

Current state, microbiological monitoring, and prevention of water pollution in Lake Baikal



Drucker V.V.

Limnological Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Batorskaya Str., 3, Irkutsk, 664033, Russia

ABSTRACT. Since 2003, Limnological Institute SB RAS has been holding the International Baikal Microbiological Symposia “Microorganisms and Viruses in Aquatic Ecosystems” every four years, and even in the “covid” year 2020, it was held “in remote mode.” The proper functioning of viral and bacterial communities is the basis for the stable quality of aquatic ecosystems. New ecological problems for the Lake Baikal ecosystem are becoming more and more acute, and the scientific research, the results of which are presented and discussed at these symposia for different aquatic ecosystems around the world, should help to find solutions for preserving the water quality now and in the future. We analyze the long-term microbiological studies of the water quality in the littoral and pelagic zones of Lake Baikal carried out by numerous authors, and propose a specific scheme of microbiological monitoring of this unique aquatic ecosystem required by the environmental regulatory authorities. Specific measures to prevent pollution of oligotrophic lake waters are also provided; these measures can be rapidly implemented now.

Keywords: Lake Baikal, water quality, sanitary-bacteriological monitoring scheme, measures for preventing water pollution

For citation: Drucker V.V. Current state, microbiological monitoring, and prevention of water pollution in Lake Baikal // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - P. 785-790. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-785

1. Introduction

The Decree of the Government of the Russian Federation dated 18.02.23 No. 260, “On Approval of the Regulations on the State Environmental Monitoring of the Unique Ecological System of Lake Baikal,” obliges to develop in the near future a new monitoring system of the lake by the appropriate environmental regulatory authorities with the participation of scientific organizations of SB RAS. Microbiological monitoring is an obligatory component of integrated environmental monitoring of aquatic ecosystems around the world, as microorganisms are the most sensitive indicators of water quality and the main destructors of their contaminants. However, only Limnological Institute SB RAS has the relevant world-level complex at Lake Baikal, including qualified certified specialists-microbiologists-virologists with high experience, a specialized laboratory for aquatic microbiology, equipped with all the necessary modern instruments and equipment, with annual professional certification, as well as research vessels equipped with a lifting unit and a system of

bathometers for taking water samples and cores at the maximum depths throughout the entire water area of the lake, including small vessels for navigation in the tributaries.

2. Results and discussion

A summary of the history of microbiological studies of various sites and water areas of Lake Baikal and water bodies of the Baikal-Angara-Yenisey hydrosystem is described in the monograph (Vinogradova et al., 2004), and information on Lake Baikal is given in detail in the paper (Belykh and Drucker, 2018). The assessment of water quality in the littoral and pelagic zones throughout Lake Baikal in different seasons of the year began to be investigated at the end of the twentieth century (Drucker et al., 1993), as well as studies of the estuaries of the largest tributaries along the perimeter of the whole lake (Drucker and Maslennikov, 1998). Later, for the first time, targeted studies were carried out during different seasons in 1997-2000 to find out the extent of distribution and identification of oppor-

*Corresponding author.

E-mail address: drucker@lin.irk.ru (V.V. Drucker)

Received: July 27, 2024; **Accepted:** August 03, 2024;

Available online: August 30, 2024

© Author(s) 2024. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.





tunistic pathogenic bacteria (Panasyuk and Drucker, 2002; Drucker and Panasyuk, 2006). As a result of this research, 898 strains of opportunistic pathogenic bacteria were isolated. At the same time, for the first time in Russia, toxic cyanobacteria dangerous to humans were detected in the waters of Lake Baikal (Tikhonova, 2006; Belykh et al., 2013; Belykh et al., 2015). These results are worthy of attention and, in our opinion, justify their inclusion in the system of microbiological monitoring of the water quality of Lake Baikal.

