



Богданова О.Г.¹, Марактаев З.В.², Ефимова Н.В.¹, Панков В.А.¹

Качество питьевой воды подземных источников водоснабжения сельских территорий: состояние и оценка риска для здоровья

¹ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований», 665826, Ангарск, Россия;

²ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия», 670047, Улан-Удэ, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В соответствии с федеральным проектом «Вода России» особую значимость приобретают мероприятия, обеспечивающие безопасность питьевой воды как фактор сохранения здоровья населения.

Цель — оценить качество и безопасность для здоровья населения сельских территорий южного Прибайкалья питьевой воды из подземных источников водоснабжения.

Материалы и методы. В исследовании использованы данные регионального информационного фонда за период с 2015 по 2024 г. Качество и безопасность питьевой воды из подземных источников нецентрализованного водоснабжения определяли в девяти муниципальных образованиях Республики Бурятия с учётом гигиенических критериев, интегральной оценки и оценки неканцерогенного риска для сельского населения по приоритетным химическим загрязнителям. Статистическая значимость различий принята при $p < 0,05$.

Результаты. За изученный период количество исследованных проб увеличилось в 2,2 раза, число показателей выросло с 47 до 54, произошло снижение удельного веса проб, не соответствующих гигиеническим нормативам, в 1,4 раза. Вместе с тем превышение гигиенических нормативов зафиксировано по 18 показателям, а для двух веществ установлены повышенные коэффициенты опасности. В Тарбагатайском, Иволгинском и Кабанском районах сохраняется несоответствие питьевой воды гигиеническим нормативам, обусловленное влиянием антропогенных факторов и гидрогеологическими условиями залегания подземных вод. Оценка неканцерогенного риска показала, что для здоровья детей Мухоршибирского и Иволгинского районов существует вероятность развития вредных эффектов при ежедневном поступлении нитратов и фтора с питьевой водой в течение жизни ($HQ > 1$).

Ограничения исследования. К основным ограничениям относятся периодичность мониторинга, ограниченность знаний о суммарном эффекте химических веществ в воде, оцениваемых с помощью индекса качества.

Заключение. По индексу качества питьевой воды в сельских территориях южного Прибайкалья выделены семь районов, вода которых оценена как очень чистая, и два района с умеренно загрязнённой водой.

Ключевые слова: вода питьевая; качество; безопасность; подземные источники; нецентрализованное водоснабжение; нитраты; сельское население; Республика Бурятия

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует представления заключения комитета по биомедицинской этике.

Для цитирования: Богданова О.Г., Марактаев З.В., Ефимова Н.В., Панков В.А. Качество питьевой воды подземных источников водоснабжения сельских территорий: состояние и оценка риска для здоровья. *Гигиена и санитария*. 2026; 105(6): 682–689. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-6-682-689> <https://elibrary.ru/yiceic>

Для корреспонденции: Богданова Ольга Георгиевна, e-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Вклад авторов: Богданова О.Г. — концепция и дизайн исследования, сбор материала, анализ и интерпретация данных, написание текста, редактирование; Марактаев З.В. — организация исследования, сбор материала, статистическая обработка данных, написание первичного варианта текста; Ефимова Н.В. — дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, редактирование; Панков В.А. — анализ и интерпретация данных, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех её частей.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ ВСИМЭИ.

Поступила: 31.05.2026 / Принята к печати: 18.06.2026 / Опубликовано: 31.07.2026

Olga G. Bogdanova¹, Zorikto V. Maraktaev², Natalia V. Efimova¹, Vladimir A. Pankov¹

Quality of drinking water of underground water supply sources in rural areas: status and health risk assessment

¹East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation;

²Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Buryatia, Ulan-Ude, 670047, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Taking into account the key activities of the federal project «Water of Russia», the preservation of public health is of particular importance.

Aim of the study. To assess the quality and safety of drinking water from underground water supply sources for the health of the population living in rural areas of the southern Baikal region.

Materials and methods. Study used data from the regional information fund for 2015–2024. An assessment of the quality and safety of drinking water from underground sources in nine districts of the Republic of Buryatia was carried out, taking into account hygienic criteria, integral assessment and risk assessment of priority chemical pollutants. Statistical significance at $p < 0.05$.

Results. During the study period, there was a 2.2-fold increase in the number of samples tested and indicators from 47 to 54 and a 1.4-fold decrease in the specific gravity of samples that did not meet hygienic criteria. At the same time, there are excess hygienic standards for 18 indicators and increased values of hazard coefficients for two substances. In the Tarbagatai, Ivolginsky, and Kabansky districts, the discrepancy between drinking water and hygienic standards remains due to the influence of anthropogenic factors and the hydrogeological conditions of groundwater that contribute to them.

Limitations. Frequency of monitoring, limited knowledge of cumulative effect of chemicals presents in water assessed by water quality index.

Conclusion. According to the drinking water quality index in rural areas of the southern Baikal region, 7 districts with “very clean” water and 2 with “moderately polluted” were distinguished.

Keywords: drinking water; quality; safety; underground springs; non-centralized water supply; nitrates; rural population; Republic of Buryatia

Compliance with ethical standards. The study does not require the submission of the conclusion of the Biomedical Ethics Committee.

For citation: Bogdanova O.G., Maraktaev Z.V., Efimova N.V., Pankov V.A. Quality of drinking water of underground water supply sources in rural areas: status and health risk assessment. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2026; 105(6): 682–689. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2026-105-6-682-689> <https://elibrary.ru/yiceic> (In Russ.)

For correspondence: Olga G. Bogdanova, e-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Contribution: Bogdanova O.G. — concept and design of the study, collection of material, analysis and interpretation of data, writing text, editing; Maraktaev Z.V. — organization of the study, collecting material, statistical data processing, writing the primary version of the text; Efimova N.V. — study design, analysis and interpretation of data, editing. Pankov V.A. — analysis and interpretation of data, editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Funding. The study was performed within the framework of the state assignment of East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research

Received: May 31, 2026 / Accepted: June 18, 2026 / Published: July 31, 2026

Введение

Особое значение среди факторов среды обитания, влияющих на здоровье населения, по мнению как отечественных [1–4], так и зарубежных [5–7] авторов, имеет качественная и безопасная питьевая вода. В докладе Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) [8] отмечено, что в 2022 г. 2,2 млрд человек по-прежнему не обеспечены безопасной питьевой водой. Среди 142 стран Россия по доле населения, обеспеченного безопасной питьевой водой, отнесена к четвёртому кластеру с показателем от 75–99% [8]. С 01 января 2025 г. реализуется федеральный проект «Вода России» национального проекта «Экологическое благополучие», созданный во исполнение Указа Президента Российской Федерации¹. К целевым задачам данного проекта отнесены сохранение уникальной экологической системы озера Байкал и формирование бережного отношения к водным ресурсам. Качество и показатель безопасности питьевой воды зачастую не соответствуют гигиеническим нормативам², что обусловлено влиянием природных и антропогенных факторов [2, 9–12]. К природным факторам, определяющим качество воды подземных водоисточников, относится воздействие паводков, наводнений и маловодия на территории южного Прибайкалья [13, 14], к антропогенным факторам относятся промышленные и сельскохозяйственные предприятия, Восточно-Сибирская железная дорога, федеральная автомобильная дорога «Байкал» (Р258), определённое воздействие оказывает Иркутская ГЭС [15, 16]. В связи с этим понимание причин нарушений качества и безопасности питьевой воды может помочь в разработке оптимальных подходов к преодолению этих проблем, особенно в сельских районах. На территории южного Прибайкалья в Республике Бурятия расположены девять муниципальных образований, в которых, по итогам Всероссийской переписи населения 2020 г. [17], проживает 58,7% населения республики.

