

## САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВОД

УДК 502.3:658.597.622.33

DOI: 10.15372/GIPR20220517

Г.В. ПОДЛЕСНАЯ, А.Д. ГАЛАЧЬЯНЦ, Ю.Р. ШТЫКОВА, М.Ю. СУСЛОВА,  
Е.А. ЗИМЕНС, М.М. МАКАРОВ, О.А. ТИМОШКИН, О.И. БЕЛЫХ

Лимнологический институт СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 3, Россия,  
podlesnaya@lin.irk.ru, agniagal@lin.irk.ru, julis83@yandex.ru, msuslova1979@mail.ru, zimens@lin.irk.ru,  
mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru, tim@lin.irk.ru, belykh@lin.irk.ru

### САНИТАРНО-МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД ЗАЛИВА ЛИСТВЕННИЧНЫЙ В ПЕРИОД ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ВОДНОСТИ ОЗЕРА БАЙКАЛ

*Исследовано качество вод зал. Лиственничный по санитарно-микробиологическим показателям в период открытой воды в годы экстремальной водности оз. Байкал (2017–2021 гг.). Показано, что уровень фекального загрязнения в зал. Лиственничный не зависел от уровня и температуры воды, а менялся в зависимости от сезона и значительно различался на отдельных станциях отбора проб. В летне-осенний период наблюдалась значительно более высокая численность санитарно-показательных микроорганизмов по сравнению с весенним, что можно связать с возрастающей по ходу сезона антропогенной нагрузкой. Максимальные значения численности термотолерантных колиформных бактерий и энтерококков определены на станциях, где в озеро попадают неочищенные сточные воды. На других станциях, включая фоновую, в большинстве случаев отмечено соответствие качества вод требованиям СанПиН 1.2.3685-21. В межгодовой динамике различий в численности термотолерантных колиформных бактерий и энтерококков не выявлено. Установлено, что в период экстремально низкой водности Байкала (2017 г.) численность автохтонных и аллохтонных органотрофных микроорганизмов была значительно выше, чем в годы высокой водности (2018–2021 гг.). Кроме того, в осенний период численные значения обеих групп были близки, что может указывать на загрязнение вод зал. Лиственничный легкоразлагаемыми органическими веществами и на незавершенность процессов самоочищения.*

**Ключевые слова:** колиформные бактерии, энтерококки, органотрофные бактерии, уровень воды, поверхностная вода, мониторинг.

G.V. PODLESNAYA, A.D. GALACHYANTS, Yu.R. SHTYKOVA, M.Yu. SUSLOVA,  
E.A. ZIMENS, M.M. MAKAROV, O.A. TIMOSHKIN, O.I. BELYKH

Limnological Institute, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 3, Russia, podlesnaya@lin.irk.ru, agniagal@lin.irk.ru, julis83@yandex.ru,  
msuslova1979@mail.ru, zimens@lin.irk.ru, mmmsoft@hlserver.lin.irk.ru, tim@lin.irk.ru, belykh@lin.irk.ru

### SANITARY-MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY IN THE LISTVENNICHNYI BAY AT THE PERIOD OF EXTREMELY HIGH WATER LEVEL IN LAKE BAIKAL

*The water quality in the Listvennichnyi Bay has been investigated in terms of sanitary and microbiological indicators during the period of open water in the years of extreme water level in Lake Baikal (2017–2021). It was shown that the degree of fecal pollution in the Listvennichny Bay didn't correlate with the water level or temperature, but related to the season and significantly varied on the different sampling stations. The abundance of sanitary-indicator microorganisms in the summer-autumn period was significantly higher compared to the spring period which could be due to the raising anthropogenic impact through the season. Maximum abundance of thermotolerant coliform bacteria and Enterococci was determined at two sampling stations where raw waste waters reached the lake. At the other sampling stations including the background monitoring station, the water quality was mostly consistent with the SanPiN 1.2.3685-21 requirements. The interannual dynamics showed no significant differences in the thermotolerant coliform bacteria and Enterococci abundance. In the period of extremely low water level in Lake*

© 2022 Подлесная Г.В., Галачьянц А.Д., Штыкова Ю.Р., Суслова М.Ю.,  
Зименс Е.А., Макаров М.М., Тимошкин О.А., Белых О.И.

