

Influence of anthropogenic activity on the quality of rivers in Listvyanka settlement (South Baikal)

Short communication

LIMNOLOGY
FRESHWATER
BIOLOGYSuslova M.Yu.*^{ID}, Kan G.V.^{ID}, Marchenko A.E., Onishchuk N.A.^{ID}, Belykh O.I.^{ID}

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

ABSTRACT. This paper presents the results of microbiological studies of the water quality of four tributaries of Southern Baikal, Listvenichny Bay. Monthly monitoring from October 2022 to July 2025 showed a decline in the water quality and an increase in the number of sanitary-indicative groups of microorganisms in the estuary part of rivers relative to the reference area above the influence of Listvyanka settlement. Thus, the number of coliform bacteria (CB) on average in rivers increases by 17 times, *E. coli* – by 55 times, and enterococci – by 11 times. In recent years, the water quality in the Malaya and Bolshaya Cheremshanka Rivers remains low. Thus, in comparison to the study of 2015-2016, the maximum values of enterococci abundance increased by 3 times, the number of *E. coli* - by 2 times and 23 times, respectively.

Keywords: tributaries of Lake Baikal, Listvenichny Bay, sanitary-indicative microorganisms, coliform bacteria, *E. coli*, enterococci

For citation: Suslova M.Yu., Kan G.V., Marchenko A.E., Onishchuk N.A., Belykh O.I. Influence of anthropogenic activity on the quality of rivers in Listvyanka settlement (South Baikal) // Limnology and Freshwater Biology. 2025. - № 4. - P. 895-906. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-895

1. Introduction

Listvyanka settlement is a popular place to visit at Lake Baikal. It is located close to the city of Irkutsk and, as a result, is frequented by tourists. The number of visitors to the Baikal Museum located at the entrance to Listvyanka settlement increased from 100 thousand in 2022 (Fialkov et al., 2023) to 147.5 thousand in 2024. The anthropogenic load has increased significantly in Listvyanka settlement. Recently, tourist centers and hotels are actively built in Listvyanka settlement. Hotel complexes are most often not equipped with leak-proof pit latrines. There is no centralized wastewater treatment system in the settlement; therefore, most of the wastewater is passively filtered through the soil and flows into tributaries entering the coastal zone of Lake Baikal. Earlier, within the works carried out by Limnological Institute, poor water quality was detected in the estuaries of the rivers of Listvenichny Bay (Kravtsova et al., 2012; Kravtsova et al., 2014), as well as its deterioration relative to the background above the settlement (Malnik et al., 2019a; b). Comparative data analysis showed that the concentration of main ions in most cases has similar values, and the phosphates and nitrites content increases significantly within the set-

tlement as a result of household activities (Onishchuk et al., 2024). The main sources of pollution of the river watercourses are runoff from Listvyanka settlement. River waters entering Lake Baikal worsen the quality of waters in the coastal zone (Kravtsova et al., 2012; Malnik et al., 2019a; b).

The lake coast experience high recreational pressure: growing tourists flows cause numerous tent camping, uncontrolled construction of recreation centers that do not have wastewater facilities, as well as an increase in the number of ships (Evstropieva et al., 2021). These conditions led to a multiple increase in the intake of nitrogen and phosphorus compounds (Khodzher et al., 2017) and opportunistic bacteria into the coastal zone (Drucker et al., 2023, Suslova et al., 2022, Shtykova et al., 2019). From 2017 to 2021, it was shown that the level of fecal pollution in Listvenichny Bay varied depending on the season and differed significantly at separate sampling stations. During the summer and autumn, a greater number of sanitary-indicative microorganisms was detected compared to the spring, which is attributed to an increased anthropogenic load during this season. The maximum TCB and enterococci values were determined at all stations where untreated wastewater entered the lake (Podlesnaya et al., 2022).

*Corresponding author.

E-mail address: suslova@lin.irk.ru (M.Yu. Suslova)

Received: July 20, 2025; **Accepted:** August 15, 2025;

Available online: August 31, 2025

© Author(s) 2025. This work is distributed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.



The increase in anthropogenic load upon Lake Baikal shows a need in regular studies to assess the tributaries water quality.

The study is aimed at monitoring the number of sanitary-microbiological indicators of water quality in four tributaries of South Baikal (Listvenichny Bay) and comparing with previously obtained data.

2. Materials and methods

The water samples were taken every month from October 2022 to July 2025 from the surface water of the Kamenushka, Krestovka, Malaya and Bolshaya Cheremshanka Rivers. Sampling was carried out according to GOST 31942–2012 in two sections: one background section located above Listvyanka settlement, the other was in the estuary part of the rivers flowing into Lake Baikal (Fig. 1). A total of 216 were analyzed according to MUK 4.2.3963–23 «Bacteriological methods of water research». The use of differential diagnostic media with the membrane filter allowed us to identify and determine the number of three main sanitary-bacteriological indicators: 1) coliform bacteria (CB), 2) *E. coli* (Tymchuk et al., 2013) and 3) enterococci.

3. Results and discussion

As a result of the study, we obtained data on the number of sanitary-indicative groups of bacteria (Table). Figure 2 shows histograms of the number of CB, *E. coli* and enterococci in water samples taken in the Kamenushka, Krestovka, M. and B. Cheremshanka Rivers above and below Listvyanka settlement from October 2022 to July 2025.

It is shown that the number of main indicators in the waters of the studied rivers in the estuary areas, in contrast to the background areas outside the influence of the settlement, is significantly higher. Thus, the number of studied indicators in the Kamenushka River increased on average by 10 times, while in the Malaya

and Bolshaya Cheremkhanka Rivers it increased by 66 times and 30 times, respectively. This trend was less noticeable in the Krestovka River, where the abundance of the main indicators differed on average by 2 times, since this river was more abundant, as previously mentioned (Malnik et al., 2019b). According to the obtained data of each indicator in all rivers of Listvyanka settlement, the average number of CB has increased on average by rivers by 17 times, *E. coli* – by 55 times, and enterococci – by 11 times.

The quality of river waters was assessed according to SanPiN 1.2.3685-21. According to the standards for recreational surface water, the CB indicator value should not exceed 500 CFU/100 cm³. The index values for recent fecal contamination, *E. coli* and enterococci should be 100 CFU/100 cm³ and 10 CFU/100 cm³, respectively.

During the studied period, 60% of non-standard samples were identified that did not meet the requirements of SanPiN for surface waters.

Coliform bacteria found in the samples from the M. Cheremshanka and B. Cheremshanka Rivers exceeded the SanPiN standards in 22% of the samples with the highest concentrations observed at the mouths of these rivers. In B. Cheremshanka River, 76% of 25 samples did not meet the SanPiN standards, in the M. Cheremshanka River – 71%, in the Kamenushka River – 14%, and in the Krestovka River – 7%. The maximum number was detected at the mouth of the M. Cheremshanka River in March 2024 with a value of 143 000 CFU/100 cm³ exceeding the standard by 286 times. High values were also recorded in October 2023 and February 2024 (6 160 and 5 680, respectively) (Table). A large number of CB was detected in water samples from the B. Cheremshanka River: in April 2023 it was 6 500 CFU/100 cm³, in August – 5 680, and in October – 5 600. In April 2024, it was 9 840 CFU/100 cm³ and in June 2025 it was 6 800. These values exceeded the standard by 13, 11, 11, 20, and 14 times, respectively.

