

БИОЛОГИЯ

Микробиология. Зоология. Экология

УДК 579.23 (5-015)
DOI 10.18101/2587-7148-2019-4-4-9

ЦИАНОБАКТЕРИИ ТЕРМАЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ БУРЯТИИ И МОНГОЛИИ

Д. Д. Цыренова, Г. Алтанцэцэг, Г. Орхонтуяа, Д. Д. Бархутова

© **Цыренова Дулма Доржиевна**

кандидат биологических наук, научный сотрудник,
лаборатория микробиологии, Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6;
E-mail: baldanovad@rambler.ru

© **Гандбол Алтанцэцэг**

аспирант медицинского университета «Новая медицина»,
Монголия, 18130, г. Улан-Батор, р-н Сонгинохайрхан-20,
Сонсголон Товчооны зам д/5/2;
E-mail: altantsetseg@ncm.edu.mn

© **Гантулга Орхонтуяа**

аспирант медицинского университета «Новая медицина»,
Монголия, 18130, г. Улан-Батор, р-н Сонгинохайрхан-20, Сонсголон Товчооны зам д/5/2;
E-mail: orkhontuya@ncm.edu.mn

© **Бархутова Дарима Дондоковна**

кандидат биологических наук,
заведующий лабораторией микробиологии,
Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,
Россия, 670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6;
E-mail: darima_bar@mail.ru

Из термальных источников Бурятии и Монголии было выделено 8 монокультур цианобактерий относящихся к родам *Anabaena*, *Phormidium*, *Mastigocladus*, *Leptolyngbya* и *Synechococcus*. Идентификацию и описание культур проводили с помощью микроскопических и молекулярно-биологических методов. Изученные организмы в основном являлись термофилами с оптимумом роста при 40 °С. Цианобактерии источника Ероо (Монголия) были изучены впервые.

Ключевые слова: монокультуры цианобактерий; термальные источники; термофилы.

Для цитирования

Цыренова Д. Д., Алтанцэцэг Г., Орхонтуяа Г., Бархутова Д. Д. Цианобактерии термальных источников Бурятии и Монголии // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2019. № 4. С. 4–9.

Введение

На территории Бурятии и Монголии широко распространены термальные источники (Геохимическая..., 2011). Физико-химические условия источников благоприятно влияют на рост и развитие микробных сообществ, в которых доминирующими являются цианобактерии. Они вносят значительный вклад в циклы основных биогенных элементов, поскольку являются главным источником органического вещества (Заварзин, 2007). Выделение монокультур цианобактерий является важным этапом в изучении их систематического положения, поскольку современная классификация цианобактерий находится в процессе разработки. На настоящий момент в базе данных Gen Bank имеются данные всего 353 штамма цианобактерий (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genome/browse#!/prokaryotes/cyanobacteria>). Исследования рассматриваемых термальных источников расширяют данные по биологическому разнообразию и физико-химическим условиям развития цианобактерий.

Исходя из этого, целью настоящей работы являлось выделение монокультур цианобактерий из термальных источников Бурятии и Монголии и описание их экофизиологических особенностей.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования являлись термальные источники, расположенные в Курумканском и Прибайкальском районах Республики Бурятия (Умхей, Кучигер, Уро, Алла и Горячинск) и Сэлэнгинском аймаке Монголии (Ероо). Микробиологическое исследование источника Ероо было проведено впервые. Отбор проб был проведен в весенне-летний период 2013, 2019 гг.

Выделение культур цианобактерий проводили на агаризованных средах Z8 (Kótai, 1972) с помощью стереоскопического микроскопа МС-2 (Россия) с увеличением 7х-90х. Культивирование проводили в термостате при температуре 40 °С и освещенности 2000 лк. Чистоту культур контролировали микроскопически на микроскопе AxioStar plus (Carl Zeiss, Германия) при увеличении 1000–1250.

