

# БИОЛОГИЯ

## Экология

*Научная статья*

УДК 579.26, 579.63

DOI 10.18101/2587-7143-2021-3-4-13

### САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ БУРЯТИИ

© **Банзаракцаева Туяна Геннадьевна**

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

© **Конон Елена Ростиславовна**

лаборант-бактериолог, Республиканский клинический  
противотуберкулезный диспансер им. Г. Д. Дугаровой  
Россия, 670004, г. Улан-Удэ, ул. Батожабая, 10  
koero@mail.ru

© **Лаврентьева Елена Владимировна**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, старший преподаватель,  
Бурятский государственный университет им. Д. Банзарова  
670000, г. Улан-Удэ, ул. Сухэ-Батора, 24а  
lena\_1@mail.ru

**Аннотация.** Была изучена санитарно-экологическая обстановка в местах активного использования минеральных вод и лечебных грязей холодных источников Бурятии: Буксыхен, Кучигер-глазной (подножие Баргузинского хребта) и Ута-Булаг (Нижне-Оронгойская котловина). В статье определены факторы среды обитания, влияющие на функционирование микробного сообщества. Представлены результаты сравнительного анализа физико-химических параметров исследованных источников. Анализ распространения и численности индикаторных микроорганизмов показал, что воды источников, используемые в бальнеологических целях, по микробиологическим показателям соответствуют санитарно-бактериологическим нормам.

**Ключевые слова:** холодные источники, санитарно-бактериологические показатели, сапрофитные бактерии, общие колиформные бактерии (ОКБ), термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ).

#### **Благодарности**

Работа выполнена в рамках темы госзадания ИОЭБ СО РАН № 121030100229-1.

#### **Для цитирования**

*Банзаракцаева Т. Г., Конон Е. Р., Лаврентьева Е. В.* Санитарно-микробиологическая характеристика холодных источников Бурятии // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2021. № 3. С. 4–13.

**Введение.** Байкальский регион представляет обширную область природных водных объектов, где сосредоточены огромные запасы пресной воды, многочисленные выходы минеральных источников. Широко распространены холодные источники различного химического состава, которые относятся к постоянно холодным местообитаниям. Фундаментальные исследования показывают, что постоянно холодные экосистемы успешно колонизированы микроорганизмами, способными процветать при низких температурах [1–5]. Эти микроорганизмы играют ключевую экологическую роль в их среде обитания. Микроорганизмы различных физиологических групп выступают в роли индикаторов состояния окружающей среды. Также микробные сообщества имеют большое значение и в создании лечебного фактора минеральных вод, и в процессах самоочищения. На территории Республики Бурятия использование холодных минеральных источников (аршанов) с целью оздоровления происходит с давних пор и на многих продолжается или возобновляется в наши дни. В настоящее время легкость многих бальнеологических объектов приводит к значительной антропогенной нагрузке. В связи с этим существует необходимость изучения санитарно-экологической обстановки в местах активного использования минеральных вод и лечебных грязей.

Целью данной работы было выявление и учет индикаторных микроорганизмов для санитарно-микробиологической оценки холодных источников Бурятии.

**Объекты и методы.** Объектами исследований являлись холодные источники Республики Бурятия: источник Кучигер-глазной, северо-западный борт Баргузинской впадины (N54°58'07,7" E110°59'03,03"), 5 выходов воды источника Буксыкен, подножие Баргузинского хребта (N53°59'41.2" E110°02'00.9") и 11 выходов источника Ута-Булаг, Нижне-Оронгойская впадина (N51°38'00" E107°07'50) (рис. 1).