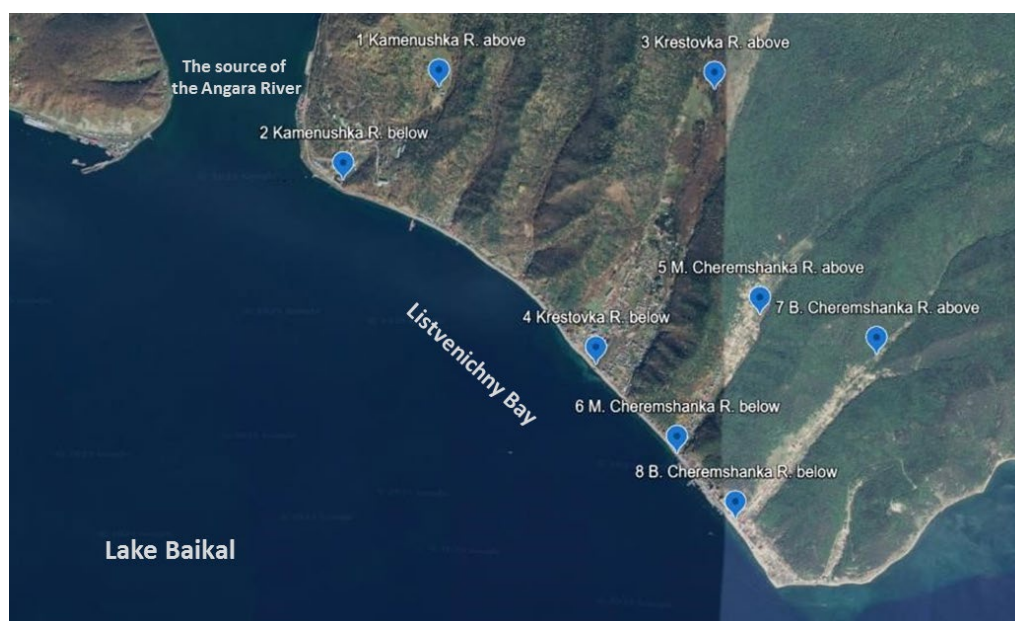


Fig.1. Water sampling stations of the Kamenushka, Krestovka, M. Cheremshanka and B. Cheremshanka rivers above and below the Listvyanka settlement.

Table. Number of sanitary and microbiological indicators in the water of the rivers of the Listvyanka settlement from October 2022 to July 2025

	10.2022	11.2022	12.2022	01.2023	02.2023	03.2023	04.2023	05.2023	06.2023	08.2023	10.2023	11.2023	01.2024	02.2024	03.2024	04.2024	05.2024	06.2024	08.2024	09.2024	10.2024	12.2024	01.2025	03.2025	04.2025	05.2025	06.2025	07.2025
Coliform bacteria, CFU/100 cm³, norm up to 500																												
1 Kam.a.	272	160	ND	ND	ND	34	279	0	160	264	27	4	17	93	3	5	3	5	317	429	139	0	20	46	28	25	10	150
2 Kam.b.	50	134	6	5	1900	3170	270	0	166	408	85	0	3	46	428	0	0	26	696	264	286	4	16	108	22	260	18	5600
3 Kr.a.	58	18	2	20	549	1	23	1	98	496	42	0	10	68	14	81	1	25	207	208	144	8	0	15	14	57	133	155
4 Kr.b.	104	68	24	34	63	1610	100	30	260	600	104	80	0	0	45	180	40	5	100	274	48	6	6	92	94	46	330	490
5 M.Ch.a.	57	410	228	ND	ND	174	24	8	10	184	90	10	254	0	ND	18	51	69	204	360	196	242	52	104	100	40	176	916
6 M.Ch.b.	148	678	426	20	520	450	790	2700	1000	2624	6160	210	490	5680	143000	100	624	724	1160	2640	1100	660	400	1860	1100	680	4340	4440
7 B.Ch.a.	172	162	220	108	636	94	64	6	64	8	46	246	52	30	0	8	0	22	672	244	164	8	0	2	48	10	8	304
8 B.Ch.b.	388	ND	828	3430	ND	ND	6500	10	160	5680	5600	260	1080	3020	740	9840	560	2420	940	1600	940	460	2120	640	440	840	6800	3240
E. coli, CFU/100 cm³, norm up to 100																												
1 Kam.a.	4	0	ND	ND	ND	4	0	0	28	0	15	4	17	0	3	5	0	5	37	5	25	2	5	3	5	0	0	20
2 Kam.b.	0	0	0	0	1800	2670	130	0	26	8	0	0	3	3	20	0	0	0	86	0	0	0	0	8	4	20	12	76
3 Kr.a.	2	0	0	2	1	0	6	1	78	16	0	0	10	0	0	1	0	7	21	46	4	0	0	1	0	0	26	30
4 Kr.b.	34	0	0	0	0	0	20	0	86	96	0	0		0	0	44	0	0	16	0	0	1	6	0	24	0	0	160
5 M.Ch.a.	0	0	88	ND	ND	19	0	0	10	4	10	10	254	0	ND	1	0	9	34	0	0	20	4	8	12	0	176	356
6 M.Ch.b.	108	0	0	8	0	360	100	0	0	0	6160	0	370	0	143000	0	292	64	0	2240	1100	40	0	1640	140	80	4200	2200
7 B.Ch.a.	2	0	0	4	0	10	0	0	16	0	2	120	0	0	0	8	0	22	372	4	0	0	0	2	8	0	4	32
8 B.Ch.b.	194	95	0	1530	ND	ND	4500	10	160	400	5600	260	0	0	500	7440	140	1460	600	0	440	120	2120	100	80	640	1480	1240
Enterococci, CFU/100 cm³, norm up to 10																												
1 Kam.a.	2	28	ND	ND	ND	3	74	0	70	4	16	0	0	0	0	224	2	18	70	44	9	2	0	22	150	9	3	73
2 Kam.b.	2	20	20	1	1890	1310	66	0	85	8	0	2	4	39	371	46	2	5	84	10	70	0	3	25	3	2	30	88
3 Kr.a.	5	4	3	16	18	3	2	0	45	40	2	0	2	1	4	6	14	20	47	20	3	0	0	16	7	3	35	73
4 Kr.b.	46	16	7	0	1	460	4	0	154	104	15	1	0	0	0	48	3	14	77	7	3	1	3	109	80	5	18	107
5 M.Ch.a.	1	42	56	ND	ND	130	7	0	41	68	0	4	64	0	ND	0	4	11	80	13	5	12	3	42	55	1	5	116
6 M.Ch.b.	25	30	5	2	29	440	14	2530	1900	204	44	26	36	51	4300	111	12	20	320	118	840	40	64	236	56	60	224	1264
7 B.Ch.a.	4	39	12	79	1	68	3	0	78	16	4	0	1	0	4	32	5	76	101	56	44	9	2	12	8	2	32	38
8 B.Ch.b.	66	268	56	44	ND	ND	5000	10	1300	960	360	500	20	20	560	340	140	180	1820	340	160	200	20	128	234	28	84	1036