*Baikal (2017) the abundance of autochthonous and allochthonous organotrophic microorganisms was significantly higher compared to the high-water years (2018–2021). Also, the abundance of both groups of microorganisms was similar in the autumn period, which can indicate the pollution of the Listvennichny Bay with easily decomposable organic matter and incompleteness of self-purification processes.*

**Keywords:** coliform bacteria, enterococci, organotrophic bacteria, water level, surface water, monitoring.

## ВВЕДЕНИЕ

Озеро Байкал — крупнейший резервуар чистой воды (23 тыс. км<sup>3</sup>), объем которой составляет 20 % всех пресных вод озер и рек нашей планеты [1]. Байкальская вода отличается высоким качеством, что предопределяет ее стратегическое значение как источника питьевой воды не только для России, но и для мирового сообщества. Мониторинг санитарно-микробиологических показателей позволяет определить соответствие вод гигиеническим нормам, выявить источники фекального загрязнения.

В Российской Федерации с 1 января 2022 г. соответствие качества поверхностных водных источников регламентируется санитарными правилами СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [2].

Согласно нормативам, в поверхностных водах, используемых для рекреации, индикаторный показатель «общие (обобщенные) колиформные бактерии» (ОКБ) не должен превышать 500 КОЕ/100 мл, индексные показатели, отражающие степень фекального загрязнения, «термотолерантные колиформные бактерии» (ТКБ) и «энтерококки», — 100 и 10 КОЕ/100 мл соответственно. Дополнительную информацию о санитарном состоянии водоема, источниках загрязнения и процессах самоочищения позволяет получить показатель «общее микробное число» (ОМЧ) [2–4]. Показатель ОМЧ позволяет оценить общую микробную обсемененность водного объекта. Данный показатель в водоемах не нормируется, поскольку уровень этой группы микроорганизмов в большей мере зависит от природных особенностей каждого объекта, времени года и т. д. [3]. Значимыми являются не абсолютные значения показателя, а их динамика в отдельных точках отбора воды.

Известно, что в последнее время происходит рост негативных воздействий на экосистему Байкала, связанных со сбросом некачественно очищенных сточных вод крупных населенных пунктов, расположенных на побережье, увеличением рекреационной нагрузки, ростом числа судов и др. [5–7].

Помимо мониторинга бактериологического качества воды в озере, проводится постоянное отслеживание другого важного параметра, влияющего как на экологию прибрежной зоны, так и на качество водоснабжения населенных пунктов Иркутской области, — уровень воды в оз. Байкал [8].

Известно, что уровень Байкала испытывает сезонные и многолетние изменения. До 1959–1960 гг. режим уровня озера был связан только с климатическими процессами. Возведение плотины Иркутской ГЭС привело к зарегулированию стока и повышению уровня озера в среднем на 77 см [9]. В период с 1996 по 2017 г. наблюдалось существенное уменьшение поступления поверхностных вод в Байкал. Аномально низкая водность в 2014–2017 гг. стала причиной выхода уровня озера на отметки ниже законодательно установленного минимума (456 м тихоокеанской системы высот (ТО)) и обострения проблем водоснабжения в некоторых районах Республики Бурятия и в нижнем бьефе Иркутской ГЭС [10, 11]. Вследствие малой приточности воды сильно обмелели и даже осушились мелководные части озера — придельтовые территории, заливы, соры. Эти акватории сильно прогреваются, что привело к зарастанию прибрежных частей водной растительностью и сказалось на благополучии биоты [12]. Переломным стал 2018 г. — средний по водности после четырех аномально маловодных лет [10, 11], а в 2021 г. уровень воды в Байкале превысил критическую отметку (457 м ТО). Максимальный уровень воды в Байкале за весь период наблюдений был зафиксирован на отметке 457,38 м. В период многоводных лет середины 1990-х гг. (при превышении уровня 457 м ТО) были разрушены береговые линии низменного восточного побережья, нанесен огромный экологический ущерб всему природно-биологическому комплексу озерной системы [12]. В настоящий момент исследователи полагают, что подъем уровня воды в Байкале не только уничтожит всю уникальную экосистему мелководий в дельтах Верхней Ангары, Кичеры, Селенги, но также может негативно сказаться на качестве озерной воды.