В связи с вышеуказанным *целью настоящего исследования* — оценка качества и безопасности питьевой воды из подземных источников водоснабжения для здоровья населения, проживающего на сельских территориях южного Прибайкалья.

Материалы и методы

В исследовании использованы данные регионально-информационного фонда за 2015–2024 гг. Оценивали органолептические, обобщённые, микробиологические, химические и радиологические показатели по результатам исследования 13 385 проб питьевой воды, отобранной

из подземных источников нецентрализованной системы холодного водоснабжения (НСХВ) сельских населённых пунктов девяти муниципальных образований Республики Бурятия (Кяхтинский, Джидинский, Селенгинский, Мухоморский, Бичурский, Иволгинский, Тарбагатайский, Прибайкальский, Кабанский).

Для трансформации полученных мониторинговых данных проведена интегральная оценка питьевой воды с помощью оптимизированного индекса качества воды (ИКВ) [18] в соответствии с уравнением (1):

$$\text{ИКВ} = \frac{\sum C}{\text{ПДКк}} \cdot 5 + \frac{\sum C}{\text{ПДКн}} \cdot 4 + \frac{C_{\text{max}}}{\text{ПДКст}} \cdot 4 + \frac{C_{\text{max}}}{\text{ПДК для ОКБ или ОМЧ}} \cdot 3 + \frac{\sum C_{\text{max}}}{\text{ПДКр}} \cdot 2 + \frac{\sum C_{\text{max}}}{\text{ПДКо}} \quad (1)$$

где C — концентрация (содержание) веществ; ПДК — предельно допустимая концентрация; k — канцерогенные вещества; n — неканцерогенные вещества 1-го и 2-го классов опасности; st — вещества 3-го класса опасности с санитарно-токсикологическим показателем вредности; ОКБ — общие колиформные бактерии; ОМЧ — общее микробное число; r — радиологические показатели; o — органолептические показатели.

Для расчётов оптимизированного ИКВ нами использованы максимальные концентрации 10 показателей, приоритетных для Республики Бурятия, — нитраты, фтор, общие колиформные бактерии (ОКБ), удельная суммарная альфа- и бета-активность, радон, запах, привкус, цветность и мутность. Для микробиологических показателей принят стандартизованный рейтинг (по шкале от 0 до 10) [19]. На основе полученных значений ИКВ качество питьевой воды исследуемых территорий ранжировали по пяти категориям: очень чистая (ИКВ < 25), чистая (ИКВ = 26–50), умеренно загрязнённая (ИКВ = 51–75), грязная (ИКВ = 76–100) и очень грязная (ИКВ > 100) [19], непригодная для потребления [20, 21].

Проведена оценка влияния химических веществ в питьевой воде НСХВ на здоровье населения. Модель количественной оценки неканцерогенного риска выполнена в соответствии с Руководством³. Расчёт коэффициентов опасности проводили для среднего уровня поступления химических элементов с питьевой водой (средняя центральная тенденция Me и максимальный 95-й перцентиль). Расчёт средней суточной дозы произведён в соответствии со стандартными значениями факторов экспозиции при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой. Предполагаемое суточное потребление и риски для здоровья, связанные с высоким содержанием химических веществ, оценивали для взрослого и детского населения. Предполагалось, что человек подвергается воздействию этих веществ 350 дней в году, при этом взрослые подвергались воздействию в течение 30 лет, дети — 6 лет. Средней массой взрослого человека считали 70 кг. Средняя масса

¹ Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года», опубликован на официальном интернет-портале правовой информации, 07.05.2024 г. (<https://www.kremlin.ru/acts/bank/50542/page/1>).

² Санитарные правила и нормы 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», утверждённые постановлением Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28.01.2021 г. № 2, опубликованы на официальном интернет-портале правовой информации 03.02.2021 г. (<https://publication.pravo.gov.ru/document/0001202102030022>).

³ Руководство по оценке риска здоровью населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания. Руководство П 2.1.10.3968–23.

Таблица 1 / Table 1

Качество питьевой воды нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в Республике Бурятия в 2015–2024 гг.
Quality of drinking water from non-centralized domestic and drinking water supply over 2015–2024