Note: 1 Kam.a. – Kamenushka R. above sett., 2 Kam.b. – Kamenushka R. below sett., 3 Kr.a. – Krestovka R. above sett., 4 Kr.b. – Krestovka R. below sett., 5 M.Ch.a. – M. Cheremshanka above sett., 6 M.Ch.b. – M. Cheremshanka R. below sett., 7 B.Ch.a. – B. Cheremshanka above sett., 8 B.Ch.b. – B. Cheremshanka R. below sett. The color indicates where the norm is exceeded. Exceeding the standard by < 1-3 times < 3-6 times < 6-10 times < 10 or more times, ND – no data

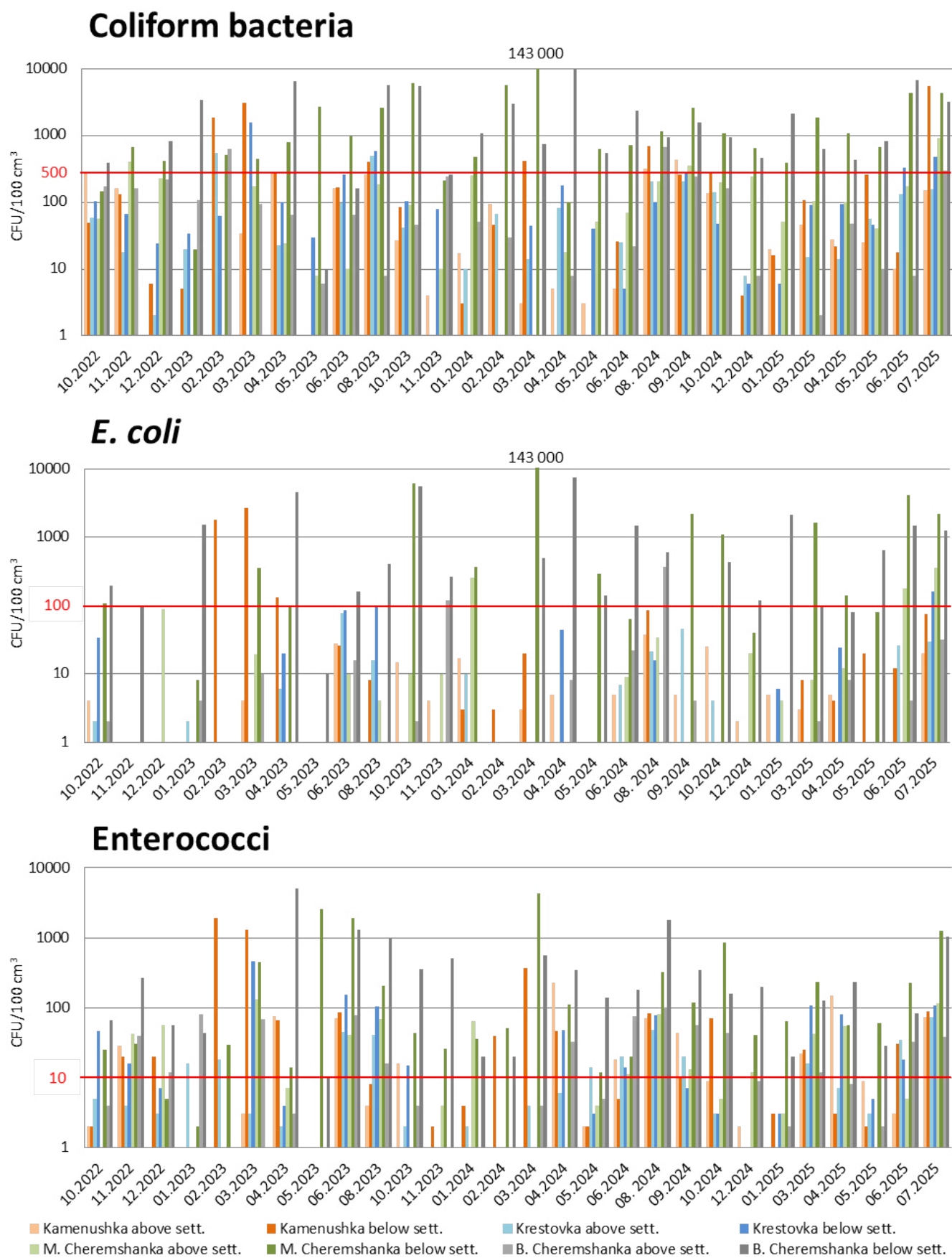


Fig.2. The number of sanitary-indicative groups of microorganisms in water samples of the Kamenushka, Krestovka, M. and B. Cheremshanka Rivers above and below Listvyanka settlement from October 2022 to July 2025. The SanPiN 1.2.3685-21 standards are indicated in red.

The number of *E. coli* exceeded the SanPiN standards in 17% of samples taken, as well as in most cases of the mouths of M. Cheremshanka and B. Cheremshanka Rivers. In the B. Cheremshanka River, 69% of the 26 samples did not meet the SanPiN standards, in M. Cheremshanka River – 43%, and in the Kamenushka and Krestovka Rivers – 11% and 3.5%, respectively. The maximum abundance (143 000 CFU/100 cm³) was detected at the mouth of the M. Cheremshanka River in March 2024 exceeding the standard by 1 430 times. High values were also observed in October 2023 – 6 160, and in June 2025 – 4 200 (Table). A large number of *E. coli* was found in the water samples of the B. Cheremshanka River in 2023: in April – 4 500 CFU/100 cm³, in October – 5 600 and in April 2024 – 7 440 CFU/100 cm³, which exceeded the standard by 45, 56 and 74 times, respectively.

Enterococci exceeded the SanPiN standard in 58% of the analyzed samples. At the mouths of the M. and B. Cheremshanka Rivers, 93% of samples did not meet SanPiN, in the Kamenushka River – 50%, and in the Krestovka River – 46%. The maximum number of enterococci (5 000 CFU/100 cm³) was detected in the B. Cheremshanka River in March 2023 exceeding the standard by 500 times, in June 2023 – by 1 300 times and in August 2024 – by 1 820 times (Table). In the M. Cheremshanka River, the maximum (4 300 CFU/100 cm³) was observed in March 2024, high values (2 530) were also recorded in May 2023, in June – 1 900, and in July 2025 – 1 264.

In the seasonal aspect, the highest number of sanitary-indicative groups of microorganisms was observed in all the rivers studied during the spring months (March and April), when runoff was at its lowest and additional amounts of organic matter and biogenic elements entered the riverbeds with meltwater (Malnik et al., 2019b).