Цель данной работы — проведение санитарно-микробиологической оценки качества вод зал. Лиственничный в период экстремальной водности оз. Байкал.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Отбор проб поверхностной воды осуществляли согласно ГОСТ 31942-2012 на восьми станциях прибрежной зоны пос. Листвянка в период открытой воды с 2017 по 2021 гг. Станции 1–7 распола-

Рис. 1. Карта станций отбора проб.

Станции отбора проб: Ст. 1 — Причал-Баржа, Ст. 2 — напротив устья р. Крестовки, Ст. 3 — Почта, Ст. 4 — Пирс ЛИН СО РАН, Ст. 5 — Нерпинарий, Ст. 6 — Больница, Ст. 7 — пляж за мысом, Ст. 8 — Фоновая.



гались на расстоянии 1,5–2 м от береговой линии озера, станция 8 — на расстоянии 100 м от берега (рис. 1).

Всего отобрано и проанализировано 215 проб. Температуру в местах пробоотбора измеряли с помощью портативного термометра. Анализ и интерпретацию результатов проводили согласно МУК 4.2.1884-04, ГОСТ 24849-2014 и СанПиН 1.2.3685-21 [2, 3, 13]. Для определения численности автотонной микрофлоры, естественной для данного водоема (ОМЧ 22 °С), использовали рыбо-пептонный агар, разбавленный в 10 раз. Посевы инкубировали при 22 °С в течение 7 сут [14]. Численность аллохтонной микрофлоры, привнесенной в водоем в результате антропогенного загрязнения (ОМЧ 37 °С), подсчитывали на мясо-пептонном агаре после инкубации при 37 ± 1 °С в течение 24 ч. Общие и термотолерантные колиформные бактерии определяли методом мембранной фильтрации на дифференциально-диагностической среде Эндо. Грамотрицательные, оксидазоотрицательные колонии учитывали как ОКБ при ферментации лактозы до кислоты и газа при 37 ± 1 °С, как ТКБ — при ферментации лактозы до кислоты и газа при 44 ± 0,5 °С. Бактерии рода энтерококков (*Enterococcus*) определяли методом мембранной фильтрации на агаризованной азидной среде Энтерококкагар при 37 ± 1 °С в течение 48 ч.

Статистический анализ данных проводили в программе R-Studio 3.6.2 (<https://cran.r-project.org/bin/windows/base/old/3.6.2/>). Для выявления зависимости между признаками применяли коэффициент корреляции Пирсона. Для определения достоверных различий между выборками использовали тест Манна–Уитни–Вилкоксона. Уровень значимости — 0,05.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Средние значения численности различных групп микроорганизмов, а также уровня воды [15] и температуры поверхностной воды приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние значения уровня, температуры поверхностной воды и численности санитарно-значимых бактерий в зал. Лиственничный в различные годы и сезоны

Показатель	Сезон			Год				
	весна	лето	осень	2017*	2018	2019	2020**	2021
Уровень воды, м	456,2	456,8	456,8	456,2	456,5	456,7	456,7	456,8
Температура воды, °С	5	10,1	7	6,6	6,6	10,4	7,9	7,2
ОКБ, КОЕ/100 мл	38,5	52,9	59,8	94,3	32,4	67,6	69,4	25,3
ТКБ, КОЕ/100 мл	24,6	43,3	51,1	53,8	26	52,8	63,2	22
Энтерококки, КОЕ/100 мл	14,8	31,7	19,5	7,1	25,4	19,8	55	19,8
ОМЧ 22 °С, КОЕ/мл	311,5	244,5	276,2	596	193,2	152,4	361,1	371,6
ОМЧ 37 °С, КОЕ/мл	18,8	26,4	52	163,5	41,3	6	14	5,7

Примечание. \* — пробы отбирали только в июне и октябре; \*\* — пробы отбирали только с мая по сентябрь, данных за осенний период нет. Численность бактерий: ОКБ — общих колиформных; ТКБ — термотолерантных колиформных. ОМЧ — общее микробное число.