Район District	Показатель Indicator	Удельный вес проб, не соответствующих нормативам* (%) Specific gravity of non-conforming samples* (%)		Минимальные значения показателей Minimum values of indicators		Максимальные значения показателей Maximum values of indicators		Среднее значение (M) Average value (M)		p
		2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	
Селенгинский Selenginsky	Нитраты NO ₃ (мг/л) Nitrites NO ₃ (mg/L)	2.42	7.80	0.00 (–0.01; 0.01)	0.01 (0.00; 0.01)	96.0 (90.84; 101.16)	159.00 (155.31; 162.69)	4.24 (3.86; 4.61)	13.47 (12.90; 14.04)	0.000
	Нитраты NO ₃ (мг/л) Nitrites NO ₃ (mg/L)	2.50	12.74	0.10 (–0.01; 0.21)	0.10 (0.08; 0.12)	62.25 (59.96; 64.54)	165.90 (159.01; 172.79)	13.30 (12.77; 13.83)	18.62 (18.17; 19.07)	
Мухоморский Mukhorsibirsky	Нитраты NO ₃ (мг/л) Nitrites NO ₃ (mg/L)	25.67	20.42	0.00 (–0.01; 0.01)	0.10 (0.10; 0.10)	314.10 (308.38; 319.82)	221.47 (219.60; 223.34)	45.64 (44.22; 47.07)	29.97 (29.54; 30.40)	0.000
	Общие колиформные бактерии (число бактерий в 100 мл) Total coliform bacteria (bacteria count per 100 ml)	10.26	9.95	0.00	0.00	27.00 (25.16; 28.84)	17.60 (16.45; 18.75)	0.33 (0.25; 0.42)	0.47 (0.39; 0.55)	
Тарбагатайский Tarbagataisky	Энтерококки (КОЕ/100 см ³) Enterococci (CFU/100 cm ³)	0.00	2.13	0.00	0.00	0.00	10.00 (9.11; 10.89)	0.00	0.22 (0.13; 0.31)	0.087
	Удельная суммарная альфа-активность (Бк/кг) Specific total alpha activity (Bq/kg)	0.00	3 из 3	0.03 (0.02; 0.03)	0.49 (0.32; 0.66)	0.03 (0.02; 0.03)	0.78 (0.61; 0.95)	0.03 (0.02; 0.03)	0.61 (0.43; 0.78)	
Иволгинский Ivolginsky	Радон (Бк/кг) Radon (Bq/kg)	N	1 из 2	N	55.60 (34.15; 77.05)	N	98.50 (77.05; 119.95)	N	77.05 (55.60; 98.50)	–
	Мутность (ЕМФ) Turbidity (UTF)	22.48	14.74	0.06 (–0.0; 0.14)	0.02 (0.00; 0.04)	24.40 (22.04; 22.76)	22.20 (21.81; 22.97)	1.45 (1.09; 1.81)	1.56 (1.52; 1.63)	
	Жёсткость общая (мг-экв./л) Total hardness (mg-eqv/L)	13.43	4.68	0.39 (–0.21; 0.99)	0.50 (0.40; 0.60)	22.70 (21.53; 23.87)	17.24 (16.65; 17.83)	4.47 (3.94; 5.59)	3.69 (3.47; 3.90)	0.013
	Общие колиформные бактерии (число бактерий в 100 мл) Total coliform bacteria (bacteria count per 100 mL)	13.64	5.26	0.00	0.00 (–0.17; 0.17)	16.70 (15.03; 18.37)	12.00 (11.11; 12.89)	2.07 (1.64; 2.51)	0.95 (0.33; 1.57)	
	Термотолерантные колиформные бактерии (число бактерий в 100 мл) Thermotolerant coliform bacteria (number of bacteria per 100 mL)	9.09	0.00	0.00	0.00	16.70 (15.15; 18.25)	0.00	1.07 (0.81; 1.33)	0.00	0.000
	Энтерококки (КОЕ/100 см ³) Enterococci (CFU/100 cm ³)	N	7.14	N	0.00	N	12.50 (10.77; 14.23)	N	0.88 (0.28; 1.48)	
	Железо (мг/л) Iron (mg/L)	21.05	13.79	0.05 (0.03; 0.06)	0.05 (0.05; 0.05)	6.30 (6.11; 6.49)	2.0 (1.92; 2.08)	0.21 (0.14; 0.29)	0.15 (0.14; 0.16)	0.135
	Нитраты NO ₃ (мг/л) Nitrites NO ₃ (mg/L)	12.50	5.34	0.10 (–1.81; 2.01)	0.00 (–0.88; 0.88)	119.40 (114.70; 124.10)	64.50 (61.27; 67.73)	21.04 (18.53; 23.55)	12.18 (11.11; 13.25)	
	Марганец (мг/л) Manganese (mg/L)	42.86	19.44	0.03 (–0.02; 0.08)	0.01 (0.00; 0.02)	0.25 (0.17; 0.33)	0.32 (0.28; 0.35)	0.10 (0.03; 0.17)	0.07 (0.05; 0.08)	0.767

Продолжение Таблицы 1 на стр. 691 / Continuation of Table 1 on page 691

Продолжение Таблицы 1. Начало на стр. 690 / Continuation of Table 1. Start on page 690

Район District	Показатель Indicator	Удельный вес проб, не соответствующих нормативам* (%) Specific gravity of non-conforming samples* (%)		Минимальные значения показателей Minimum values of indicators		Максимальные значения показателей Maximum values of indicators		Среднее значение (М) Average value (M)		p
		2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	2015–2019 гг.	2020–2024 гг.	
Иволгинский Ivolginsky	Удельная суммарная альфа- активность (Бк/кг) Specific total alpha activity (Bq/kg)	33.33	38.10	0.02 (–0.04; 0.08)	0.03 (0.00; 0.07)	0.45 (0.03; 0.87)	6.17 (5.18; 7.16)	0.16 (0.02; 0.30)	0.42 (0.17; 0.67)	0.374
	Радон (Бк/кг) Radon (Bq/kg)	33.33	61.90	4.67 (4.22; 5.12)	18.60 (–1.32; 38.52)	143.00 (7.44; 278.56)	248.00 (216.61; 279.39)	39.37 (4.67; 74.07)	91.89 (70.17; 113.61)	0.214
Прибайкальский Pribaikalsky	Железо (мг/л) Iron (mg/L)	8.33	0.00	0.16 (–0.04; 0.36)	0.05 (–0.01; 0.11)	2.10 (1.77; 2.43)	0.15 (0.10; 0.20)	0.21 (–0.06; 0.48)	0.10 (0.07; 0.12)	0.442
Кабанский Kabansky	Запах при температуре плюс 20 °С Odor at 20 °C (points)	0.00	5.13	0.00	0.00	1.00 (0.69; 1.31)	5.00 (4.80; 5.20)	0.07 (–0.04; 0.17)	0.17 (0.15; 0.19)	0.051
	Привкус (баллы) Taste (points)	0.00	27.08	0.00	0.00	1.00 (0.69; 1.31)	5.00 (4.76; 5.24)	0.07 (–0.03; 0.17)	0.31 (0.24; 0.38)	0.000
	Цветность (градусы) Chromaticity (degrees)	0.00	5.17	1.50 (–1.51; 4.51)	1.00 (0.86; 1.14)	14.00 (10.15; 17.85)	40.80 (39.28; 42.32)	7.03 (4.00; 10.06)	6.35 (6.05; 6.65)	0.663
	Мутность (ЕМФ) Turbidity (UTF)	0.00	23.62	0.00	0.00	0.90 (0.12; 1.68)	40.00 (38.40; 41.60)	0.38 (–0.18; 0.95)	1.38 (1.14; 1.61)	0.002
	Окисляемость (мг/дм³) Oxidizability (mg/dm³)	0.00	1.35	0.20 (–0.16; 0.04)	0.21 (0.20; 0.22)	2.50 (1.68; 4.18)	25.00 (23.87; 26.13)	0.90 (0.31; 1.21)	0.50 (0.46; 0.54)	0.185
	Водородный показатель (рН), ед. Hydrogen index (pH), units	0.00	0.45	6.30 (6.18; 6.42)	6.68 (6.64; 6.71)	7.36 (7.30; 7.42)	9.45 (9.39; 9.51)	6.91 (6.79; 7.03)	7.03 (7.01; 7.05)	0.325
	Общее микробное число (число об- разующих колоний микробов в 1 мл) Total microbial count (colony- forming microbes in 1 mL)	0.00	0.33	0.00	0.00	0.00	91.00 (87.61; 94.39)	0.00	0.54 (0.38; 0.70)	0.000
	Общие колиформные бактерии (число бактерий в 100 мл) Total coliform bacteria (bacteria count per 100 mL)	0.00	8.97	0.00	0.00	0.00	200.00 (192.62; 207.38)	0.00	0.75 (0.51; 0.99)	0.000
	Энтерококки (КОЕ/100 см³) Enterococci (CFU/100 cm³)	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	35.00 (32.90; 37.10)	0.00	0.05 (0.03; 0.07)	0.000
	Аммиак (NH ₃ /NH ₄ ⁺) Ammonia (NH ₃ /NH ₄ ⁺)	0.00	2.80	0.00 (–0.05; 0.05)	0.10 (0.10; 0.10)	0.09 (0.04; 0.14)	5.36 (5.04; 5.68)	0.04 (–0.01; 0.09)	0.16 (0.15; 0.18)	0.000
Пр и м е ч а н и е. * Санитарные правила и нормы 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»; р – статисти- ческая значимость различий между средними значениями (М) в периоды 2015–2019 и 2020–2024 гг.; N – исследования не проводились; полуколичественным шрифтом выделены статистически значимые значения (р < 0,05). Note: * Sanitary Rules and Regulations 1.2.3685–21 "Hygienic Standards and Requirements for Ensuring the Safety and (or) Harmlessness of Human Habitat Factors"; р – statistical significance of differences between mean (M) values in periods of 2015–2019 and 2020–2024; N – no studies were conducted; statistically significant values are highlighted in bold (р < 0.05).	Железо (мг/л) Iron (mg/L)	0.00	32.61	0.05 (–0.05; 0.15)	0.05 (0.03; 0.08)	0.25 (0.15; 0.35)	20.49 (19.38; 39.87)	0.14 (0.04; 0.24)	0.28 (0.22; 0.50)	0.017
	Марганец (мг/л) Manganese (mg/L)	н п	44.57	N	0.01 (0.00; 0.01)	N	1.27 (1.13; 1.41)	N	0.24 (0.22; 0.26)	–
	Фтор (мг/л) Fluorine (mg/L)	0.00	0.83	0.34 (0.17; 0.51)	0.06 (0.05; 0.07)	0.80 (0.63; 0.97)	1.79 (1.68; 1.90)	0.34 (0.17; 0.51)	0.12 (0.10; 0.13)	0.199