4. Conclusions

The results of the monitoring enable us to conclude that the waters of tributaries of the M. Cheremshanka, B. Cheremshanka, and Kamenushka Rivers are intensively influenced by anthropogenic activity of Listvyanka settlement. During the whole study period the exceedances in the SanPiN standards were recorded in the estuary zones of the B. and M. Cheremshanka Rivers. Besides, the waters of M. and B. Cheremshanka constantly bring large number of fecal bacteria to Lake Baikal, negatively affecting the sanitary-bacteriological conditions in the coastal zone.

The maximum values of enterococci and *E. coli* increased in the B. and M. Cheremshanka Rivers compared to 2015-2016.

Thus, currently, Listvyanka settlement urgently requires the construction of efficient wastewater treatment systems.

Acknowledgements

The study was carried out within the State Assignments No. FWSR-0279-2021-0015 and No. 0279-2021-0014.

Conflict of interest

The authors declare no conflicts of interest.

References

- 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)
- Evstropieva O.V., Budaeva D.G., Bardach A.V. 2021. Tourist and recreational zoning of the Central Economic Zone of the BPT. In: *Atlas of the Baikal region: society and nature*. Irkutsk, pp. 175–176. (in Russian)
- Fialkov V.A., Kuzevanova E.N., Kupchinskiy A.B. 2023. History of reconstruction and development of the Baikal museum: 1993–2023. In: *Proceedings of the IV All-Russian scientific and practical conference "Development of life in the process of abiotic changes on earth"*, pp. 249. DOI: [10.24412/cl-34446-2023-4-249-258](https://doi.org/10.24412/cl-34446-2023-4-249-258) (in Russian)
- GOST 31942-2012. 2014. Drinking water. «Sampling for microbiological analysis» (in Russian)
- Khodzher T.V., Domyшева V.M., Sorokovikova L.M. et al. 2017. Current chemical composition of Lake Baikal water. *Inland Waters* 7(3): 250–258. DOI: [10.1080/20442041.2017.1329982](https://doi.org/10.1080/20442041.2017.1329982)
- Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V. et al. 2012. Disturbances of the Vertical Zoning of Green Algae in the Coastal Part of the Listvennichnyi Gulf of Lake Baikal. *Doklady Biological Sciences* 448: 227–229. DOI: [10.1134/S0012496612060026](https://doi.org/10.1134/S0012496612060026)
- Kravtsova L.S., Izhboldina L.A., Khanaev I.V. et al. 2014. Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal. *Great Lakes Research* 40: 441–448.
- Malnik V.V., Shtykova Yu.R., Suturin A.N. et al. 2019. Influence of settlements on sanitary-microbiological status of small tributaries and coastal waters as exemplified by Listvennichnyi Bay (South Baikal) *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources] 40 (4): 84–92. DOI: [10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(84-92\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(84-92)) (in Russian)
- Malnik V.V., Timoshkin O.A., Suturin A.N. et al. 2019. Anthropogenic Changes in the Hydrochemical and Sanitary-Microbiological Characteristics of Water Quality in Southern Baikal Tributaries: Listvennichnyi Bay. *Water Resources* 46(5): 748–758. DOI: [10.1134/S0097807819050154](https://doi.org/10.1134/S0097807819050154)
- MUK 4.2.3963–23. 2023. «Bacteriological Methods for Water Investigation» Moscow: Rospotrebnadzor Federal Center of Hygiene and Epidemiology. (in Russian)
- Onishchuk N.A., Tomberg I.V., Netsvetava O.G. 2024. Current assessment of nitrogen and phosphorus content in the river water and snow cover of the Southern Baikal basin. *Limnology and Freshwater Biology* 5: 1337–1356. DOI: [10.31951/2658-3518-2024-A-5-1337](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-5-1337)
- Podlesnaya G.V., Galachyants A.D., Shtykova Yu.R. et al. 2022. Sanitary-microbiological Assessment of the Water Quality in the Listvennichnyi bay at the Period of Extremely High Water Level in Lake Baikal. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and natural resources] 5: 163–169. DOI: [10.15372/GIPR20220517](https://doi.org/10.15372/GIPR20220517) (in Russian)
- SanPiN 1.2.3685-21. 2021. Sanitary Rules & Normatives «Hygienic standards and requirements for ensuring safety and (or) harmlessness of environmental factors for humans». (in Russian)
- Shtykova Yu.R., Suslova M.Yu., Drucker V.V. et al. 2019. Microbiological water quality of Lake Baikal: a review. *Limnology and Freshwater Biology* 2: 210–217. DOI: [10.31951/2658-3518-2019-A-2-210](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2019-A-2-210)

Suslova M.Yu., Podlesnaya G.V., Zimens E.A. et al. 2022. Sanitary-microbiological characteristics of the coastal zone of Lake Baikal during the seasonal change in the lake level in 2022. *Limnology and Freshwater Biology* 6: 1724–1727. DOI: [10.31951/2658-3518-2022-A-6-1724](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-6-1724)

Tymchuk S.N., Larin V.E., Sokolov D.M. 2013. The most significant sanitary and microbiological indicators for assessing the quality of drinking water. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika* [Water supply and sanitary engineering] 11: 8–15. (in Russian)

Влияние антропогенной деятельности на качество рек рп. Листвянка (Южный Байкал)



Суслова М.Ю.^{*}, Кан Г.В.^{*}, Марченко А.Э., Онищук Н.А.^{*}, Белых О.И.^{*}

Лимнологический институт Сибирского отделения РАН, ул. Улан-Баторская, 3, Иркутск, 664033, Россия

АННОТАЦИЯ. Представлены результаты микробиологических исследований качества вод четырех притоков Южного Байкала зал. Лиственнический. Ежемесячный мониторинг с октября 2022 г. по июль 2025 г. показал ухудшение качества вод и увеличение численности санитарно-показательных групп микроорганизмов в приустьевом участке рек относительно фоновой зоны выше влияния рп. Листвянка. Таким образом, число обобщенных колиформных бактерий в среднем по рекам увеличивается в 17 раз, *E. coli* – в 55 и энтерококков – в 11. За последнее десятилетие качество вод рек Малой и Большой Черемшанки остаётся низким, так по сравнению с исследованиями 2015-2016 гг. максимальные значения численности энтерококков в р. Б. Черемшанка увеличились в 3 раза, р. М. Черемшанка в 5 раз, а количество *E. coli* в 2 и 23 раза соответственно.