Численность органотрофных бактерий, культивируемых при 22 °С, в районе исследования колебалась от 0 до 4884 КОЕ/мл, при 37 °С — от 0 до 1000 КОЕ/мл. Показано, что в 2017 г., в период экстремально низкой водности Байкала, средние показатели ОМЧ при 22 и 37 °С были значительно выше, чем в последующие годы (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \leq 0,01$ , см. табл. 1). К тому же в осенний период 2017 г. численные значения обеих групп были близки, что может указывать на загрязнение озерных вод хозяйственно-бытовыми сточными водами и незавершенность процессов самоочищения [3]. Ранее, при исследовании качества вод Селенги — основного притока озера — отмечали различия общей численности бактерий в годы разной водности. В маловодные годы она была значительно выше, а увеличение водности способствовало разбавлению вод и уменьшению количества микроорганизмов [16].

Максимальные значения численности ОКБ, ТКБ и энтерококков наблюдали в летне-осенний период. Весной данные показатели были значительно ниже (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \leq 0,05$ ), что вероятнее всего связано с меньшей антропогенной нагрузкой в этот период (см. табл. 1, рис. 2). В разные годы численность колиформных бактерий и энтерококков в прибрежных водах зал. Лиственничный значимо не различалась (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \geq 0,05$ ).

Наибольшее количество исследуемых бактерий определяли на станциях «Пирс ЛИН СО РАН» и «Нерпинарий», где такие показатели, как ОКБ, ТКБ и энтерококки, были ощутимо выше, чем на других станциях (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \leq 0,01$ ) (рис. 3). В большинстве случаев значения численности энтерококков и ТКБ на этих станциях превышали максимально допустимые значения для поверхностных вод — 10 и 100 КОЕ/мл соответственно. Статистически меньше колиформных бактерий и энтерококков найдено на фоновой станции, расположенной за пределами пос. Листвянка (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \leq 0,01$ ). Станции «Пирс ЛИН СО РАН» и «Нерпинарий» находятся в месте стоянки многочисленных судов, не все из которых оборудованы фекальными цистернами. Высокие значения санитарных показателей на станции «Нерпинарий» могут быть обусловлены поступлением загрязненных подземных вод [17, 18], а также влиянием вод р. Большой Черемшанки, впадающей в озеро в непосредственной близости от места отбора проб. Ранее отмечалось, что качество воды в устье реки не соответствовало установленным нормативам по таким показателям, как ТКБ, кишечная палочка (*Escherichia coli*), фекальные энтерококки [19].

На станции вблизи устья р. Крестовки также отмечены регулярные превышения допустимых значений численности энтерококков. Крестовка — река в пос. Листвянка, в русло которой попадают хозяйственно-бытовые стоки поселка. Воды рек, впадающих в оз. Байкал в районе зал. Лиственничный и содержащих значительные количества фекальных индикаторных бактерий, ухудшают качество воды в литоральной зоне озера [20].

На других станциях регистрировали отсутствие или небольшие количества колиформных бактерий и энтерококков (за исключением нескольких единичных превышений) и качество вод соответствовало СанПиН 1.2.3685-21 [2].