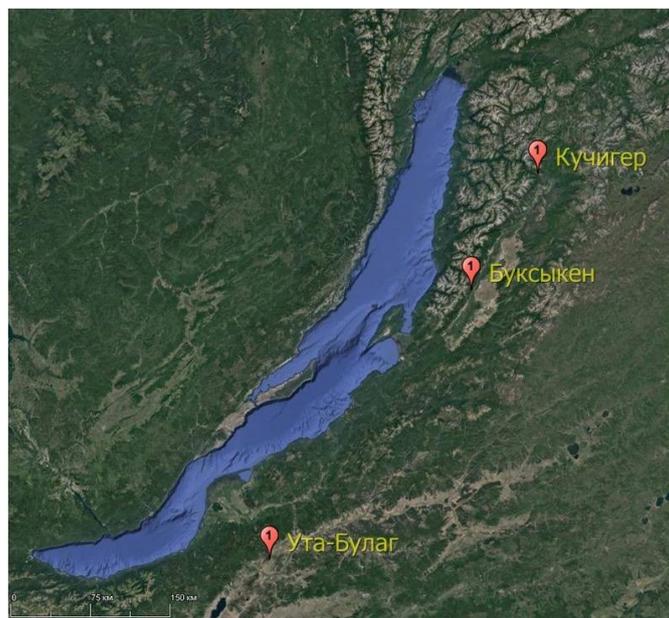


Рис. 1. Местоположение холодных источников: Кучигер-глазной, Буксыкен и Ута-Булаг (карта составлена в программе SAS.Планета)

Отбор проб проводили в различные сезоны 2019 года. В местах отбора проб температуру воды измеряли сенсорным электротермометром Prima (Португалия), кислотность среды (рН) — портативным рН-метром рНer2 (Португалия), значения общей минерализации — портативным тестер-кондуктометром TDS — 4 (Сингапур), Eh — измерителем редокс-потенциала ORP (Португалия).

Пробы воды и донных осадков для бактериологических исследований отбирали в стерильную посуду. До проведения анализов пробы хранили в темноте при температуре *in situ* или в холодильнике.

Отбор проб и посев с дальнейшей идентификацией проводились по следующим нормативным документам:

- Санитарно-микробиологический анализ лечебных грязей: методические указания МУ 143-9/316-17;
- Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды: методические указания МУ 4.2.1018-01;
- ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые»; и общепринятые руководства<sup>1</sup> [6].
- Общая и санитарная микробиология / под редакцией А. С. Лабинский, Е. Г. Волиной. Москва: Бином, 2008;
- Энтеробактерии: руководство для врачей / под ред. В. И. Покровского. Москва: Медицина, 1985.

**Результаты и обсуждение.** Функционирование микробного сообщества зависит от множества факторов среды обитания. Основными физико-химическими показателями для деятельности микроорганизмов являются температура, рН, общая минерализация, доступность кислорода и т. д., которые были определены в местах проведения исследований и отбора проб в различные сезоны 2019 года.

Исследуемые источники характеризуются постоянно низкой температурой воды, слабощелочными значениями рН и низкой минерализацией независимо от сезона (табл. 1, 2). Исследования гидрохимических показателей в других холодных источниках нашего региона также показывают в различные сезоны стабильность данных параметров [7]. Практически все источники имели положительные значения редокс-потенциала. Вода источника Буксыхен-глазной в летнее время имела более высокую температуру 7,4 °С и более окисленные условия, по сравнению с другими выходами источников, что связано с низким дебитом воды, небольшим объемом и более стагнационными условиями в воронке с водой. Вода источника Кучигер-глазной отличалась восстановленными условиями, значения редокс-потенциала составили 175 мВ.

Сравнительный анализ физико-химических параметров показал, что воды источников Ута-Булаг имеют минерализацию на порядок выше, чем остальные источники. Тем не менее минерализация была ниже 1 г/дм<sup>3</sup>, что соответственно позволяет отнести воды источников Ута-Булаг к слабоминерализованным.

<sup>1</sup> Руководство по медицинской микробиологии: руководство. Кн. 1. Общая и санитарная микробиология / под ред. А. С. Лабинской, Е. Г. Волиной. Москва: БИНОМ, 2008. 1080 с.