Ключевые слова: притоки оз. Байкал, зал. Лиственнический, санитарно-показательные микроорганизмы, обобщенные колиформные бактерии, энтерококки, *E. coli*

Для цитирования: Суслова М.Ю., Кан Г.В., Марченко А.Э., Онищук Н.А., Белых О.И. Влияние антропогенной деятельности на качество рек рп. Листвянка (Южный Байкал) // Limnology and Freshwater Biology. 2025. - № 4. - С. 895-906. DOI: 10.31951/2658-3518-2025-A-4-895

1. Введение

Листвянка является популярным местом посещения оз. Байкал, близким к г. Иркутску и, как следствие, привлекает большое количество туристов. Только количество посетителей Байкальского музея расположенного на въезде в рабочий поселок увеличилось с 100 тыс. в 2022 г. (Фиалков и др., 2023) до 147.5 тыс. в 2024 г. Антропогенная нагрузка значительно возросла на территории рп. Листвянка, которую в последнее время активно застраивают турбазами и гостиницами. Гостиничные комплексы чаще всего оборудованы не герметичными выгребными ямами. Централизованная система очистки сточных вод в поселке отсутствует, таким образом, большая часть сточных вод пассивно фильтруется через грунт и сливается в притоки, попадая в прибрежную зону оз. Байкал. Ранее в рамках работ, проводимых Лимнологическим институтом, было показано низкое качество вод в устьях рек зал. Лиственнический (Кравцова и др., 2012; Kravtsova et al., 2014), а также отмечено его ухудшение относительно фона выше поселка (Мальник и др., 2019a; b). Сравнительный анализ данных показал, что концентрация основных ионов в большинстве слу-

чаев имеет близкие значения, а содержание фосфатов и нитритов значительно возрастает в границах поселка в результате хозяйственно-бытовой деятельности (Onishchuk et al., 2024). Основными источниками загрязнения речных водотоков являются стоки рп. Листвянка. Воды рек, попадая в оз. Байкал, ухудшают качество вод в прибрежной зоне (Кравцова и др., 2012, Мальник и др., 2019a; b).

Побережье озера испытывает высокую рекреационную нагрузку – растущие потоки туристов влекут за собой многочисленный палаточный отдых, бесконтрольное строительство баз отдыха, не имеющих систем сбора и очистки сточных вод, а также увеличение количества кораблей (Евстропьева и др., 2021). Данные обстоятельства привели к многократному увеличению поступления в прибрежную зону соединений азота, фосфора (Khodzher et al., 2017) и условно-патогенных микроорганизмов (Drucker et al., 2023; Suslova et al., 2022, Shtykova et al., 2019). В период с 2017 по 2021 гг. показано, что уровень фекального загрязнения в зал. Лиственнический менялся в зависимости от сезона и значительно различался на отдельных станциях отбора проб. В летне-осенний период наблюдали более высокую численность санитарно-показательных

*Автор для переписки.

Адрес e-mail: suslova@lin.irk.ru (М.Ю. Суслова)

Поступила: 20 июля 2025; Принята: 15 августа 2025;

Опубликована online: 31 августа 2025

© Автор(ы) 2025. Эта работа распространяется под международной лицензией Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0.



микроорганизмов по сравнению с весенним, что связано с возрастающей по ходу сезона антропогенной нагрузкой. Максимальные значения численности термотолерантных колиформных бактерий и энтерококков определяли на станциях, где в озеро попадают неочищенные сточные воды (Подлесная и др., 2022).

Увеличение антропогенной нагрузки на оз. Байкал обуславливает необходимость проведения регулярных исследований по оценке качества вод его притоков.

Цель исследования – мониторинг численности санитарно-микробиологических показателей качества воды четырех притоков Южного Байкала (зал. Лиственнический) и сравнение с ранее полученными данными.

2. Материалы и методы

Пробы поверхностных вод рек Каменушка, Крестовка, Малая Черемшанка и Большая Черемшанка отбирали каждый месяц с октября 2022 г. по июль 2025 г. Пробоотбор осуществляли, следуя ГОСТ 31942–2012 в двух створах: один фоновый расположенный выше рп. Листвянка, другой – в приустьевой части рек, впадающих в оз. Байкал (Рис. 1). Всего проанализировано 216 проб согласно методическим указаниям МУК 4.2.3963–23 «Бактериологические методы исследования воды». Методом мембранной фильтрации на дифференциально-диагностических средах, проводили идентификацию и определение численности трех основных санитарно-бактериологических показателей: 1) обобщенные колиформные бактерии (ОКБ), 2) *E. coli* (Тымчук и др., 2013) и 3) энтерококки.

3. Результаты и обсуждение

В результате исследования получены данные по численности санитарно-показательных групп бактерий (Таблица). На Рисунке 2 представлены гистограммы численности ОКБ, *E. coli* и энтерококков в пробах воды рек: Каменушка, Крестовка, М. и Б. Черемшанки выше и ниже рп. Листвянка с октября 2022 г. по июль 2025 г.

Показано, что количество основных показателей в водах исследуемых рек в приустьевых участках в отличие от фоновых районов вне влияния поселка намного выше. Таким образом, численность исследуемых показателей в р. Каменушка в среднем увеличивалась в 10 раз, в Малой и Большой Черемшанках в 66 и 30 раз соответственно. Такая тенденция в меньшей степени замечена на р. Крестовка, где численность основных показателей в среднем отличалась в 2 раза, поскольку эта река более многоводна, как было отмечено ранее (Мальник и др., 2019b). Учитывая полученные данные численности каждого показателя во всех реках рп. Листвянка, наблюдается увеличение числа ОКБ в среднем по рекам в 17 раз, *E. coli* – в 55 и энтерококков – в 11.

Оценка качества речных вод выполнена в соответствии с санитарными правилами СанПиН 1.2.3685-21. Согласно нормативам поверхностных вод, используемых для рекреации, индикаторный показатель ОКБ не должен превышать 500 КОЕ/100 см³, индексные показатели, отражающие степень недавнего фекального загрязнения – *E. coli* и энтерококки, 100 КОЕ/100 см³ и 10 КОЕ/100 см³ соответственно.

За исследуемый период выявлено 60% нестандартных проб, которые не соответствовали требованиям поверхностных вод СанПиН.