Молекулярно-биологическое исследование культур проводили по методике, описанной у Цыреновой Д. Д. (2011).

Результаты и обсуждение

Из экстремальных местообитаний Бурятии и Монголии было выделено 8 термофильных монокультур цианобактерий (см. табл.).

Культура Um-13–2 была выделена из микробного мата источника Умхей (Бурятия) при температуре 43,5 °С, рН 9,21, минерализация 192 мг/л. Трихомы разнообразно изогнутые, до 5 мкм шир. Клетки боченкообразные, 3–5 мкм дл. У поперечных перегородок перешнурованные. Гетероцисты шаровидные или удлиненные, 6 мкм шир., и до 8 дл. Споры боченковидные, 7–10 мкм шир. и 10 мкм дл., вне связи с гетероцистами. По морфологическим характеристикам культура отнесена к *Anabaena* sp. (Голлербах и др., 1953) (рис. 1а). Культура находится на стадии изучения.

Культура Ku-19–1 была выделена из микробного мата источника Кучигер (Бурятия). Температура воды источника была равна 42,7 °С, значения рН находились в щелочной области (9,4), минерализация составляла 209 мг/л. Трихомы прямые, 4 мкм шир., у поперечных перегородок не перешнурованные, к концам суживающиеся и немного согнутые. Длина клеток до 5 мкм. По морфологическим характери-

кам определена как *Oscillatoria animalis* (Еленкин, 1949) или *Phormidium animale* (Komárek, Anagnostidis, 2007) (рис. 1б).

Культура M122, выделенная из микробного мата источника Уро, была определена как *Fischerella thermalis* (Голлербах и др., 1953) или *Mastigocladus laminosus* (Komárek, Anagnostidis, 1999) (рис. 1в). Нити 10–15 мкм шир. Культура является термофилом с оптимумом роста при 45–55 °С. Анализ последовательности гена 16S рРНК штамма M122 показало его сходство на 99% с *Mastigocladus laminosus* ССМEE5272 из Йеллоустонского национального парка. Тем самым получено дополнительное подтверждение космополитности этого вида.

Таблица
 Монокультуры цианобактерий, выделенные из исследованных источников

Культура	Гидротерма	Классификация по Еленкину (1949), Голлербах и др. (1953)	Классификация по Komárek, Anagnostidis (1999, 2007)
Um-13-2	Умхей	<i>Anabaena</i> sp.	-
Ku-19-1	Кучигер	<i>Oscillatoria animalis</i>	<i>Phormidium animale</i>
M122	Уро	<i>Fischerella thermalis</i>	<i>Mastigocladus laminosus</i>
Ero-1	Еро	<i>Ph. foveolarum</i>	<i>Leptolyngbya foveolarum</i>
Ero-2	Еро	<i>Ph. foveolarum</i>	<i>L. foveolarum</i>
Al-19-1	Алла	<i>Ph. fragile</i>	<i>L. fragilis</i>
G-19-1	Горячинск	<i>Synechococcus elongatus</i>	<i>S. bigranulatus</i>
S135	Гагра	<i>S. elongatus</i>	<i>S. bigranulatus</i>

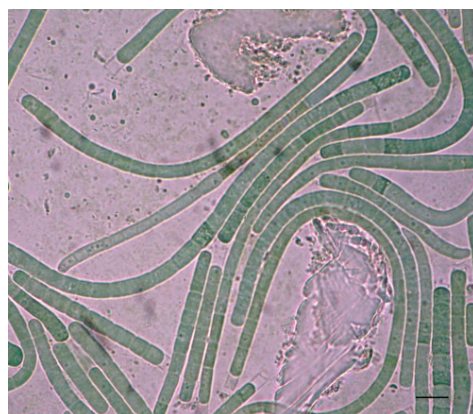
«-» — не определено.