Таблица 2 / Table 2

Коэффициенты опасности, обусловленные пероральным поступлением нитратов с питьевой водой НСХВ в Республике Бурятия
Hazard ratios due to the oral ingestion of nitrates with drinking water

Район District	2015–2019				2020–2024			
	НҚ взрослое население adult HQ		НҚ детское население Children HQ		НҚ взрослое население adult HQ		НҚ детское население Children HQ	
	Me	95-й процентиль 95 th percentile	Me	95-й процентиль 95 th percentile	Me	95-й процентиль 95 th percentile	Me	95-й процентиль 95 th percentile
Селенгинский Selenginsky	0.07	0.66	0.11	0.98	0.23	1.45	0.34	2.14
Бичурский Bichursky	0.23	0.75	0.34	1.11	0.32	1.05	0.47	1.55
Мухоршибирский Mukhorshibir	0.78	3.59	1.16	5.30	0.51	2.59	0.76	3.83
Иволгинский Ivolginsky	0.36	1.59	0.53	2.36	0.21	1.05	0.31	1.55

ребёнка (23,66 кг) определена на основании анкетирования родителей 228 обучающихся в возрасте 7 лет из четырёх образовательных организаций Республики Бурятия [22]. Среднесуточные дозы рассчитывали по среднему для выборки содержанию химических веществ в питьевой воде НСХВ. Для расчёта неканцерогенных рисков использовали референтные уровни воздействия (референтные дозы RfD, мг/кг). Оценку неканцерогенного риска (НҚ) для здоровья, связанного с воздействием химических загрязнителей, проводили по данным средней суточной дозы поступления их с питьевой водой. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде составляли 45 мг/л для нитратов (NO_3^-), 1,5 мг/л для фтора (F), 0,3 мг/л для железа (Fe) и 0,1 мг/л для марганца (Mn)². Референтные дозы фтора, марганца и железа, рассчитанные на основе уровня отсутствия наблюдаемых неблагоприятных эффектов (NOAEL), выражались в миллиграммах на килограмм в сутки (мг/кг/сут). Значения RfD составили 1,6 для нитратов, 0,06 для фтора, 0,14 для марганца и 0,7 для железа³.

Статистический анализ проводили с использованием пакета прикладных программ Statistica v. 6.0 для Windows. Для количественных переменных рассчитывали среднегодовые за пятилетние периоды: центильная тенденция в виде средней арифметической и её доверительный интервал (ДИ), минимальная, максимальная концентрации, 95-й процентиль. Качественные данные оценивали по удельному весу и ошибке показателя. Полученную выборку проверяли на нормальность распределения с помощью коэффициентов асимметрии и эксцесса. Собранные данные анализировали с помощью *t*-критерия Стьюдента. Статистический уровень значимости установлен при $p < 0,05$.

Результаты

Из 13 385 исследованных проб питьевой воды НСХВ по органолептическим, обобщённым, микробиологическим, химическим, радиологическим показателям в анализируемых 9 муниципальных образованиях Республики Бурятия (РБ) 7,43% не соответствовали гигиеническим нормативам² (далее – нормативы). Отметим, что за 2020–2024 гг. по сравнению с 2015–2019 гг. качество воды улучшилось. Увеличилось количество исследованных проб питьевой воды в 2,16 раза (с 4234 до 9151), а исследованных показателей – с 47 до 54. При этом удельный вес проб, не соответствующих нормативам, снизился в 1,39 раза. Отмечено снижение удельного веса проб, не соответствующих нормативам по обобщённым показателям, в 1,16 раза (с 7,23 до 1,08%), по микробиологическим показателям – в 2,85 раза, по химическим – в 1,12 раза. Вместе с тем вырос удельный вес проб, не соответствующих нормативам по органолептическим показателям, в 1,16 раза, по радиологическим показателям – в 2,21 раза (с 7,69 до 17,01%) (табл. 1).

Сравнительный анализ средних значений (*M*) показателей качества и безопасности питьевой воды НСХВ показал ухуд-

шение качества воды в Кабанском районе по семи показателям, в том числе по двум органолептическим, трём микробиологическим и двум химическим. Балльная оценка привкуса повысилась в 4,43 раза ($p = 0,000$), единиц мутности – в 3,63 раза ($p = 0,002$). Увеличилось общее микробное число – от отсутствия в установленном объёме до 0,54 ($p = 0,000$), содержание общих колиформных бактерий – до 0,75 ($p = 0,000$), энтерококков – до 0,05 ($p = 0,000$). Содержание аммиака возросло в 4 раза ($p = 0,000$), железа – в 2 раза ($p = 0,017$).

В Иволгинском районе качество воды улучшилось, в том числе по общей жёсткости среднее значение снизилось в 1,21 раза ($p = 0,013$), по содержанию нитратов – в 1,73 раза ($p = 0,000$), по микробиологическим показателям – ОКБ в 2,18 раза ($p = 0,005$), ТКБ – с 1,71 до отсутствия бактерий в установленном объёме ($p = 0,000$).