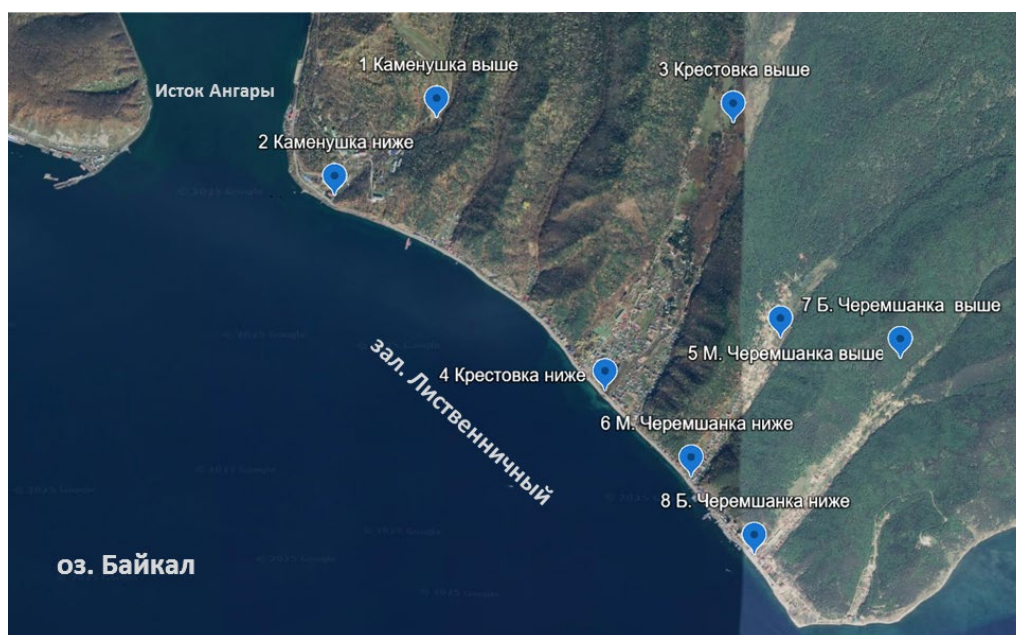


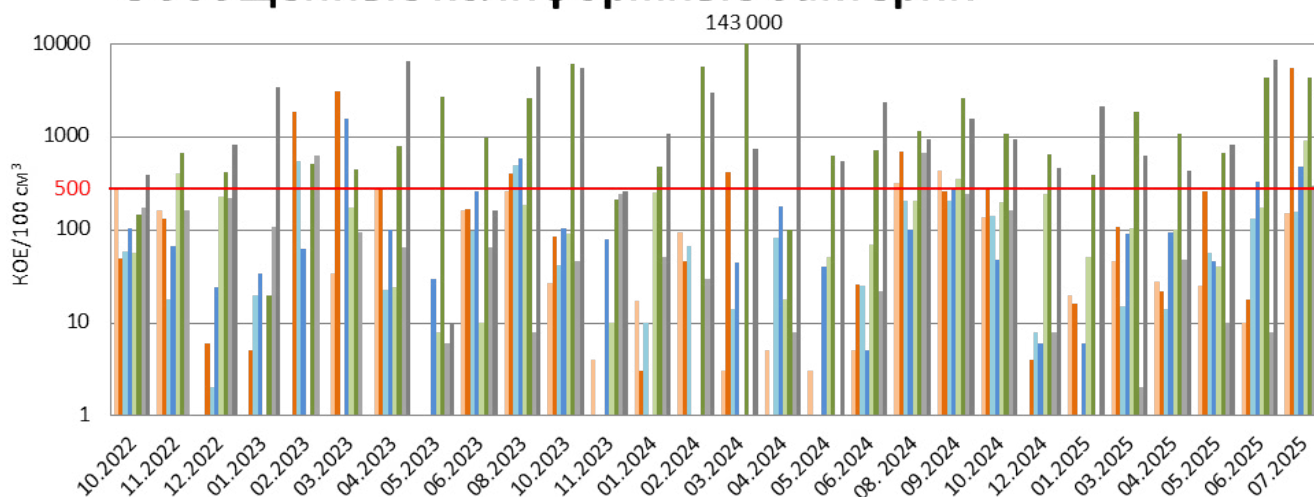
Рис.1. Станции отбора проб воды рек Каменушка, Крестовка, Малая Черемшанка и Большая Черемшанка выше и ниже рп. Листвянка.

Таблица. Численность санитарно-микробиологических показателей в воде рек рп. Листвянка с октября 2022 г. по июль 2025 г.

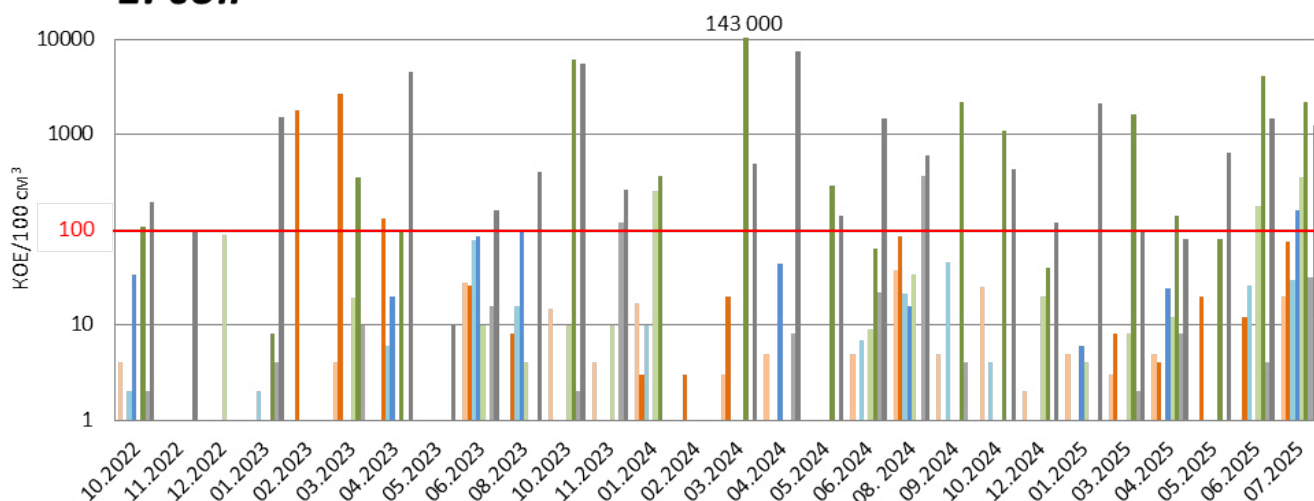
	10.2022	11.2022	12.2022	01.2023	02.2023	03.2023	04.2023	05.2023	06.2023	08.2023	10.2023	11.2023	01.2024	02.2024	03.2024	04.2024	05.2024	06.2024	08.2024	09.2024	10.2024	12.2024	01.2025	03.2025	04.2025	05.2025	06.2025	07.2025
Обобщенные колиформные бактерии, КОЕ/100 см³, норма до 500																												
1 Кам.в.	272	160	НД	НД	НД	34	279	0	160	264	27	4	17	93	3	5	3	5	317	429	139	0	20	46	28	25	10	150
2 Кам.н.	50	134	6	5	1900	3170	270	0	166	408	85	0	3	46	428	0	0	26	696	264	286	4	16	108	22	260	18	5600
3 Кр.в.	58	18	2	20	549	1	23	1	98	496	42	0	10	68	14	81	1	25	207	208	144	8	0	15	14	57	133	155
4 Кр.н.	104	68	24	34	63	1610	100	30	260	600	104	80	0	0	45	180	40	5	100	274	48	6	6	92	94	46	330	490
5 М.Ч.в.	57	410	228	НД	НД	174	24	8	10	184	90	10	254	0	НД	18	51	69	204	360	196	242	52	104	100	40	176	916
6 М.Ч.н.	148	678	426	20	520	450	790	2700	1000	2624	6160	210	490	5680	143000	100	624	724	1160	2640	1100	660	400	1860	1100	680	4340	4440
7 Б.Ч.в.	172	162	220	108	636	94	64	6	64	8	46	246	52	30	0	8	0	22	672	244	164	8	0	2	48	10	8	304
8 Б.Ч.н.	388	НД	828	3430	НД	НД	6500	10	160	5680	5600	260	1080	3020	740	9840	560	2420	940	1600	940	460	2120	640	440	840	6800	3240
E. coli, КОЕ/100 см³, норма до 100																												
1 Кам.в.	4	0	НД	НД	НД	4	0	0	28	0	15	4	17	0	3	5	0	5	37	5	25	2	5	3	5	0	0	20
2 Кам.н.	0	0	0	0	1800	2670	130	0	26	8	0	0	3	3	20	0	0	0	86	0	0	0	0	8	4	20	12	76
3 Кр.в.	2	0	0	2	1	0	6	1	78	16	0	0	10	0	0	1	0	7	21	46	4	0	0	1	0	0	26	30
4 Кр.н.	34	0	0	0	0	0	20	0	86	96	0	0		0	0	44	0	0	16	0	0	1	6	0	24	0	0	160
5 М.Ч.в.	0	0	88	НД	НД	19	0	0	10	4	10	10	254	0	НД	1	0	9	34	0	0	20	4	8	12	0	176	356
6 М.Ч.н.	108	0	0	8	0	360	100	0	0	0	6160	0	370	0	143000	0	292	64	0	2240	1100	40	0	1640	140	80	4200	2200
7 Б.Ч.в.	2	0	0	4	0	10	0	0	16	0	2	120	0	0	0	8	0	22	372	4	0	0	0	2	8	0	4	32
8 Б.Ч.н.	194	95	0	1530	НД	НД	4500	10	160	400	5600	260	0	0	500	7440	140	1460	600	0	440	120	2120	100	80	640	1480	1240
Энтерококки, КОЕ/100 см³, норма до 10																												
1 Кам.в.	2	28	НД	НД	НД	3	74	0	70	4	16	0	0	0	0	224	2	18	70	44	9	2	0	22	150	9	3	73
2 Кам.н.	2	20	20	1	1890	1310	66	0	85	8	0	2	4	39	371	46	2	5	84	10	70	0	3	25	3	2	30	88
3 Кр.в.	5	4	3	16	18	3	2	0	45	40	2	0	2	1	4	6	14	20	47	20	3	0	0	16	7	3	35	73
4 Кр.н.	46	16	7	0	1	460	4	0	154	104	15	1	0	0	0	48	3	14	77	7	3	1	3	109	80	5	18	107
5 М.Ч.в.	1	42	56	НД	НД	130	7	0	41	68	0	4	64	0	НД	0	4	11	80	13	5	12	3	42	55	1	5	116
6 М.Ч.н.	25	30	5	2	29	440	14	2530	1900	204	44	26	36	51	4300	111	12	20	320	118	840	40	64	236	56	60	224	1264
7 Б.Ч.в.	4	39	12	79	1	68	3	0	78	16	4	0	1	0	4	32	5	76	101	56	44	9	2	12	8	2	32	38
8 Б.Ч.н.	66	268	56	44	НД	НД	5000	10	1300	960	360	500	20	20	560	340	140	180	1820	340	160	200	20	128	234	28	84	1036