Таблица 1  
Физико-химические параметры воды источников Буксыхен и Кучигер

Источник	Время отбора	Т, °С	рН	М, г/дм <sup>3</sup>	Еh, мВ
Буксыхен-глазной	август	7,4	8,51	0,034	+70
	декабрь	3,0	8,43	0,042	+165
Буксыхен-щитовидный	август	4,5	8,6	0,029	+140
	декабрь	3,9	8,16	0,055	+142
Буксыхен-сердечный	август	4,5	8,71	0,029	+100
	декабрь	3,8	8,42	0,049	+155
Буксыхен-желудочный	август	4,2	8,8	0,029	+130
	декабрь	3,5	8,28	0,068	+145
Буксыхен-печеночный	август	4,2	9,12	0,028	+180
	декабрь	3,5	8,43	0,051	+146
Кучигер-глазной	август	3,5	8,72	0,098	-175

«М» — минерализация.

Таблица 2  
Физико-химические параметры воды источников Ута-Булаг

Номер выхода	Время отбора	Т, °С	рН	М, г/дм <sup>3</sup>	Еh, мВ
1	май	4,5	7,98	0,202	+222
	ноябрь	3,9	7,53	0,203	+116
2	май	4,7	7,7	0,220	+195
	ноябрь	4,7	7,81	0,196	+113
3	май	4,8	7,72	0,185	+171
	ноябрь	4,5	7,68	0,196	+119
4	май	4,2	7,59	0,200	+165
	ноябрь	4,2	7,46	0,192	+114
5	май	4,7	7,69	0,169	+147
	ноябрь	4,6	7,59	0,191	+114
6	май	4,5	7,64	0,170	+154
	ноябрь	4,3	7,64	0,169	+122
7	май	4,6	7,95	0,180	+152
	ноябрь	-	-	-	-
8	май	4,9	7,69	0,180	+147
	ноябрь	5,0	7,67	0,181	+120
9	май	4,7	7,65	0,209	+130
	ноябрь	-	-	-	-
10	май	4,3	7,62	0,174	+160
	ноябрь	-	-	-	-
11	май	4,4	7,68	0,167	+159
	ноябрь	4,4	7,41	0,193	+116

М — минерализация.

— — нет данных (отбор проб не проводился в связи с отсутствием воды в источниках).

Несмотря на некоторые различия по физико-химическим параметрам, в целом воды исследуемых источников можно охарактеризовать как постоянно холодные, слабощелочные с низкой минерализацией. Сапрофитные микроорганизмы используют в качестве косвенного показателя присутствие в воде легкоусвояемых органических веществ и дают незаменимую информацию о качестве воды в водоемах.

Общая микробная численность (ОМЧ) бактерий — базовый показатель. ОМЧ выявляет бактерии, потенциально способные причинить вред здоровью. Этот показатель достаточно информативен, так как высокая ОМЧ является индикатором загрязнения органическими соединениями (например, содержащимися в фекалиях) и различными формами азота. С другой стороны, в ОМЧ входят как опасные бактерии (например, высокопатогенный штамм кишечной палочки *Escherichia coli*), так и практически безвредные и повсеместно встречаемые сальные палочки (*Bacillus subtilis*).