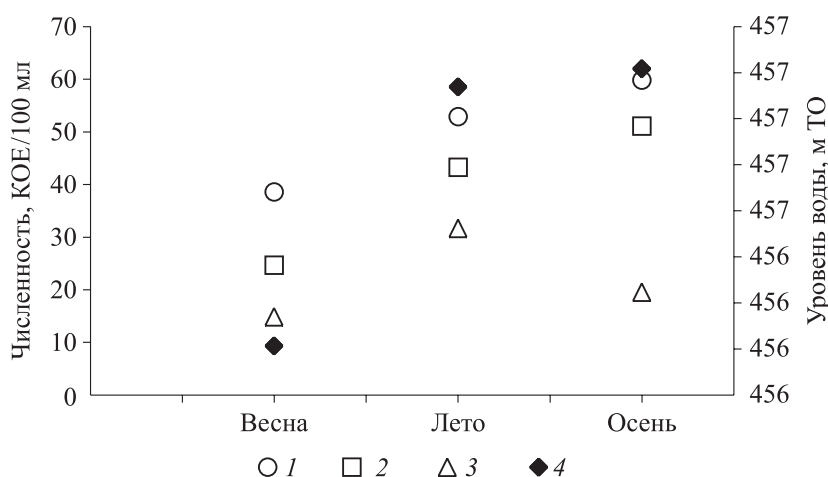


Рис. 2. Средняя численность общих колиформных бактерий, термотолерантных колиформных бактерий и энтерококков в прибрежной зоне пос. Листвянка, а также средние значения уровня воды в оз. Байкал в разные сезоны в период с 2017 по 2021 г.

Численность бактерий: 1 — общих колиформных; 2 — термотолерантных колиформных; 3 — энтерококков. 4 — уровень воды. Сезоны: весна — май–июнь; лето — июль–сентябрь; осень — октябрь–ноябрь.

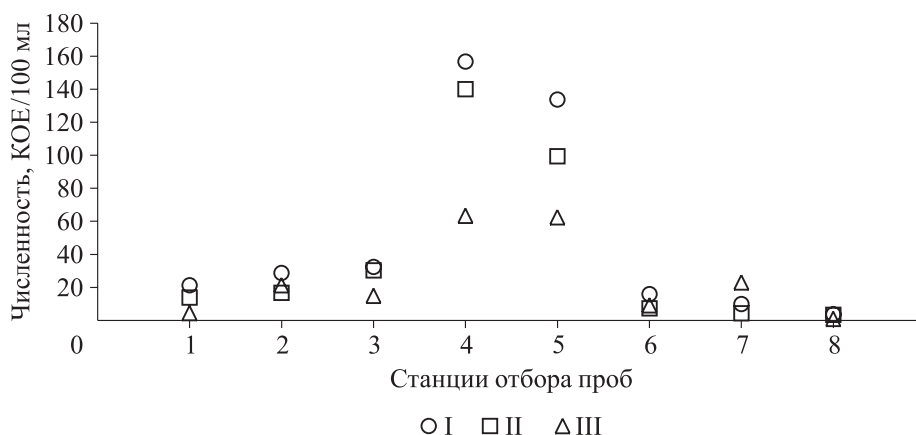


Рис. 3. Средняя численность общих колиформных бактерий, термотолерантных колиформных бактерий и энтерококков на различных станциях в прибрежной зоне пос. Листвянка.

Численность бактерий: I — общих колиформных; II — термотолерантных колиформных; III — энтерококков. Станции отбора проб: 1 — Причал-Баржа; 2 — напротив устья р. Крестовки; 3 — Почта; 4 — Пирс ЛИН СО РАН; 5 — Нерпинарий; 6 — Больница; 7 — пляж за мысом; 8 — Фоновая.

Уровень и температура воды значительно различались в разные сезоны (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \leq 0,01$ ). Максимальные средние значения уровня воды наблюдали осенью (456,8 м ТО), температуры — летом (10,1 °С). Средние показатели уровня и температуры воды были минимальны в весенний период — 456,2 м ТО и 5 °С соответственно (см. табл. 1, рис. 2). Внутри года изменения уровня носят выраженный сезонный характер, закономерно меняющийся в зависимости от соотношения между приходом и расходом воды. Согласно внутригодовому ходу притока воды в озеро, его уровень с конца апреля–начала мая обычно повышается и достигает максимума в сентябре. После этого он постепенно понижается вплоть до весны следующего года [21]. Также отмечено изменение

Таблица 2

Численность санитарно-значимых микроорганизмов на станциях отбора проб в прибрежной зоне пос. Листвянка в период открытой воды с 2017 по 2021 г.