Примечание: 1 Кам.в. – р. Каменушка, выше рп., 2 Кам.н. – р. Каменушка, ниже рп., 3 Кр.в. – р. Крестовка, выше рп., 4 Кр.н. – р. Крестовка, ниже рп., 5 М.Ч.в. – р. М. Черемшанка, выше рп., 6 М.Ч.н. – р. М. Черемшанка, ниже рп., 7 Б.Ч.в. – р. Б. Черемшанка, выше рп., 8 Б.Ч.н. – р. Б. Черемшанка, ниже рп. Цветом обозначены превышения нормы. Превышение норматива в < 1-3 раз < 3-6 раз < 6-10 раз < 10 и более раз. НД – нет данных.

Обобщенные колиформные бактерии



E. coli



Энтерококки

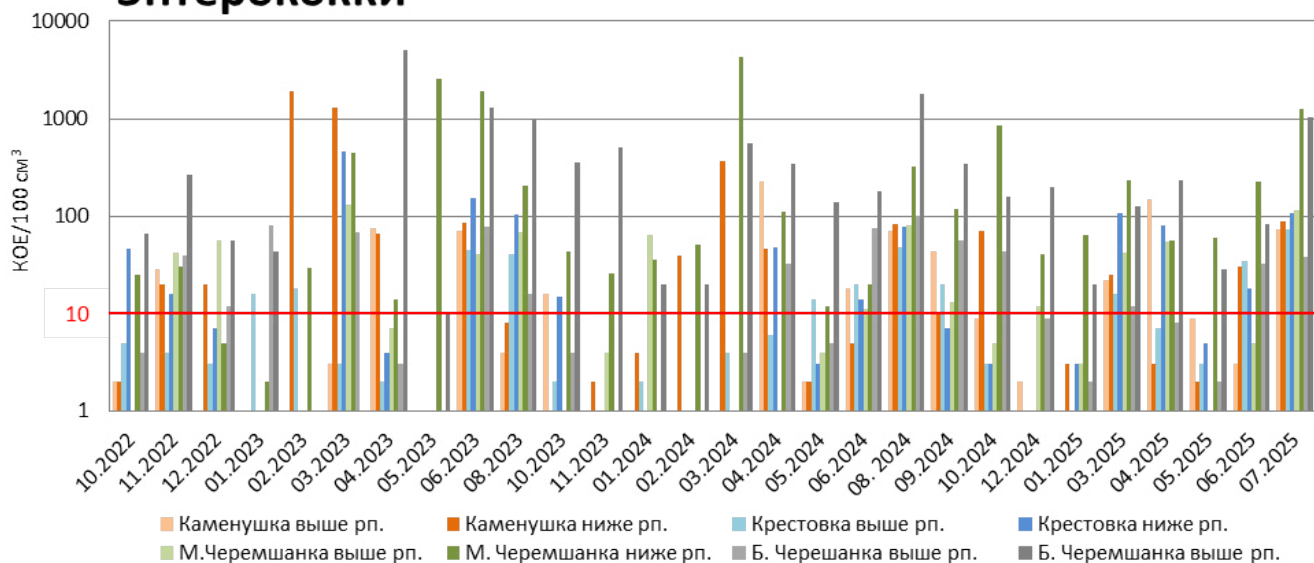


Рис.2. Численность санитарно-показательных групп микроорганизмов в пробах воды рек: Каменушка, Крестовка, Малая и Большая Черемшанки выше и ниже рп. Листвянка с октября 2022 г. по июль 2025 г. Красным выделены нормы СанПиН 1.2.3685-21.

Обобщенные колиформные бактерии численно превышали нормативы СанПиН в 22% исследуемых проб, преимущественно в устьях рек М. Черемшанка и Б. Черемшанка. В Б. Черемшанке из 25 проб не соответствовали СанПиН 76% проб, в М. Черемшанке 71%, в Каменушке 14% и Крестовке 7%. Максимальную численность детектировали в устье р. М. Черемшанка в марте 2024 г. – 143 000 КОЕ/100 см³, что превысило норматив в 286 раз, также высокие значения наблюдали в октябре в 2023 г. – 6 160 и в феврале 2024 г. – 5 680 (Таблица). Большое количество ОКБ выявили в пробах воды реки Б. Черемшанка в 2023 г. в апреле – 6 500 КОЕ/100 см³, августе – 5 680, октябре – 5 600, в апреле 2024 г. – 9 840 КОЕ/100 см³ и в июне 2025 г. – 6 800, что превышало норматив в 13, 11, 11, 20 и 14 раза соответственно.