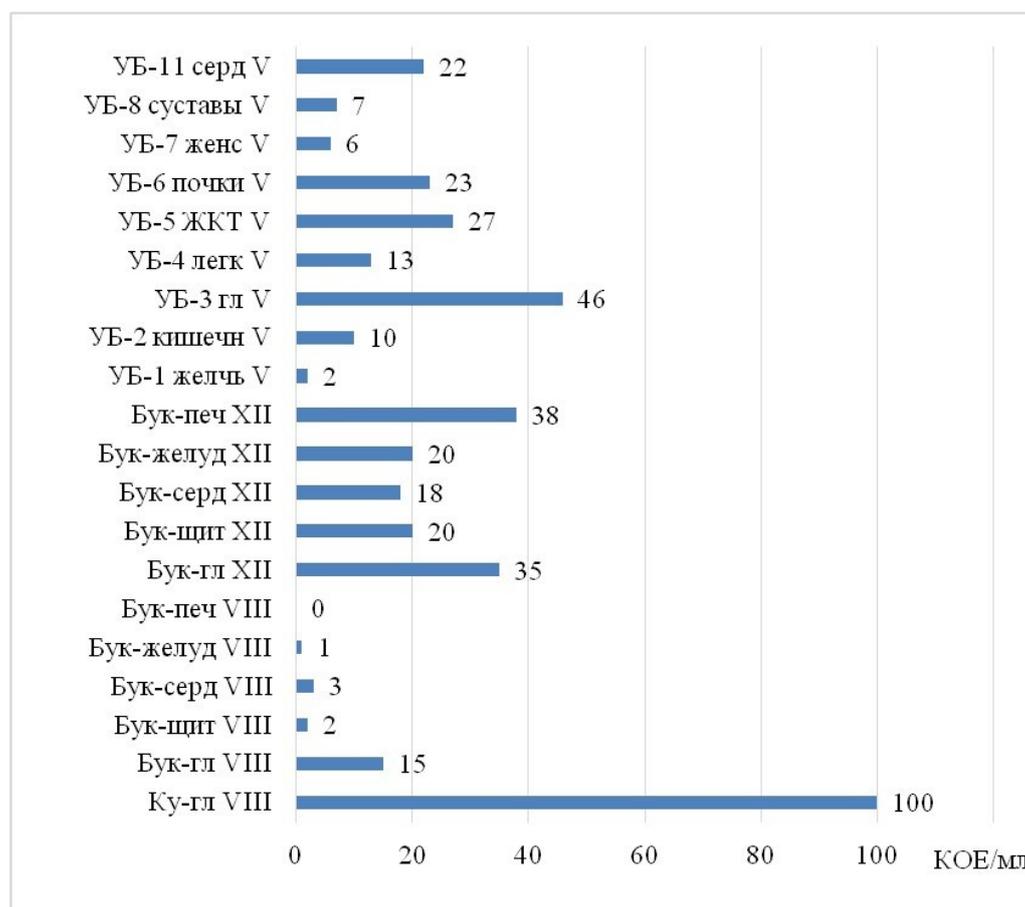


Рис. 2. Количество КОЕ/мл из проб воды холодных источников (обозначения: Бук — Буксыхен, УБ — Ута-Булаг, Ку — Кучигер; римские цифры — период отбора проб: V — май, VIII — август, XII — декабрь)

Общее количество сапрофитов в воде холодных источников варьировало от 0 до 100 КОЕ/мл (рис. 2). По сезонности наименьшая обсемененность наблюдалась в летние месяцы. Увеличение ОМЧ в зимний период, вероятно, обусловлено увеличением органического вещества, аккумулированным за осенний период. Характерно, что высокие показатели ОМЧ были зафиксированы именно в пробах воды всех трех глазных источников (Ку-гл VIII — 100 КОЕ/мл, Бук-гл XII — 35 КОЕ/мл, УБ-3 гл V — 46 КОЕ/мл), что, вероятно, обусловлено отсутствием активной разгрузки и стагнационными условиями воды в этих источниках.

Во всех пробах донных осадков исследуемых холодных источников показатели ОМЧ более 100 КОЕ/мл, чему способствует более высокое содержание органического вещества в осадках и высокая контаминация с окружающей средой (рис. 3). Сезонные исследования не выявили динамики ОМЧ в донных осадках.