Станция	ОКБ	ТКБ	Энтерококки	ОМЧ (22 °С)	ОМЧ (37 °С)
	КОЕ/100 мл			КОЕ/мл	
Причал-Баржа	$\frac{0 - 216}{21,2}$	$\frac{0 - 216}{13,8}$	$\frac{0 - 28}{4,4}$	$\frac{0 - 789}{159}$	$\frac{0 - 178}{13}$
Напротив устья р. Крестовки	$\frac{0 - 271}{28,6}$	$\frac{0 - 154}{16,6}$	$\frac{0 - 232}{21,2}$	$\frac{0 - 4884}{589}$	$\frac{0 - 1000}{61,1}$
Почта	$\frac{0 - 528}{32,3}$	$\frac{0 - 528}{30,2}$	$\frac{0 - 292}{14,9}$	$\frac{0 - 1662}{231,9}$	$\frac{0 - 380}{28,5}$
Пирс ЛИН СО РАН	$\frac{0 - 596}{156,6}$	$\frac{0 - 506}{140}$	$\frac{0 - 408}{63,3}$	$\frac{0 - 1636}{277}$	$\frac{0 - 1000}{63,6}$
Нерпинарий	$\frac{2 - 456}{133,7}$	$\frac{0 - 452}{99,4}$	$\frac{2 - 304}{62,4}$	$\frac{43 - 1220}{365,2}$	$\frac{0 - 171}{21,2}$
Больница	$\frac{0 - 186}{15,8}$	$\frac{0 - 146}{7,3}$	$\frac{0 - 152}{9}$	$\frac{3 - 1738}{204}$	$\frac{0 - 137}{15,9}$
Пляж за мысом	$\frac{0 - 95}{9,8}$	$\frac{0 - 38}{4,2}$	$\frac{0 - 540}{23}$	$\frac{2 - 2286}{295,2}$	$\frac{0 - 343}{23,5}$
Фоновая	$\frac{0 - 70}{3,6}$	$\frac{0 - 70}{3,3}$	$\frac{0 - 9}{0,8}$	$\frac{0 - 301}{38,6}$	$\frac{0 - 74}{4,5}$

Примечание. Числитель — пределы значений, знаменатель — среднее значение. Численность бактерий: ОКБ — общих колиформных; ТКБ — термотолерантных колиформных. ОМЧ — общее микробное число.

уровня воды в зависимости от года. Межгодовые средние показатели температуры поверхностной воды в исследованные годы значимо не различались (критерий Манна–Уитни–Вилкоксона,  $p \geq 0,05$ ).

Показано, что изменения водного режима озер могут привести к некоторым необратимым экологическим последствиям, таким как деградация водной экосистемы, сокращение биоразнообразия и т. д. [22]. Корреляционный анализ численности санитарно-показательных бактерий с температурой и уровнем воды оз. Байкал не показал значимой связи между этими параметрами. Отсутствие температурной зависимости обусловлено тем, что даже в период максимального прогрева температура воды в озере далека от оптимальной для фекальных (аллохтонных) бактерий — 37 °С. Отсутствие корреляции с уровнем, возможно, связано с особенностями рельефа прибрежной зоны озера в исследуемом районе. Залив Лиственничный расположен на западном побережье оз. Байкал, характеризующегося большей крутизной подводного склона и слабо развитыми прибрежными отмелями, в отличие от пологого восточного побережья [9], где резкий подъем уровня воды в некоторых случаях приводит к увеличению численности санитарно-показательных бактерий. Так, в [16] отмечено, что на р. Селенге во время паводков, когда происходит затопление окружающих территорий выпаса скота и гнездования птиц, численность санитарно-показательных микроорганизмов увеличивается. В прибрежной зоне пос. Листвянка уровень фекального загрязнения, прежде всего, связан с антропогенной нагрузкой, которая возрастает в летний сезон.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время вследствие антропогенного воздействия наблюдается ухудшение экологического состояния пресноводных экосистем во всем мире. Мониторинговые исследования поверхностных вод Великих озер Северной Америки, Великих Африканских озер, озер европейских стран и нашей страны (Онежское, Ладожское и др.) выявили ухудшение их санитарного состояния. Качество воды в прибрежной зоне оз. Байкал в последние годы также явно снижается.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что пространственное распределение санитарно-значимых бактерий в прибрежной зоне пос. Листвянка неоднородно, более высокую их численность отмечали на станциях, где в оз. Байкал попадают неочищенные сточные воды. Показано, что численность фекальных бактерий в водах зал. Лиственничный не связана с уровнем и температурой воды, а меняется в зависимости от сезона и уровня антропогенной нагрузки. Установлено, что в период экстремально низкой водности Байкала (2017 г.) численность автохтонных и аллохтонных органо-трофных микроорганизмов была значимо выше, чем в годы высокой водности. Кроме того, в осенний период численные значения обеих групп были близки, что может указывать на загрязнение вод зал. Лиственничный и незавершенность процессов самоочищения.