В Селенгинском и Бичурском районах содержание нитратов в питьевой воде НСХВ в 2020–2024 гг. по сравнению с 2015–2019 гг. увеличилось в 3,18 ($p = 0,000$) и 1,4 раза ($p = 0,000$) соответственно. В Мухоршибирском районе отмечено уменьшение содержания в воде нитратов в 1,52 раза ($p = 0,000$). В Тарбагатайском районе среднее значение удельной суммарной альфа-активности в 2020–2024 гг. по сравнению с 2015–2019 гг. увеличилось в 20,33 раза ($p = 0,023$).

Для общей оценки качества питьевой воды НСХВ в девяти районах РБ за 2015–2024 гг. рассчитан оптимизированный ИКВ с учётом четырёх гигиенических критериев качества: санитарно-токсикологического, микробиологического, радиационного и органолептического (см. рисунок на вклейке). По результатам интегральной оценки питьевая вода НСХВ в семи районах (Кяхтинский, Джидинский, Селенгинский, Бичурский, Мухоршибирский, Тарбагатайский, Прибайкальский) отнесена к категории «очень чистая», в двух районах (Иволгинском и Кабанском) – к категории «умеренно загрязнённая». Наибольший вклад в формирование умеренного загрязнения питьевой воды НСХВ в Иволгинском районе (56,8%) вносят радиологические показатели, в Кабанском районе – микробиологические (73,6%).

Оценка неканцерогенного риска проведена в четырёх муниципальных образованиях, где выявлено превышение содержания нитратов в питьевой воде подземных источников НСХВ (табл. 2).

Коэффициенты опасности (НҚ) при пероральном поступлении нитратов с питьевой водой НСХВ по средней центильной тенденции (*Me*) были допустимыми в Селенгинском и Бичурском районах. Самая неблагоприятная ситуация сложилась в Мухоршибирском районе. Для детского населения пероральное поступление нитратов с питьевой водой оценивалось как недопустимое в 2015–2019 гг. на уровне *Me* (НҚ = 1,16), где среднегодовая концентрация нитратов составила 64,48 мг/л. В остальных случаях коэффициенты опасности были допустимыми и не превышали единицы.

На уровне 95-го перцентиля $HQ > 1$ выявлен для взрослого и детского населения Мухоршибирского района за весь период исследования. В Селенгинском районе для взрослого населения в 2020–2024 гг. HQ на уровне 95-го перцентиля составил от 1,45, для детского – 2,14. В Бичурском районе для взрослого населения в 2020–2024 гг. HQ на уровне 95-го перцентиля составил от 1,05, для детского – от 1,11 до 1,55 в 2015–2019 и 2020–2024 гг. соответственно. При оценке качества питьевой воды настораживает увеличение рисков для здоровья жителей Селенгинского, Бичурского и Иволгинского районов, обусловленное пероральным поступлением нитратов с питьевой водой в 2020–2024 гг. При этом в Мухоршибирском районе неканцерогенные риски HQ , обусловленные пероральным поступлением нитратов с питьевой водой НСХВ, в 2020–2024 гг. по сравнению с предыдущим пятилетним периодом снижаются на уровне Me в 1,53 раза, 95-го перцентиля – в 1,39 раза.

Оценка неканцерогенного риска для здоровья населения Иволгинского и Кабанского районов при пероральном поступлении с питьевой водой НСХВ химических веществ показала, что по содержанию аммиака/аммоний-иона (NH_3/NH_4^+), железа, марганца, фтора $HQ < 1$. В Иволгинском и Кабанском районах отмечалось низкое содержание фтора (Me) в питьевой воде НСХВ, в 2015–2019 гг. оно составляло от 0,05 до 0,8 мг/л, в 2020–2024 гг. – от 0,04 до 0,28 мг/л.

Обсуждение

Применение оптимизированного ИКВ, предложенного Г.Н. Красовским с соавт. (2015) [18], позволило выделить две категории качества питьевой воды НСХВ в Республике Бурятия: «очень чистая», не предполагающая каких-либо серьёзных ограничений использования, в семи районах и «умеренно загрязнённая» – в двух районах (Иволгинском и Кабанском). Выявление территорий риска по ИКВ может в последующем стать основанием для разработки рекомендаций по коррекции объёмов и кратности социально-гигиенического мониторинга. В исследованных образцах питьевой воды, отобранных в населённых пунктах Кяхтинского, Джидинского, Селенгинского, Бичурского, Мухоршибирского, Прибайкальского районов, расположенных в горно-степных пространствах, не обнаружено микробиологических рисков, которые могли бы повлиять на здоровье населения. В указанных районах проживает 31,39% населения Республики Бурятия. Несоответствие воды микробиологическим критериям качества, отмечаемое в населённых пунктах Тарбагатайского, Иволгинского и Кабанского районов, расположенных преимущественно на равнине, вероятно, обусловлено влиянием антропогенных факторов, несоблюдением требований к зонам санитарной охраны подземных источников водоснабжения. Кроме этого, в последние годы эти районы характеризуются увеличением туристического потока и рекреационной нагрузки на водные объекты [14]. В трёх указанных районах проживает 27,31% населения РБ.

Ареал нитратного загрязнения питьевой воды НСХВ в Селенгинском, Мухоршибирском, Бичурском, Иволгинском районах несколько расширился по сравнению с предыдущими периодами исследования [24]. Оценка риска показала, что на уровне 95-го перцентиля существует вероятность неблагоприятного воздействия нитратов при пероральном поступлении на кровотоковую систему детей данных районов и взрослых Иволгинского района. Как ранее отмечали [24], нитратное загрязнение воды обусловлено преимущественно деятельностью животноводческих комплексов, несанкционированными выпасами скота и другими антропогенными факторами. Выявление территорий риска по нитратному загрязнению необходимо для принятия соответствующих управленческих решений в муниципальных образованиях РБ.

Микробиологические и нитратные загрязнения воды подземных источников водоснабжения указанных районов объ-

ясняются гидрогеологическими условиями. По данным [25], гидрогеологические условия территории Республики Бурятия разнообразны. Артезианские бассейны подземных вод характеризуются небольшими размерами, отсутствием выдержанных на больших площадях водоупорных слоёв. Защищённый водоносный горизонт в Кяхтинском, Джидинском районах находится на глубине от 80 до 100 м, в Мухоршибирском – от 150 до 200 м. В Селенгинском районе водоносные и водоупорные слои не выдержаны, что относит их к относительно защищённым. В Бичурском районе водоупорные слои отсутствуют, питание подземных вод происходит преимущественно от атмосферных осадков и окружающих водоносных комплексов. В Тарбагатайском, Иволгинском и Кабанском районах водоупорные слои отсутствуют на глубине до 100 м либо относятся к слабозащищённым.

