TRANSBAIKALIA)

*Abstract.* For the first time the basic physical and chemical indicators of the sandy mates which have been found out in soda lake Zun-Torej were studied. Distribution and morphological variety of organic matter of bacteria-destructing of sandy mat of soda lake Zun-Torej were studied. It is shown that, abundance primary of bacteria-destructing on some usages above abundance of cages secondary of bacteria-destructing.

*Key words:* soda lakes, sandy mate, pH, mineralization, bacteria-destructing.