Данные исследования будут продолжены в последующие годы, что позволит своевременно оценить санитарное состояние вод зал. Лиственничный и безопасность их использования в рекреационных целях.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Лимнологического института СО РАН (бюджетные темы 0279-2022-0004 «Оценка эколого-экономических аспектов воздействия на оз. Байкал от осуществляемых и планируемых антропогенных факторов на Байкальской природной территории, рациональное природопользование, водный и биоресурсный потенциал оз. Байкал», 0279-2021-0015 «Исследования вирусных и бактериальных сообществ как основы стабильного функционирования пресноводных экосистем и эффективного ответа в условиях антропогенного воздействия»). Сбор полевых материалов выполнен при частичном использовании средств проекта 0279-2021-0007 «Комплексные исследования прибрежной зоны озера Байкал: многолетняя динамика сообществ под воздействием различных экологических факторов и биоразнообразия; причины и последствия негативных экологических процессов».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Атлас Байкала** / Гл. ред. Г.И. Галазий. — М.: Изд-во Федер. служба геодезии и картографии России, 1993. — 160 с.
2. **Санитарные** правила и нормы 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/docu-ment/1200006938/> (дата обращения 25.04.2022).

3. **Методические** указания 4.2.1884-04. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200039680/> (дата обращения 25.04.2022).
4. **Тымчук С.Н., Ларин В.Е., Соколов Д.М.** Наиболее значимые санитарно-микробиологические показатели оценки качества питьевой воды // *Водоснабж. и сан. техника*. — 2013. — № 11. — С. 8–15.
5. **Тимошкин О.А., Бондаренко Н.А., Волкова Е.А., Томберг И.В., Вишняков В.С., Мальник В.В.** Массовое развитие зеленых нитчатых водорослей родов *Spirogyra* и *Stigeoclonium* (Chlorophyta) в прибрежной зоне Южного Байкала // *Гидробиол. журн.* — 2014. — Т. 50, № 5. — С. 15–26.
6. **Кравцова Л.С., Ижболдина Л.А., Ханаев И.В., Помазкина Г.В., Домышева В.М., Кравченко О.С., Грачёв М.А.** Нарушение вертикальной зональности зеленых водорослей в прибрежной части залива Лиственничный озера Байкал // *Докл. АН.* — 2012. — Т. 447, № 2. — С. 227–229.
7. **Timoshkin O.A., Samsonov D.P., Yamamuro M., Moore M.V., Belykh O.I., Malnik V.V., Sakirko M.V., Shirokaya A.A., Bondarenko N.A., Domysheva V.M., Fedorova G.A., Kochetkov A.I., Kuzmin A.V., Likhnev A.G., Medvezhonkova O.V., Nepokrytykh A.V., Pasyukova E.M., Poberezhnaya A.E., Potapskaya N.V., Rozhkova N.A., Sheveleva N.G., Tikhonova I.V., Timoshkina E.M., Tomberg I.V., Volkova E.A., Zaitseva E.P., Zvereva Yu.M., Kupchinsky A.B., Bukshuk N.A.** Rapid ecological change in the coastal zone of Lake Baikal (East Siberia): Is the site of the world's greatest freshwater biodiversity in danger? // *Journ. Great Lakes Res.* — 2016. — Vol. 42, N 3. — P. 487–497.
8. **Бычков И.В., Никитин В.М.** Регулирование уровня озера Байкал: проблемы и возможные решения // *География и природ. ресурсы*. — 2015. — № 3. — С. 5–16.
9. **Байкаловедение:** в 2-х кн. Кн. 1. / Ред. О.Т. Русинек, В.В. Тахтеев, Д.П. Гладкочуб, Т.В. Ходжер, Н.М. Буднева. — Новосибирск: Наука, 2012. — 468 с.