Из микробных матов гидротермы Ероо (Монголия) были выделены две культуры цианобактерий — **Ero-1** и **Ero-2**. Температура воды гидротермы Ероо составляла 41–43 °С, значения рН колебались от 9,27 до 9,34, минерализация была равна 232 мг/л. Трихомы у поперечных перегородок перешнурованные, к концам не суженные, до 2,5 мкм шир. Длина клеток до 3 мкм. Конечные клетки закругленные. На основе морфологических признаков обе культуры, лишь с некоторыми вариациями в размерах, являлись идентичными *Phormidium foveolarum* (Еленкин, 1949) или *Leptolyngbya foveolarum* (Komárek, Anagnostidis, 2007) (рис. 1г). Оптимальной температурой для роста культур являлась температура 40 °С. При снижении температуры культивирования до 30 °С и увеличении до 50 °С рост культур прекращался. Культуры Ero-1 и Ero-2 имели способность к росту при минерализации от 0 до 5 г/л с оптимумом при 5 г/л; при увеличении минерализации (100, 150 г/л) рост угнетался.

Культура Al-19-1 выделена из микробного мата гидротермы Алла (Бурятия). Температура воды источника Алла составляла 36–40 °С, значение рН было равно 8,44, минерализация — 190 мг/л. Трихомы у поперечных перегородок перешнурованные, 2 мкм шир., к концам немного суженные. Длина клеток равна или чуть больше ширины, 2–3 мкм. По морфологии была идентифицирована как *Ph. fragile* (Еленкин, 1949) или как *L. fragilis* (Komárek, Anagnostidis, 2007) (рис. 1д). Культура имела оптимум роста при температура 40 °С, что соответствует природным условиям мест обнаружения.



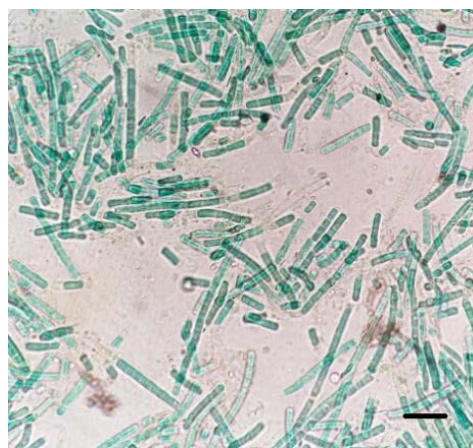
а



б



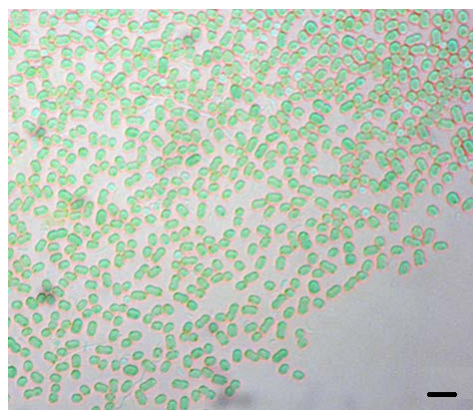
в



г



д



е

Рис. 1. Фото культур цианобактерий, шкала 10 мкм: а — Um-13-2, б — Ku-19-1, в — M122, г — Ego-1, д — Al-19-1, е — S135.

Культуры G-19-1 и S135 выделены из микробных матов источника Горячинский и Гарга (Бурятия), соответственно. Клетки цилиндрические, 1–2 мкм шир., длина больше ширины, 4–5 мкм, одиночные или по 2 вместе. По морфологическим характеристикам были идентифицированы как *S. elongatus* (Голлербах и др., 1953) или как *S. bigranulatus* (Komárek, Anagnostidis, 1999) (рис. 1e). Последовательность гена 16S рНК штамма S135 имело максимальное сходство с некультивируемыми представителями цианобактерий, что говорит о том, что классификация цианобактерий находится в процессе доработки.