Nowadays, the ecosystem of Lake Baikal is subjected to serious anthropogenic impacts: an increase in the volume of poorly treated and untreated waste water from settlements, an increased recreational load, and a sharply increased number of tourist vessels not equipped with tanks for collecting domestic and bilge water, which led to a significant decrease in water quality in the littoral zone of the lake. Analysis of systematic annual seasonal sanitary-bacteriological studies of the whole water area of Lake Baikal from 2000 to the present time has shown that opportunistic pathogenic bacteria are constantly present in the littoral zone of the lake (Drucker et al., 2022). In the littoral zone, a significant number of coliform bacteria and enterococci were detected in the southern part of the lake: Listvyanka and Kultuk settlements, Baikalsk town; in the middle basin, in the waters of the Straits Maloye More and Olkhonskiye Vorota, in the Selenga River delta; in the northern part, Severobaikalsk town and Zarechny settlement (Shtykova et al., 2016; Suslova et al., 2017; Podlesnaya et al., 2022). We took into account that from 2022, according to the new changes in SanPin 1.2.3685-21, *E. coli* bacteria and enterococci are mandatory indicators in the sanitary-microbiological assessment of water quality.

In 2021 and 2022, treated effluent from the Slyudyanka and Severobaikalsk wastewater treatment plants was included in the sampling station grid and

was investigated. Significant exceedance of controlled indicators was found: TCB up to 4200 times, *E. coli* up to 17000 times, Enterococci up to 3600 times, which indicates the lack of disinfection efficiency and the influx of opportunistic pathogenic and pathogenic bacteria into Lake Baikal (Potapov et al., 2023). The study of water quality in the pelagic zone of the lake in all years showed full compliance with state standards for drinking and other uses. A collection of 172 culturable opportunistic pathogenic bacterial strains isolated from different water bodies was established. In the waters of the estuaries of the rivers flowing into the lake, the abundance of sanitary-indicative bacterial groups in 2010-2020 was on average an order of magnitude higher than their content in the lake.

Based on the analysis of the results of long-term seasonal studies of the content of sanitary-indicative microorganisms in the water of different parts of Lake Baikal, we propose the “Scheme of sanitary-bacteriological monitoring of Lake Baikal”, according to which the determination of the water quality of littoral and pelagic zones should be carried out annually in all seasons: winter (March), spring (late May-early June), summer (August), and autumn (late September-early October) at 103 sites of the lake (hereinafter - sampling) (Drucker et al., 2023).

To prevent the pollution of Lake Baikal waters, we recommend:

1. to improve constant coordination of administrations, environmental authorities, scientific organizations, and the environmental community of Irkutsk region and the Republic of Buryatia on the implementation of the Law of the Russian Federation dated 01.05.1999 No. 94-FZ “On Protection of Lake Baikal”;
2. to strengthen control over the efficiency of treatment facilities in the towns of Slyudyanka, Severobaikalsk, and Ulan-Ude;

3. to strengthen control over the proper operation of septic tanks at camping sites, holiday homes, etc., paying special attention to the existing system of removal and disposal of household waste;
4. to strengthen control over the collection into special containers and delivery of domestic and bilge water on tourist vessels, up to the prohibition of their use;
5. to begin implementing practical solutions to the problem of recycling and neutralizing of household waste in settlements located in the central ecological zone of the lake;
6. to agree on the proposed “Scheme of sanitary-bacteriological monitoring of Lake Baikal” for joint use with the state regulatory authorities.

Acknowledgements

The paper is carried out within the State Assignment No. 0279-2021-0015 (121032300269-9).