10. **Синюкович В.Н., Чернышов М.С.** Современные проблемы регулирования уровня озера Байкал // *Изв. Иркутск. ун-та. Сер. «Науки о Земле»*. — 2018. — Т. 24. — С. 99–110.
11. **Синюкович В.Н., Чернышов М.С.** Особенности многолетней изменчивости притока поверхностных вод в озеро Байкал // *Метеорология и гидрология*. — 2019. — № 10. — С. 30–39.
12. **Гармаев Е.Ж., Цыдыпов Б.З.** Уровневый режим оз. Байкал: состояние и перспективы в новых условиях регламентации // *Вестн. Бурят. ун-та. Биология, география*. — 2019. — № 1. — С. 37–44.
13. **ГОСТ 24849-2014.** Вода. Методы санитарно-бактериологического анализа для полевых условий [Электронный ресурс]. — <http://docs.cntd.ru/document/1200115427/> (дата обращения 25.04.2022).
14. **Горбенко Ю.А.** О наиболее благоприятном количестве сухого питательного агара в средах для культивирования морских микроорганизмов // *Микробиология*. — 1961. — Т. 30, № 1. — С. 168–172.
15. **Изменения** уровней водохранилищ ГЭС РусГидро [Электронный ресурс]. — <http://www.rushydro.ru/hydrology/informer/> (дата обращения 25.04.2022).
16. **Бондаренко Н.А., Мальник В.В., Вишняков В.С., Рожкова Н.А., Синюкович В.Н., Горшкова А.С., Тимошкин О.А., Матвеев А.Н.** Современное состояние биоты дельты реки Селенги (бассейн озера Байкал) в условиях нестабильности гидрологического режима. Сообщ. I. Микробное сообщество и водоросли // *Гидробиологический журнал*. — 2015. — № 5. — С. 17–28.
17. **Куликова Н.Н., Чебыкин Е.П., Волкова Е.А., Бондаренко Н.А., Воднева Е.Н., Сутурин А.Н.** Определение элементного состава бентосных макроводорослей для индикации качества воды мелководной зоны залива Лиственничный (Южный Байкал) // *Межунар. науч.-исслед. журнал*. — 2017. — Т. 66, № 12. — С. 166–176.
18. **Сутурин А.Н., Чебыкин Е.П., Мальник В.В., Ханаев И.В., Минаев А.В., Минаев В.В.** Роль антропогенных факторов в развитии экологического стресса в литорали оз. Байкал (акватория пос. Листвянка) // *География и природ. ресурсы*. — 2016. — № 6. — С. 34–53.
19. **Мальник В.В., Тимошкин О.А., Сутурин А.Н., Онищук Н.А., Сакирко М.В., Томберг И.В., Горшкова А.С., Забанова Н.С.** Антропогенные изменения гидрохимических и санитарно-микробиологических показателей качества воды в притоках южного Байкала (зал. Лиственничный) // *Водные ресурсы*. — 2019. — Т. 46, № 5. — С. 533–543.
20. **Мальник В.В., Штыкова Ю.Р., Сутурин А.Н., Тимошкин О.А.** Влияние населенных пунктов на санитарно-микробиологическое состояние малых притоков и прибрежных вод на примере залива Лиственничный (Южный Байкал) // *География и природ. ресурсы*. — 2019. — Т. 40, № 4. — С. 84–92.
21. **Синюкович В.Н., Кучер К.М.** Некоторые результаты изучения уровневого режима оз. Байкал с использованием измерительных систем разных поколений // *Актуальные проблемы науки Прибайкалья*. Вып. 1. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. — С. 221–225.
22. **Yuan Y., Zeng G., Liang J., Huang L., Hua S., Li F., Zhu Y., Wu H., Liu J., He X., He Y.** Variation of water level in Dongting Lake over a 50-year period: Implications for the impacts of anthropogenic and climatic factors // *Journ. Hydrol.* — 2015. — Vol. 525. — P. 450–456.

Поступила в редакцию 03.06.2022

После доработки 26.07.2022

Принята к публикации 03.10.2022