Таким образом, из термальных источников Бурятии и Монголии было выделено 8 монокультур цианобактерий. В источнике Ероо (Монголия) цианобактерии были изучены впервые. Изученные организмы являлись термофилами с оптимумом роста при 40 °С, за исключение M122 — оптимум роста 45–55 °С. Культуры были идентифицированы до вида на основе морфологических признаков. С помощью анализа последовательности гена 16S рНК идентифицированы штаммы M122 и S135.

Работа выполнена в рамках темы Госзадания № госрегистрации ААА-А-А17-117011810034-9.

Литература

1. Геохимическая деятельность микроорганизмов гидротерм Байкальской рифтовой зоны / Б. Б. Намсараев, Д. Д. Бархутова, Э. В. Данилова и др. — Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2011. — 302 с. — ISBN 978-5-904682-47-4.
2. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Госуд. изд-во «Советская наука», 1953. Вып. 2. 398 с.
3. Еленкин А. А. Синезеленые водоросли СССР. Специальная часть. М.— Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Вып. 2. С. 990.
4. Заварзин Г. А. Образование содовых условий как глобальный процесс. / Труды института микробиологии им. С. Н. Виноградского. Вып. 14: Алкалофильные микробные сообщества / отв. Ред. В. Ф. Гальченко. — М.: Наука, 2007. — С. 8–57.
5. Цыренова Д. Д., Брянская А. В., Намсараев З. Б., Акимов В. Н. Таксономическая и экологическая характеристика цианобактерий некоторых солоноватых и соленых озер Южного Забайкалья // Микробиология, 2011, том 80, № 2, с. 230–240.
6. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokariota 1. Teil: Chroococcales // Süßwasserflora von Mitteleuropa / Herausgegeben von Ettl H., Gärtner G., Heynig H., Mollenhauer D. Jena, Stuttgart, Lübeck, Ulm; G. Fischer, 1999. Bd. 19/1. 548 p.
7. Komárek J., Anagnostidis K. Cyanoprokariota 2. Teil: Oscillatoriales // Süßwasserflora von Mitteleuropa / Herausgegeben von B. Büdel, G. Gärtner, L. Krienitz, M. Schagerl, 2007. Bd. 19/2. 759 p.
8. Kótai, J. 1972. Instruction for preparation of modified nutrient solution Z8 for algal. NIVA B-11/69.

CYANOBACTERIA OF THERMAL SPRINGS
OF BURYATIA AND MONGOLIA

D. D. Tsyrenova, G. Altantsetseg, G. Orhontuya, D. D. Barkhutova

Dulma D. Tsyrenova

Cand. Sci. (Biol.), Researcher,
Laboratory of Microbiology, Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova st., 6;
E-mail: baldanovad@rambler.ru

Handball Altanzag

Postgraduate Student, Medical University «New Medicine»,
Mongolia, 18130, Ulaanbaatar, Songinoheirhan-20 District, Songolon Tovchoony Road, 5/2;
Email: altantsetseg@ncm.edu.mn

Gantulga Orkhontuya

Postgraduate Student, Medical University «New Medicine»,
Mongolia, 18130, Ulaanbaatar, Songinoheirkhan-20 District, Songolon Tovchoony Road
5/2; Email: orkhontuya@ncm.edu.mn

Darima D. Barhutova

Cand. Sci. (Biol.), Head of the Laboratory of Microbiology,
Institute of General and Experimental Biology SB RAS,
Russia, 670047, Ulan-Ude, Sakhyanova st., 6;
E-mail: darima_bar@mail.ru

8 monocultures of cyanobacteria belonging to the genera Anabaena, Phormidium, Mastigocladus, Leptolyngbya and Synechococcus were isolated from the thermal springs of Buryatia and Mongolia. Identification and description of cultures was carried out using microscopic and molecular biological methods. The studied organisms were mainly thermophiles with optimum growth at 40 °C. The cyanobacteria of the spring Eroo (Mongolia) were studied for the first time.

Keywords: monocultures of cyanobacteria; thermal springs; thermophiles.