References

- Belykh O.I., Gladkikh A.S., Sorokovikova E.G. et al. 2013. Microcystin-producing cyanobacteria in water bodies of Russia, Belarus, and Ukraine. *Chemistry for Sustainable Development* 21: 363-378. (in Russian)
- Belykh O.I., Gladkikh A.S., Sorokovikova E.G. et al. 2015. Identification of toxic cyanobacteria in Lake Baikal. *Proceedings of Academy of Sciences* 463: 353-357. DOI: [10/1134/S1607672915040067](https://doi.org/10/1134/S1607672915040067)
- Belykh O.I., Drucker V.V. 2018. Microbiological studies of Lake Baikal in Limnological Institute: Past and present. *Limnology and Freshwater Biology* 1: 18-27. DOI: [10.31951/2658-3518-2018-A-1-18](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2018-A-1-18)
- Drucker V.V., Kostornova T.Ya., Molozhavaya O.A. et al. 1993. Assessment of Lake Baikal water quality by sanitary-bacteriological indicators. *Geography and Natural Resources* 1: 60-64. (in Russian)
- Drucker V.V., Maslennikov A.A. 1998. Microbiological monitoring of Lake Baikal tributaries. *International Symposium: Control and Rehabilitation of the Environment*: 88. (in Russian)
- Drucker V.V., Panasyuk E.Yu. 2006. Potentially pathogenic bacteria in a microbial community of Lake Baikal. *Hydrobiologia* 568(1): 267-271.
- Drucker V.V., Shtykova Yu.R., Suslova M.Yu. et al. 2022. Microbiological monitoring. In: Takhteev V.V. (Ed.), *Ecological monitoring of Lake Baikal*. Irkutsk: Publishing house of ISU: 32-49. (in Russian)
- Drucker V.V., Suslova M.Yu., Nebesnykh Yu.R. et al. 2023. Sanitary-bacteriological monitoring of water quality in Lake Baikal-from single/one-off studies to systematic annual expeditions. *Limnology and Freshwater Biology* 6: 164-179. DOI: [10.31951/2658-3518-2023-A-6-164](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2023-A-6-164)
- Panasyuk E.Yu., Drucker V.V. 2002. Dominant species of potentially pathogenic bacteria isolated from Lake Baikal water. In: *Assessment of the current state of microbiological research in the East Siberian region*: 64. (in Russian)
- Podlesnaya G.V., Galachyants A.D., Shtykova Yu.R. et al. 2022. Sanitary-microbiological assessment of the water quality of Listvenichny Bay during the period of the extreme water content of Lake Baikal. *Geography and Natural Resources* 43(5): 163-169. (in Russian) DOI: [10.15372/GIPR20220517](https://doi.org/10.15372/GIPR20220517)
- Potapov S., Gorshkova A., Krasnopeev A. et al. 2023. RNA-seq virus fraction in Lake Baikal and treated wastewaters. *International Journal of Molecular Sciences* 24: 1-26. DOI: [10.3390/ijms241512049](https://doi.org/10.3390/ijms241512049)
- Shtykova Yu.R., Suslova M.Yu., Kostornova T.Ya. et al. 2016. Monitoring of the sanitary-microbiological state of the pelagic zone of Lake Baikal and estuaries of large rivers flowing into it from 2010 to 2015. *Proceedings of the Irkutsk State University* 17: 51-62. (in Russian)
- Suslova M.Yu., Pestunova O.S., Parfenova V.V. 2017. Assessment of the water quality of the Selenga River and its delta by sanitary-microbiological indicators. *Hydrobiological Journal* 53(1): 74-84. DOI: [10.1615/HydroBJ.v53.i3.70](https://doi.org/10.1615/HydroBJ.v53.i3.70)
- Tikhonova I.V. 2006. Morphological and genetic features of picoplanktonic cyanobacteria of Lake Baikal. Abstract of dissertation. Cand. Sc. (Biology) Irkutsk. (in Russian)
- Vinogradova T.P., Kerber E.V., Drucker V.V. et al. 2004. Microbiological heritage of the twentieth century. Part 1: Results of the study of the Baikal-Angara-Yenisei ecosystem. Irkutsk: Publishing house of the Institute of Geography SB RAS. (in Russian)
- Panasiuk E.Yu., Drucker V.V. 2002. Dominant species of potentially pathogenic bacteria isolated from Lake Baikal water. In: *Assessment of the current state of microbiological research in the East Siberian region*: 64. (in Russian)

Современное состояние, микробиологический мониторинг, предупреждение загрязнения вод озера Байкал