Многие исследователи [26–28] отмечают, что недостаточное содержание фтора в питьевой воде (менее 0,5 мг/л) может негативно сказаться на прочности зубов и привести к кариесу, а избыточная концентрация (более 2–4 мг/л) – к нарушениям в развитии скелета, флюорозу зубов и повреждению головного мозга. Отметим, что по результатам проведенного нами анализа вызывают беспокойство не столько превышение содержания фтора в образцах питьевой воды НСХВ, сколько его недостаточные концентрации в Иволгинском и Кабанском районах (ниже 0,5 мг/л) (см. табл. 1), что, по данным ВОЗ, повышает риск кариеса зубов и ослабления костных тканей [23]. Низкое содержание фтора в питьевой воде подземных источников данных районов, вероятно, обусловлено тесной гидравлической взаимосвязью с поверхностными водотоками и разбавлением грунтовых вод поверхностными [25].

Расчёты по аддитивной формуле [23] суммы радионуклидов (суммарной альфа- и бета-активности) показали, что в Иволгинском районе 7 проб питьевой воды, исследованных в 2024 г., были с превышением 1. Это потребовало дополнительных исследований, по результатам которых установлено соответствие содержания полония нормативам.

Ограничения исследования. В данном исследовании оценка качества и безопасности питьевой воды проведена по среднегодовым показателям без распределения по сезонам года, учёта температуры и атмосферных осадков. Вместе с тем в большинстве случаев несоответствие показателей гигиеническим нормативам носит мультифакторальный характер, что требует дальнейших исследований.

Заключение

Качество воды подземных источников нецентрализованного водоснабжения сельских территорий южного Прибайкалья за анализируемый десятилетний период улучшилось. Вместе с тем в питьевой воде зарегистрированы превышения гигиенических нормативов по 18 показателям и повышенные коэффициенты опасности для здоровья населения по содержанию нитратов и фтора. Оценка неканцерогенного риска воздействия нитратов и фтора на здоровье населения свидетельствует, что для детей Мухоршибирского и Иволгинского районов существует вероятность развития вредных эффектов при ежедневном поступлении данных веществ с питьевой водой в течение жизни ($HQ > 1$). В воде подземных источников Тарбагатайского, Иволгинского и Кабанского районов отмечено несоответствие гигиеническим нормативам, обусловленное антропогенными факторами, сохранению влияния которых способствуют гидрогеологические условия залегания подземных вод. Оптимизированный индекс качества воды в сельских территориях южного Прибайкалья позволяет выделить две категории, из которых к категории «очень чистая» может быть отнесена вода в семи районах, к категории «умеренно загрязнённая» – в двух районах. Данное исследование направлено на повышение осведомлённости специалистов и общественности о проблемах, связанных с качеством и безопасностью питьевой воды в сельских районах Республики Бурятия.

Литература

(п.п. 5–12, 14, 20, 21, 23, 26–28 см. References)

1. Попова А.Ю., Кузьмин С.В., Механтьев И.И. Оценка эффективности реализации системного подхода к обеспечению гигиенической безопасности питьевого и рекреационного водопользования населения на примере Воронежской области. *Здоровье населения и среда обитания – ЗНISO*. 2021; 29(8): 7–14. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-8-7-14> <https://elibrary.ru/fdconj>
2. Рахманин Ю.А., Онищенко Г.Г. Гигиеническая оценка питьевого водообеспечения населения Российской Федерации: проблемы и пути рационального их решения. *Гигиена и санитария*. 2022; 101(10): 1158–66. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166> <https://elibrary.ru/hkiarc>
3. Байдакова Е.В., Унгурияну Т.Н. Метод количественной оценки микробиологического риска для населения, ассоциированного с питьевой водой. *Экология человека*. 2024; 31(5): 352–65. <https://doi.org/10.17816/humeco635356> <https://elibrary.ru/tvqhgr>
4. Клейн С.В., Зайцева Н.В., Глухих М.В., Вековшинина С.А., Андришунас А.М., Клячин А.А. и др. Интегрированный подход к оценке качества питьевой воды и ее влияния на здоровье населения для задач оценки эффективности и результативности проектной деятельности. *Анализ риска здоровью*. 2025; (4): 47–61. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2025.4.05> <https://elibrary.ru/scfkr0>
13. Онищенко Г.Г. Санитарно-эпидемиологическая обстановка в байкальском регионе и ее влияние на состояние здоровья населения. *Гигиена и санитария*. 2005; 84(1): 5–7. <https://elibrary.ru/ojnpf>
15. Бешенцев А.Н., Петров С.А., Борисова Т.А., Лубсанов А.А. Картографическая оценка долговременной динамики природопользования дельтовой территории по разновременным топографическим картам. *Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий)*. 2024; 29(2): 62–72. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2024-29-2-62-72> <https://elibrary.ru/ppccii>
16. Коновалова Т.И. Природные особенности и ландшафты района дельты Селенги (Байкальская природная территория). *Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле*. 2024; 48: 25–40. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2024.48.25> <https://elibrary.ru/htzyrf>
17. Бурятстат. Основные итоги Всероссийской переписи населения 2020 года в Республике Бурятия; 2023. Доступно: <https://03.rosstat.gov.ru/vpn2020>
18. Красовский Г.Н., Рахманин Ю.А., Егорова Н.А. Гигиеническое обоснование оптимизации интегральной оценки питьевой воды по индексу качества воды. *Гигиена и санитария*. 2015; 94(5): 5–10. <https://elibrary.ru/uduvfr>
19. Саласар Флорес К.А., Курбатова А.И., Михайличенко К.Ю. Оценка качества питьевой воды с помощью индекса качества воды и оценки риска для здоровья населения: на примере кантона Педро Висенте Мальдонадо, Республика Эквадор. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. 2022; 30(3): 373–92. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-373-392> <https://elibrary.ru/mgagab>
22. Богданова О.Г., Ефимова Н.В., Багаева Е.Е., Тармаева Н.А. Оценка риска для здоровья населения, связанного с содержанием в растениеводческой продукции нитратов. *Вопросы питания*. 2021; 90(3): 40–9. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-3-40-49> <https://elibrary.ru/fwwdoq>
24. Богданова О.Г., Ефимова Н.В., Багаева Е.Е. Оценка риска для здоровья населения Республики Бурятия, обусловленного повышенным поступлением нитратов и нитритов. *Экология человека*. 2022; (1): 47–59. <https://doi.org/10.17816/humeco83797> <https://elibrary.ru/zilasu>
25. Ефимов А.И., Доронина М.А., ред. *Гидрогеология СССР. Том XXII. Бурятская АССР*. М.: Недра; 1970.