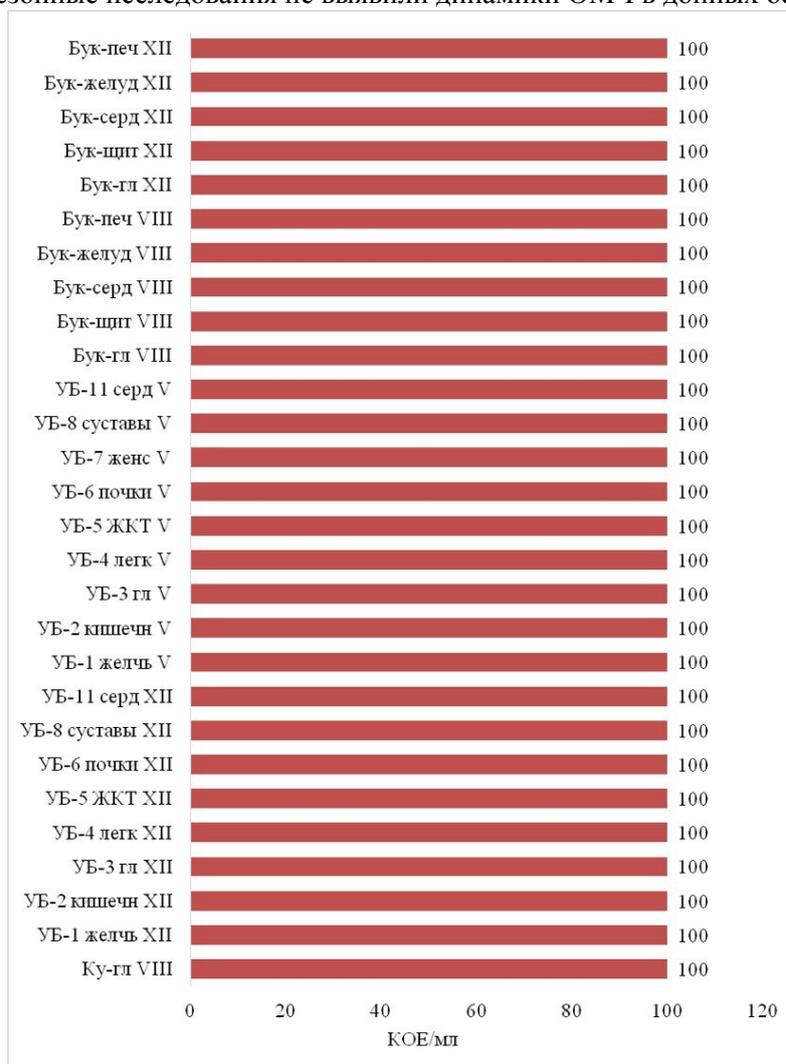


Рис. 3. Количество КОЕ/мл в донных осадках холодных источников (обозначения: Бук — Буксыхен, УБ — Ута-Булаг, Ку — Кучигер; римские цифры — период отбора проб: V — май, VIII — август, XII — декабрь)

Необходимо отметить, что в целом количество КОЕ/мл в водах исследуемых источников, которые используются в лечебных целях пероральным методом, было значительно ниже, чем в донных осадках.

Результаты исследования показали, что количество сапрофитных бактерий в воде исследуемых источников Бурятии не превышали допустимые нормы. Согласно методическим указаниям МУ 4.2.1018-01 «Санитарно-микробиологический анализ питьевой воды» и ГОСТ Р 54316-2011 «Воды минеральные природные питьевые» вода холодных источников может использоваться населением для внутреннего применения.

Наиболее признанными и распространенными во всем мире санитарно-показательными микроорганизмами являются общие колиформные бактерии (ОКБ). Количественный учет этой микрофлоры свидетельствует об уровне фекального загрязнения среды и является косвенным показателем эпидемической безопасности.

Группу ОКБ формируют бактерии семейства *Enterobacteriaceae* (*Citrobacter*, *Enterobacter*, *Klebsiella*). Многие представители этой группы относятся к нормальной микрофлоре желудка, поэтому превышение ОКБ может говорить о возможном фекальном загрязнении, связанном с деятельностью человека. Однако в данной группе могут встречаться и свободноживущие микробы, которые не представляют опасности для здоровья.

Результаты определения присутствия общих колиформных бактерий (ОКБ), термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) в воде были отрицательными, т. е. данные группы бактерий не были выявлены. Однако в ходе исследований были обнаружены и выделены условно-патогенные бактерии в воде источников Буксыхен и Кучигер-глазной (табл. 3). В воде источников Ута-Булаг эти виды бактерий не были обнаружены.