Краткое сообщение

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGY

Дрюккер В.В.*

Лимнологический институт Сибирского Отделения Российской Академии Наук, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск, 664033, Россия

АННОТАЦИЯ. С 2003 г. Лимнологический институт СО РАН каждые четыре года проводит Международные Байкальские Микробиологические Симпозиумы «Микроорганизмы и вирусы в водных экосистемах» и даже в «ковидный» 2020 г. он был проведен «удаленно». Нормальное функционирование вирусных и бактериальных сообществ является основой стабильного качества водных экосистем. Новые экологические проблемы для экосистемы оз. Байкал становятся все более острыми и научные исследования, результаты которых заслушиваются и обсуждаются на этих Симпозиумах для различных водных экосистем мира, должны помочь найти решения для сохранения качества вод в настоящем и на будущее. Многолетние микробиологические исследования качества прибрежных и пелагических вод Байкала, проведенные многочисленными авторами, проанализированы нами, предлагается конкретная схема микробиологического мониторинга уникальной водной экосистемы, необходимая для контролирующих природоохранных органов. Так же приводятся конкретные меры предупреждения загрязнения вод олиготрофного озера, которые могут быть оперативно применены в настоящее время.

Ключевые слова: озеро Байкал, качество вод, схема санитарно-бактериологического мониторинга, меры предупреждения загрязнения вод

Для цитирования: Дрюккер В.В. Современное состояние, микробиологический мониторинг, предупреждение загрязнения вод озера Байкал // Limnology and Freshwater Biology. 2024. - № 4. - С. 785-790. DOI: 10.31951/2658-3518-2024-A-4-785

1. Введение

Постановление Правительства РФ от 18.02.23 г. № 260 «Об утверждении Положения о государственном экологическом мониторинге уникальной экологической системе озера Байкал» обязывает разработать в ближайшее время новую систему мониторинга озера соответствующими контролирующими природоохранными организациями с привлечением научных организаций СО РАН. Микробиологический мониторинг – обязательная составная часть комплексного экологического мониторинга водных экосистем мира, поскольку микроорганизмы являются самыми чувствительными индикаторами качества воды и основными деструкторами их загрязнений. Однако только Лимнологический институт СО РАН имеет на Байкале необходимый комплекс мирового уровня, состоящий из: квалифицированных аттестованных специалистов-микробиологов-вирусологов с боль-

шим опытом работы, специализированной лаборатории водной микробиологии, оснащенной всеми необходимыми современными приборами и оборудованием, проходящей ежегодную профессиональную аттестацию, а также научно-исследовательских судов, оснащенных лебедками и системой батометров для взятия проб воды и грунта до максимальных глубин по всей акватории озера, включая маломерные суда для прохода в притоки.

2. Результаты и обсуждение

Сводка об истории микробиологических исследований различных участков и акваторий оз. Байкал и водоемов Байкало-Ангаро-Енисейской гидросистемы изложена в монографии (Виноградова и др., 2004) и подробно о Байкале - в статье (Belykh and Drucker, 2018). Оценку качества вод в литорали и пелагиали по всему Байкалу в различные сезоны года начали исследовать в конце XX века (Дрюккер

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: drucker@lin.irk.ru (В.В. Дрюккер)

Поступила: 27 июля 2024; Принята: 03 августа 2024;
Опубликована online: 30 августа 2024

© Автор(ы) 2024. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.





и др., 1993), а также и исследования устьевых участков наиболее крупных притоков по периметру всего озера (Дрюккер и Масленников, 1998). В дальнейшем, впервые целенаправленно были проведены исследования в различные сезоны 1997-2000 гг. по выяснению масштаба распространения и идентификации условно-патогенных бактерий (Панасюк и Дрюккер, 2002; Drucker and Panasyuk, 2006). В результате проведенных исследований было выделено 898 штаммов условно-патогенных бактерий. В это же время впервые в России были обнаружены в воде озера Байкал токсичные цианобактерии, опасные для человека (Тихонова, 2006; Белых и др., 2013; Белых и др., 2015). Эти результаты заслуживают внимания и на наш взгляд, имеют основания для включения в систему микробиологического мониторинга качества вод оз. Байкал.