References

1. Popova A.Yu., Kuzmin S.V., Mehantyev I.I. Assessment of implementation efficiency of the system approach to ensuring safety of public drinking and recreational water use on the example of the Voronezh Region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2021; 29(8): 7–14. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-8-7-14> <https://elibrary.ru/fdconj> (in Russian)
2. Rakhmanin Yu.A., Onishchenko G.G. Hygienic assessment of drinking water supply of the population of the Russian Federation: problems and the way their rational decision. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(10): 1158–66. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-10-1158-1166> <https://elibrary.ru/hkiarc> (in Russian)
3. Baydakova E.V., Unguryanu T.N. Quantitative microbial risk assessment for drinking water-assured population. *Ekologiya cheloveka*. 2024; 31(5): 352–65. <https://doi.org/10.17816/humeco635356> <https://elibrary.ru/tvqhgr> (in Russian)
4. Kleyn S.V., Zaitseva N.V., Glukhikh M.V., Vekovshinina S.A., Andrishunas A.M., Klyachin A.A., et al. Integrated approach to assessing drinking water quality and its influence on human health to evaluate effectiveness and performance of project activity. *Health Risk Analysis*. 2025; (4): 47–61. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2025.4.05> <https://elibrary.ru/abgbec>
5. Wu J. Challenges for safe and healthy drinking water in China. *Curr. Environ. Health Rep.* 2020; 7(3): 292–302. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00274-5> <https://elibrary.ru/hlydsg>
6. Praveena S.M., Aris A.Z., Hashim Z., Hashim J.H. Drinking water quality status in Malaysia: a scoping review of occurrence, human health exposure, and potential needs. *J. Expo. Sci. Environ. Epidemiol.* 2024; 34(1): 161–74. <https://doi.org/10.1038/s41370-023-00585-3> <https://elibrary.ru/xjexxo>
7. Rajan M., Karunanidhi D., Gurugnanam B., Subramani T. Assessment of groundwater suitability for drinking and irrigation purposes with probable health threats in a semiarid river basin of South India. *Water Environ. Res.* 2025; 97(2): e70011. <https://doi.org/10.1002/wer.70011> <https://elibrary.ru/uxjqkh>
8. WHO. Progress on household drinking water, sanitation and hygiene 2000–2022: special focus on gender; 2023. Available at: <https://who.int/publications/m/item/progress-on-household-drinking-water--sanitation-and-hygiene-2000-2022---special-focus-on-gender>
9. Scanlon B.R., Fakhreddine S., Reedy R.C., Yang Q., Malito J.G. Drivers of spatiotemporal variability in drinking water quality in the United States. *Environ. Sci. Technol.* 2022; 56(18): 12965–74. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c08697> <https://elibrary.ru/mohfu0>
10. Wang H., Fan W., Niu Y., Chen F. Change of drinking water quality in Shijiazhuang South-to-North Water Diversion area from 2014 to 2021. *Wei Sheng Yan Jiu*. 2023; 52(2): 232–8. <https://doi.org/10.19813/j.cnki.weishengyanjiu.2023.02.010> (in Chinese)
11. Millner S., Malina N., Rogers S.R., Henderson E., Ojeda A.S. Drinking private well water: Groundwater quality and management of wells in southern Alabama. *J. Water Health*. 2025; 23(2): 260–75. <https://doi.org/10.2166/wh.2025.380> <https://elibrary.ru/yxdvnu>
12. Ilunde J., Mpumi N., Mwema M.F., Machunda R.L. Investigation of *Walteria indica* L. (sleepy morning plant) as pathogen killing agent from shallow well water revealed a potential alternative for water disinfection. *PLoS One*. 2025; 20(9): e0330987. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0330987> <https://elibrary.ru/chohyq>
13. Onishchenko G.G. The sanitary and epidemiological situation in the Baikal region and its influence on human health. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2005; 84(1): 5–7. <https://elibrary.ru/ojnpf> (in Russian)
14. Rukavishnikov V.S., Efimova N.V., Savchenkov M.F., Mylnikova I.V., Lisovtsov A.A. Quality of drinking water and risk to the health of the population of the south Baikal region (Russia). *Emerg. Contam.* 2024; 10(2): 100300. <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2024.100300> <https://elibrary.ru/cnxcw>
15. Beshentsev A.N., Petrov S.A., Borisova T.A., Lubsanov A.A. Cartographic assessment of the long-term dynamics of the nature use of the delta territory by different-time topographic maps. *Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologii)*. 2024; 29(2): 62–72. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2024-29-2-62-72> <https://elibrary.ru/ppccii> (in Russian)
16. Konovalova T.I. Natural features and landscapes of the Selenga Delta region (Baikal Natural Area). *Izvestiya Irkutskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Nauki o Zemle*. 2024; 48: 25–40. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2024.48.25> <https://elibrary.ru/htzyrf> (in Russian)
17. Buryatstat. The main results of the 2020 All-Russian Population Census in the Republic of Buryatia; 2023. Available at: <https://03.rosstat.gov.ru/vpn2020> (in Russian)
18. Krasovskiy G.N., Rakhmanin Yu.A., Egorova N.A. Hygienic justification of optimization of the integrated assessment of drinking water according to the water quality index. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2015; 94(5): 5–10. <https://elibrary.ru/uduvfr> (in Russian)
19. Salazar Flores C.A., Kurbatova A.I., Mikhaylichenko K.Yu. Drinking water quality assessment according to water quality index and health risk assessment: a case study of Pedro Vicente Maldonado canton, Ecuador. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti [RUDN Journal of Ecology and Life Safety]*. 2022; 30(3): 373–392. <https://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-373-392> (in Russian)
20. Beshir A., Reddythota D., Alemayehu E. Evaluation of drinking water quality and associated health risks in Adama City, Ethiopia. *Heliyon*. 2024; 10(16): e36363. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36363> <https://elibrary.ru/pxabqg>
21. Mohammadpour A., Keshtkar M., Samaei M.R., Isazadeh S., Mousavi Khaneghah A. Assessing water quality index and health risk using deterministic and probabilistic approaches in Darab County, Iran: A machine learning for fluoride prediction. *Chemosphere*. 2024; 352: 141284. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.141284> <https://elibrary.ru/tqmdyx>
22. Bogdanova O.G., Efimova N.V., Bagaeva E.E., Tarmaeva N.A. Risk assessment for public health associated with nitrate content in crop products. *Voprosy pitaniya*. 2021; 90(3): 40–9. <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-3-40-49> <https://elibrary.ru/fwwdoq> (in Russian)
23. WHO. Guidelines for drinking-water quality: fourth edition incorporating the first and second addenda; 2022. Available at: <https://who.int/publications/i/item/9789240045064>
24. Bogdanova O.G., Efimova N.V., Bagaeva E.E. Health risk assessment of the population of the Republic of Buryatia associated with increased nitrate and

- nitrite intake. *Ekologiya cheloveka*. 2022; (1): 47–59. <https://doi.org/10.17816/humeco83797> <https://elibrary.ru/zilasu> (in Russian)
25. Efimov A.I., Doronina M.A., eds. *Hydrogeology of the USSR. Volume XXII. Buryat ASSR [Gidrogeologiya SSSR. Tom XXII. Buryatskaya ASSR]*. Moscow: Nedra; 1970. (in Russian)
 26. Srivastava S., Flora S.J.S. Fluoride in drinking water and skeletal fluorosis: a review of the global impact. *Curr. Environ. Health Rep.* 2020; 7(2): 140–6. <https://doi.org/10.1007/s40572-020-00270-9> <https://elibrary.ru/jvmhhr>
 27. Tashauoei H.R., Mahdavi M., Mahvi A.H., Fatehizadeh A. Dataset of fluoride concentration and health risk assessment in drinking water in the Saveh City of Markazi Province, Iran. *Data Brief.* 2023; 50: 109466. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2023.109466> <https://elibrary.ru/epvnlw>
 28. Zhang J., Xiao C., Liang X., Yang W., Zhang L., Dai R., et al. A Bayesian Maximum Entropy Fusion model for enhanced prediction and risk assessment of fluoride and arsenic contamination in groundwater. *J. Contam. Hydrol.* 2025; 274: 104664. <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2025.104664> <https://elibrary.ru/iflbhx>