Таблица 3

Выделенные культуры условно-патогенных бактерий  
 из проб воды холодных источников, КОЕ/100 мл

Наименование источника	Наименование пробы	<i>Bacillus firmus</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pseudomonas fragi</i>	<i>Acinetobacter johnsonii</i>
Ута-Булаг	УБ-1 желчь	-	-	-	-
	УБ-2 кишечн	-	-	-	-
	УБ-3 гл	-	-	-	-
	УБ-4 легк	-	-	-	-
	УБ-5 ЖКТ	-	-	-	-
	УБ-6 почки	-	-	-	-
	УБ-7 женс	-	-	-	-
	УБ-8 суставы	-	-	-	-

Т. Г. Банзарацзева, Е. Р. Конон, Е. В. Лаврентьева. Санитарно-микробиологическая характеристика холодных источников Бурятии

	УБ-11 серд	-	-	-	-
Буксыхен	Бук-гл	+	+	-	-
	Бук-щит	-	-	-	-
	Бук-серд	+	+	-	-
	Бук-желуд	+	-	-	-
	Бук-печ	-	+	+	-
Кучигер	Ку-гл	-	-	-	+

В донных осадках исследуемых холодных источников спектр условно-патогенных бактерий был шире (табл. 4).

Таблица 4

Выделенные культуры условно-патогенных бактерий из проб донных осадков холодных источников

Источник	Наименование пробы											
		<i>Bacillus cereus</i>	<i>Bacillus licheniformis</i>	<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Aeromonas media</i>	<i>Aeromonas salmonicida</i>	<i>Yersinia intermedia</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	<i>Serratia fonticola</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	<i>Pseudomonas fragi</i>	<i>Acinetobacter johnsonii</i>
Ута-Булаг	УБ-1 желчь	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-2 кишечн	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-3 гл	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-4 легк	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-5 ЖКТ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-6 почки	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-7 женс	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	УБ-8 суставы	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
УБ-11 серд	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Буксыхен	Бук-гл	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-
	Бук-щит	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
	Бук-серд	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-	-
	Бук-желуд	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Бук-печ	-	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
Кучигер	Ку-гл	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Здесь же были обнаружены и ОКБ — *Yersinia intermedia*, *Serratia liquefaciens*, *Serratia fonticola*. *Yersinia* занимает значительное место среди условно-патогенных энтеробактерий. Установлено, что бактерии рода *Yersinia* являются факультативными внутриклеточными паразитами, способны к продукции токсинов и ферментов агрессии. Вызываемые ими заболевания носят генерализованный характер и протекают преимущественно с поражением лимфоидной ткани.

У бактерий рода *Serratia* установлена способность вызывать бактериемию у стационарных больных и наркоманов.

ТКБ в основном бывают представлены кишечной палочкой *Escherichia coli* и являются более достоверным индикатором загрязнения продуктами жизнедеятельности. Этот показатель свидетельствует о свежем фекальном загрязнении. В пробах донных осадков исследуемых источников ТКБ не были обнаружены.

Таким образом, исследуемые источники Буксыхен, Ута-Булаг и Кучигерглазной являются постоянно холодными, слабоминерализованными (пресными) и слабощелочными. Эти воды представляют ценность как нативные слабоминерализованные (пресные) и могут употребляться для питья и приготовления пищи, для целей розлива без специальной реагентной водоподготовки. Изучение распространения и численности индикаторных микроорганизмов позволило дать оценку качества воды источников по микробиологическим показателям. Вода в выходах соответствует санитарно-бактериологическим нормам, согласно требованиям СанПиН (норма для питьевого и хозяйственного использования: ОКБ — не более 1000 КОЕ/мл, ТКБ — не более 100 КОЕ/мл; для нецентрализованного водоснабжения: ОМЧ — не более 100 КОЕ/мл) (СанПиН 2.1.5.980-00; СанПиН 2.1.4.1175-02)<sup>1</sup>.