В настоящее время экосистема оз. Байкал подвержена серьезным антропогенным воздействиям: рост объема некачественно очищенных и неочищенных сточных вод из населенных пунктов, увеличилась рекреационная нагрузка, резко возросло количество туристических судов, не оборудованных емкостями для сбора хозяйственно-бытовых и подсланевых вод, что привело к значительному снижению качества воды в литорали озера. Анализ систематических ежегодных сезонных санитарно-бактериологических исследований всей акватории озера Байкал с 2000 г. по настоящее время показал, что условно-патогенные бактерии постоянно присутствуют в прибрежной части озера (Дрюккер и др., 2022). В литорали значительное количество колиформных бактерий и энтерококков детектировано в южной части озера: пос. Листвянка и Култук, г. Байкальск; в средней котловине: в акватории проливов Малое море, Ольхонские ворота, дельта р. Селенги; в северной части: г. Северобайкальск, пос.

Заречный (Штыкова и др., 2016; Сулова и др., 2017; Подлесная и др., 2022). Мы учитывали, что с 2022 г., согласно новым изменениям в СанПин 1.2.3685-21, бактерия *E. coli* и энтерококки являются обязательными показателями при санитарно-микробиологической оценке качества воды.

В 2021 и 2022 гг. в сетку станций отбора проб были включены и исследованы сточные очищенные воды из очистных сооружений гг. Слюдянка и Северобайкальск. Установлено значительное превышение контролируемых показателей: ОКБ до 4200 раз, *E. coli* до 17000 раз, энтерококков до 3600 раз, что указывает на отсутствие эффективности обеззараживания и поступление условно-патогенных и патогенных бактерий в Байкал (Potarov et al., 2023). Исследование качества воды пелагической части озера во все годы показало полное соответствие государственным нормативам для питьевых и других целей использования. Создана коллекция из 172 культивируемых условно-патогенных штаммов бактерий, выделенных из различных водных объектов. В водах устьев впадающих в озеро рек численность санитарно-показательных групп бактерий в 2010-2020 гг. была в среднем на порядок выше, чем их содержание в озере.

В результате проведенного анализа результатов многолетних сезонных исследований содержания санитарно-показательных микроорганизмов в воде различных участков оз. Байкал, мы предлагаем «Схему санитарно-бактериологического мониторинга оз. Байкал», по которой определение качества вод литоральной и пелагиальной частей необходимо проводить ежегодно во все сезоны: зимний (март), весенний (конец мая-начало июня), летний (август), осенний (конец сентября-начало октября) на 103 станциях озера (в дальнейшем –выборочно) (Drucker et al., 2023).

Для предупреждения загрязнения вод оз. Байкал рекомендуем:

1. усилить постоянную координацию администраций, природоохранных органов, научных организаций и экологической общественности Иркутской области и Республики Бурятия по выполнению Закона РФ от 01.05.1999г. № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал»;
2. усилить контроль за эффективностью работы очистных сооружений гг. Слюдянки, Северобайкальска, Улан-Удэ;
3. усилить контроль за правильной эксплуатацией септиков на турбазах, домах отдыха и др., обратив особое внимание на существующую систему вывоза и утилизацию хозяйственно-бытовых отходов;
4. усилить контроль за сбором в специальные емкости и сдачей хозяйственно-бытовых и подсланевых вод на туристических судах, вплоть до запрета их эксплуатации;
5. начать практическое решение вопроса об утилизации и обезвреживании хозяйственно-бытовых отходов в населенных пунктах, расположенных в центральной экологической зоне озера;
6. согласовать предлагаемую «Схему санитарно-бактериологического мониторинга оз. Байкал» для совместного использования с государственными контролирующими органами.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы государственного задания № 0279-2021-0015 (121032300269-9).