Сведения об авторах

Богданова Ольга Георгиевна, доктор мед. наук, доцент, ст. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований, ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Марактаев Зорикто Владимирович, гл. врач ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия», 670047, Улан-Удэ, Россия. E-mail: maraktaev_zv@fbuz03.ru

Ефимова Наталья Васильевна, доктор мед. наук, профессор, вед. науч. сотр. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: efinat2010@mail.ru

Панков Владимир Анатольевич, доктор мед. наук, зав. лаб. эколого-гигиенических исследований ФГБНУ ВСИМЭИ, 665826, Ангарск, Россия. E-mail: lmt_angarsk@mail.ru

About the authors

Olga G. Bogdanova, DSc (Medicine), associate professor, senior researcher, Laboratory of environmental and hygienic research, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-2358-2280> E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Zorikto V. Maraktaev, chief physician, Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Buryatia, Ulan-Ude, 670047, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0009-5398-5206> E-mail: maraktaev_zv@fbuz03.ru

Natalya V. Efimova, DSc (Medicine), professor, leading researcher, Laboratory of environmental and hygienic research, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0001-7218-2147> E-mail: efinat2010@mail.ru

Vladimir A. Pankov, DSc (Medicine), head of the Laboratory of environmental and hygienic research, East-Siberian Institute of Medical and Ecological Research, Angarsk, 665826, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-3849-5630> E-mail: lmt_angarsk@mail.ru

К статье О.Г. Богдановой и соавт.
To the article by Olga G. Bogdanova et al.

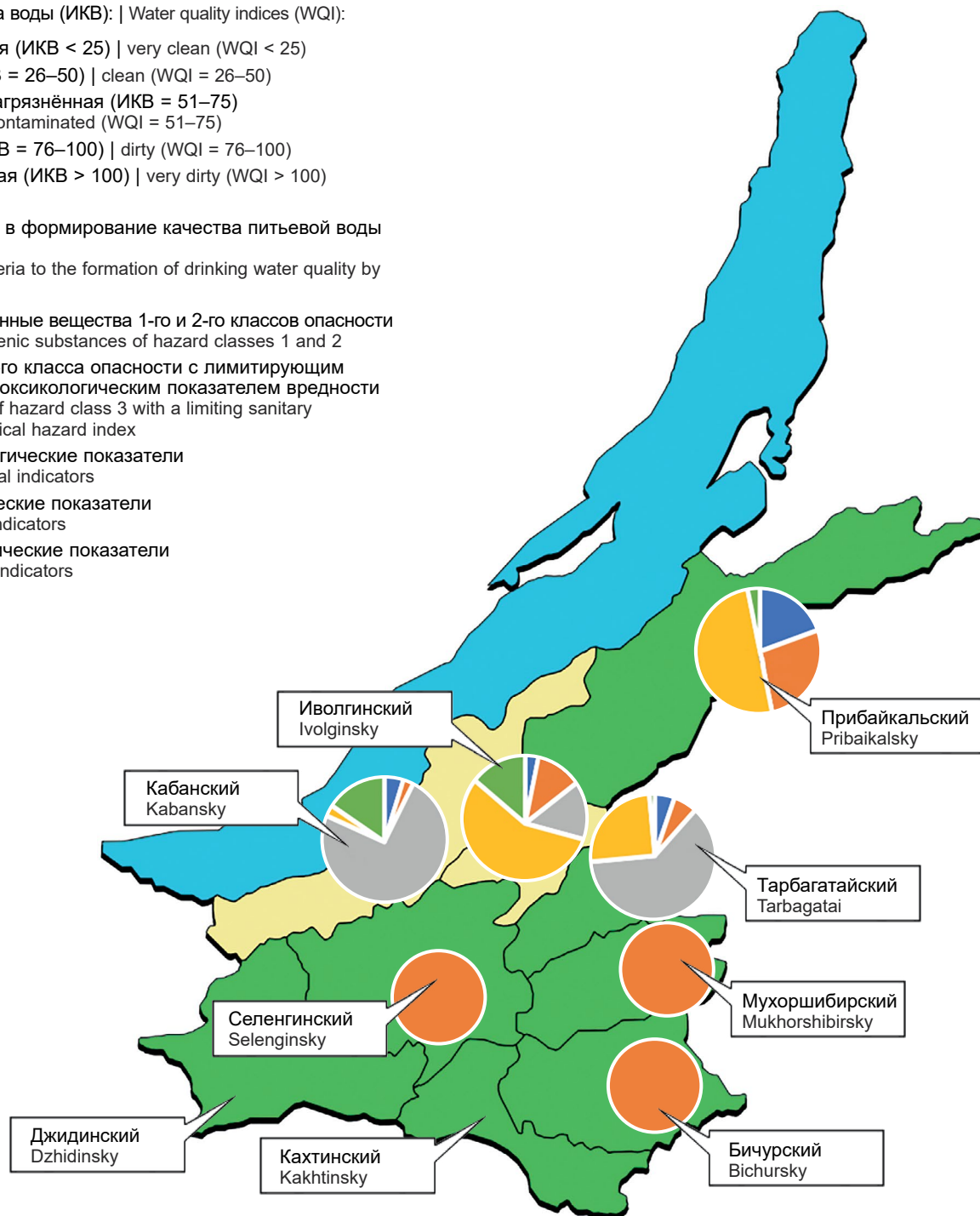
Индексы качества воды (ИКВ): | Water quality indices (WQI):

- очень чистая (ИКВ < 25) | very clean (WQI < 25)
- чистая (ИКВ = 26–50) | clean (WQI = 26–50)
- умеренно загрязнённая (ИКВ = 51–75) | moderately contaminated (WQI = 51–75)
- грязная (ИКВ = 76–100) | dirty (WQI = 76–100)
- очень грязная (ИКВ > 100) | very dirty (WQI > 100)

Вклад критериев в формирование качества питьевой воды по группам, %:

Contribution of criteria to the formation of drinking water quality by group, %:

- неканцерогенные вещества 1-го и 2-го классов опасности | non-carcinogenic substances of hazard classes 1 and 2
- вещества 3-го класса опасности с лимитирующим санитарно-токсикологическим показателем вредности | substances of hazard class 3 with a limiting sanitary and toxicological hazard index
- микробиологические показатели | microbiological indicators
- радиологические показатели | radiological indicators
- органолептические показатели | organoleptic indicators



Индексы качества воды нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения за 2015–2024 годы.

Indices of water quality of noncentralized domestic and drinking water supply for 2015–2024.