Численность *E. coli* выходила за пределы регламента СанПиН в 17% отобранных проб, также в большинстве случаев в устьях рек М. Черемшанка и Б. Черемшанка. В Б. Черемшанке из 26 проб не соответствовали СанПиН 69% проб, в М. Черемшанке 43%, в Каменушке 11% и Крестовке 3.5%. Максимальная численность – 143 000 КОЕ/100 см³ выявлена в устье р. М. Черемшанка в марте 2024 г., что превысило норматив в 1430 раз, также высокие значения наблюдали в октябре в 2023 г. – 6 160 и в июне 2025 г. – 4 200 (Таблица). Большое количество *E. coli* обнаружено в пробах воды реки Б. Черемшанка в 2023 г. в апреле – 4 500 КОЕ/100 см³, октябре – 5 600 и в апреле 2024 г. – 7 440 КОЕ/100 см³, что превышало норматив в 45, 56 и 74 раза соответственно.

Энтерококки превышали норматив СанПиН в 58% анализируемых проб. В устьях рек М. и Б. Черемшанка 93% проб не соответствовали СанПиН, в Каменушке – 50% и Крестовке – 46%. Максимальную численность энтерококков детектировали в марте 2023 г в р. Б. Черемшанка – 5 000 КОЕ/100 см³, что превысило норматив в 500 раз, в июне 2023 г. – 1 300 и в августе 2024 г. – 1 820 (Таблица). В М. Черемшанке максимум пришелся на март 2024 г. – 4 300 КОЕ/100 см³, так же высокие значения определили в 2023 г. в мае – 2 530, июне – 1 900 и в июле 2025 г. – 1 264.

В сезонном аспекте отмечали максимальную численность санитарно-показательных групп микроорганизмов во всех исследуемых реках в весенний период (март, апрель), когда сток минимальный и в русло рек с тальми водами поступает дополнительное количество органики и биогенных элементов (Мальник и др., 2019b).

4. Выводы

Результаты настоящего мониторинга позволяют сделать вывод, что воды притоков Б. Черемшанка, М. Черемшанка и Каменушка подвержены интенсивному влиянию антропогенной деятельности рп. Листвянка. В течение всего исследуемого периода регистрировали превышения нормативов СанПиН в приустьевых участках рек Б. и М. Черемшанка.

Кроме того, воды рек Б. и М. Черемшанка постоянно привносят значительные количества фекальных бактерий в оз. Байкал, оказывая негативное воздействие на санитарно-бактериологическую обстановку прибрежной зоны.

Максимальные значения численности энтерококков и *E. coli* увеличились в р. Б. и М. Черемшанка по сравнению с 2015-2016 гг.

Таким образом, в настоящее время в рп. Листвянка как никогда назрела необходимость строительства эффективных очистных сооружений сточных бытовых вод.

Благодарности

Работа выполнена в рамках тем государственных заданий №0279-2021-0015 и №0279-2021-0014.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

- ГОСТ 31942–2012. 2014. Международный стандарт. Вода. Отбор проб для микробиологического анализа. М: Стандартинформ.
- Евстропьева О.В., Будаева Д.Г., Бардаш А.В. 2021. Туристско-рекреационное зонирование ЦЭЗ БПТ В: Атлас байкальский регион: общество и природа, Иркутск, С. 175–176.
- Кравцова Л.С., Ижболдина Л.А., Ханаев И.В. и др. 2012. Нарушение вертикальной зональности зеленых водорослей в прибрежной части залива Лиственничный озера Байкал. Доклады Академии наук (Общая биология) 447(2): 227–229.
- Мальник В.В., Штыкова Ю.Р., Сутурин А.Н. и др. 2019. Влияние населенных пунктов на санитарно-микробиологическое состояние малых притоков и прибрежных вод на примере залива Лиственничный (Южный Байкал). География и природные ресурсы 40 (4): 84–92. DOI: [10.21782/GIPR0206-1619-2019-4\(84-92\)](https://doi.org/10.21782/GIPR0206-1619-2019-4(84-92))
- Мальник В.В., Тимошкин О.А., Сутурин А.Н. и др. 2019. Антропогенные изменения гидрохимических и санитарно-микробиологических показателей качества воды в притоках южного Байкала (зал. Лиственничный). Водные ресурсы 46(5): 533–543. DOI: [10.31857/S0321-0596465533-543](https://doi.org/10.31857/S0321-0596465533-543)
- МУК 4.2.3963–23. 2023. Бактериологические методы исследования воды. М: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора.
- Подлесная Г.В., Галачянц А.Д., Штыкова Ю.Р. и др. 2022. Санитарно-микробиологическая оценка качества воды 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)
- СанПиН 1.2.3685-21. 2021. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».
- Тымчук С.Н., Ларин В.Е., Соколов Д.М. 2013. Наиболее значимые санитарно-микробиологические показатели оценки качества питьевой воды. Водоснабжение и санитарная техника 11: 8–15.
- Фиалков В.А., Кузеванова Е.Н., Купчинский А.Б. 2023. История реконструкции и развития байкальского музея:

1993–2023 гг. В: Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции «Развитие жизни в процессе абиотических изменений на земле», С. 249. DOI: [10.24412/cl-34446-2023-4-249-258](https://doi.org/10.24412/cl-34446-2023-4-249-258)

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)

Khodzher T.V., Domyshva V.M., Sorokovikova L.M. et al. 2017. Current chemical composition of Lake Baikal water. *Inland Waters* 7(3): 250–258. DOI: [10.1080/20442041.2017.1329982](https://doi.org/10.1080/20442041.2017.1329982)

Kravtsova L.S., Izboldina L.A., Khanaev I.V. et al. 2014. Nearshore benthic blooms of filamentous green algae in Lake Baikal. *Great Lakes Research* 40: 441–448.

Onishchuk N.A., Tomberg I.V., Netsvetaeva O.G. 2024. Current assessment of nitrogen and phosphorus content in the river water and snow cover of the Southern Baikal basin. *Limnology and Freshwater Biology* 5: 1337–1356. DOI: [10.31951/2658-3518-2024-A-5-1337](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-5-1337)

Shtykova Yu.R., Suslova M.Yu., Drucker V.V. et al. 2019. Microbiological water quality of Lake Baikal: a review. *Limnology and Freshwater Biology* 2: 210–217. DOI: [10.31951/2658-3518-2019-A-2-210](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2019-A-2-210)

Suslova M.Yu., Podlesnaya G.V., Zimens E.A. et al. 2022. Sanitary-microbiological characteristics of the coastal zone of Lake Baikal during the seasonal change in the lake level in 2022. *Limnology and Freshwater Biology* 6: 1724–1727. DOI: [10.31951/2658-3518-2022-A-6-1724](https://doi.org/10.31951/2658-3518-2022-A-6-1724)