Список литературы

- Белых О.И., Гладких А.С., Сороковикова Е.Г. и др. 2013. Микроцистин-продуцирующие цианобактерии в водоемах России, Беларуси и Украины. *Химия в интересах устойчивого развития* 21: 363-378.
- Белых О.И., Гладких А.С., Сороковикова Е.Г. и др. 2015. Идентификация токсичных цианобактерий в озере Байкал. *ДАН* 463: 353-357. DOI: [10.1134/S1607672915040067](https://doi.org/10.1134/S1607672915040067)
- Виноградова Т.П., Кербер Е.В., Дрюккер В.В. и др. 2004. Микробиологическое наследие XX века. Часть 1.

Итоги изучения Байкало-Ангаро-Енисейской экосистемы. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН.

Дрюккер В.В., Косторнова Т.Я., Моложавая О.А. и др. 1993. Оценка качества воды оз. Байкал по санитарно-бактериологическим показателям. *География и природные ресурсы* 1: 60-64.

Дрюккер В.В., Масленников А.А. 1998. Микробиологический мониторинг притоков оз. Байкал. *Международный Симпозиум: Контроль и реабилитация окружающей среды*: 88.

Дрюккер В.В., Штыкова Ю.Р., Сулова М.Ю. и др. 2022. Микробиологический мониторинг. В: Тахтеев В.В. (Ред.), *Экологический мониторинг озера Байкал*. Иркутск: Изд-во ИГУ: 32-49.

Панасюк Е.Ю., Дрюккер В.В. 2002. Доминирующие виды потенциально-патогенных бактерий, выделенные из воды озера Байкал. В: *Оценка современного состояния микробиологических исследований в Вост.- Сиб. регионе*: 64.

Подлесная Г.В., Галачьянц А.Д., Штыкова Ю.Р. и др. 2022. Санитарно-микробиологическая оценка качества вод залива Лиственничный в период экстремальной водности озера Байкал. *География и природные ресурсы* 43(5): 163-169. DOI: [10.15372/GIPR20220517](https://doi.org/10.15372/GIPR20220517)

Сулова М.Ю., Пестунова О.С., Парфенова В.В. 2017. Оценка качества вод р. Селенги и ее дельты по санитарно-микробиологическим показателям. *Гидробиологический журнал* 53(1): 74-84. DOI: [10.1615/HydrobJ.v53.i3.70](https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v53.i3.70)

Тихонова И.В. 2006. Морфологические и генетические особенности пикопланктонных цианобактерий озера Байкал. Автореф. дисс. канд. биол. наук. Иркутск, Россия.

Штыкова Ю.Р., Сулова М.Ю., Косторнова Т.Я. и др. 2016. Мониторинг санитарно-микробиологического состояния пелагиали озера Байкал и устьев впадающих в него крупных рек с 2010 по 2015 гг. Иркутск: ИГУ 17: 51-62.

Belykh O.I., Drucker V.V. 2018. Microbiological studies of Lake Baikal in Limnological Institute: Past and present. *Limnology and Freshwater Biology* 1: 18-27. DOI: [10.31951/2658-3518-2018-A-1-18](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2018-A-1-18)

Drucker V.V., Panasyuk E.Yu. 2006. Potentially pathogenic bacteria in a microbial community of Lake Baikal. *Hydrobiologia* 568(1): 267-271.

Drucker V.V., Suslova M.Yu., Nebesnykh Yu.R. et al. 2023. Sanitary-bacteriological monitoring of water quality in Lake Baikal-from single/one-off studies to systematic annual expeditions. *Limnology and Freshwater Biology* 6: 164-179. DOI: [10.31951/2658-3518-2023-A-6-164](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2023-A-6-164)

Potapov S., Gorshkova A., Krasnopeev A. et al. 2023. RNA-seq virus fraction in Lake Baikal and treated wastewaters. *International Journal of Molecular Sciences* 24: 1-26. DOI: [10.3390/ijms241512049](https://doi.org/10.3390/ijms241512049)