#### Литература

1. Anesio A. M., Lutz S., Christmas N. A. M., Benning L. G. The microbiome of glaciers and ice sheets // NPJ Biofilms Microbiomes. 2017. V. 3. № 10. doi:10.1038/s41522-017-0019-0
2. Boetius A., Anesio A. M., Deming J. W., Mikucki J. A., Rapp J. Z. Microbial ecology of the cryosphere: sea ice and glacial habitats // Nat. Rev. Microbiol. 2015. V. 13, №11. P. 677–690. doi:10.1038/nrmicro3522
3. Hotaling S., Finn D. S., Joseph Giersch J., Weisrock D. W., Jacobsen D. Climate change and alpine stream biology: progress, challenges, and opportunities for the future // Biol Rev Camb Philos Soc. 2017. V. 92, № 4. P. 2024–2045. doi: 10.1111/brv.12319.
4. Margesin R., Miteva V. Diversity and ecology of psychrophilic microorganisms // Res Microbiol. 2011 V. 162. № 3. P. 346–361. doi: 10.1016/j.resmic.2010.12.004.
5. Martin A., McMinn A. Sea ice, extremophiles and life on extra-terrestrial ocean worlds // Int J Astrobiol. 2018. V. 17. №1. P. 1–16.
6. Голубева И. В., Килессо В. А., Киселева Б. С. Энтеробактерии: руководство для врачей / под редакцией В. И. Покровского. Москва: Медицина, 1985. 321 с. Текст: непосредственный.
7. Ульзетуева И. Д., Хахинов В. В. Гидрохимическая характеристика минеральных источников Юго-Западного Забайкалья // Водные ресурсы. 2011. Т. 38, № 5. С. 585–592. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 02.09.2021; одобрена после рецензирования 06.09.2021; принята к публикации 01.10.2021.

<sup>1</sup> СанПиН 2.1.4.1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения. Санитарная охрана источников»; СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»;

SANITARY AND MICROBIOLOGICAL CHARACTERISTICS  
OF COLD SPRINGS IN BURYATIA

*Tuyana G. Banzaraktsaeva*

Cand. Sci. (Biol.), Researcher,  
Institute of General and Experimental Biology SB RAS  
6 Sakhyanovoy St., Ulan-Ude 670047, Russia  
tuyana\_banz@mail.ru

*Elena R. Konon*

Assistant Bacteriologist,  
Dugarov Republican Clinical Antituberculosis Dispensary  
10 Batozhabaya St., Ulan-Ude 670004, Russia  
koero@mail.ru

*Elena V. Lavrentyeva*

Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Senior Lecturer,  
Dorzhi Banzarov Buryat State University  
24a Smolina St., Ulan-Ude 670000, Russia  
lena\_1@mail.ru

*Abstract.* We have studied the sanitary and environmental situation in the places of active use of mineral waters and therapeutic muds of cold springs in Buryatia, such as Buksykhen, Kuchiger spring for eyes (the foot of Barguzinsky Ridge) and Uta-Bulag (Nizhne-Orongoiskaya Basin). The article identifies environmental factors affecting the functioning of microbial community, as well as the physicochemical parameters of the investigated springs. An analysis of the distribution and abundance of indicator microorganisms showed that the waters of the springs used for balneotherapy correspond to the sanitary and bacteriological standards.

*Keywords:* cold springs, sanitary and bacteriological indicators, saprophytic bacteria, general coliform bacteria (GCB), thermotolerant coliform bacteria (TCB).

*Acknowledgments.* The research was carried out within the framework of the state assignment of Institute of General and Experimental Biology SB RAS No. 121030100229-1.

*For citation*

Banzaraktsaeva T. G., Konon E. R., Lavrentyeva E. V. Sanitary and Microbiological Characteristics of Cold Springs in Buryatia. *Bulletin of Buryat State University. Biology, Geography.* 2021; 3: 4–13 (In Russ.).

*The article was submitted 02.09.2021; approved after reviewing 06.09.2021; accepted for publication 01.10.2021.*