

DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83797>

Оригинальная статья



ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БУРЯТИЯ, ОБУСЛОВЛЕННОГО ПОВЫШЕННЫМ ПОСТУПЛЕНИЕМ НИТРАТОВ И НИТРИТОВ

О.Г. Богданова¹, Н.В. Ефимова¹, Е.Е. Багаева²¹Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований, г. Ангарск, Российская Федерация²Управление Роспотребнадзора по Республике Бурятия, г. Улан-Удэ, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Цель. Провести гигиеническую оценку уровней риска здоровью населения, связанных с употреблением питьевой воды с повышенным содержанием нитратов и нитритов в сельских территориях Республики Бурятия.

Материал и методы. Проведена оценка содержания нитратов и нитритов в питьевой воде за период, охватывающий 2010–2019 годы, по данным социально-гигиенического мониторинга в сравнении с предельно допустимой концентрацией (ПДК). На основе методологии оценки риска рассчитан неканцерогенный риск (NQ) для взрослого и детского населения приоритетных территорий.

Результаты. На территории Республики Бурятия по наибольшему содержанию нитратов в питьевой воде централизованной системы холодного водоснабжения (ЦСХВ) определены две приоритетные территории: Мухоршибирский и Тарбагатайский районы. На указанных территориях в 2015–2019 годах максимальные концентрации нитратов достигали 4,52 ПДК в Мухоршибирском и 4,11 ПДК в Тарбагатайском районе, что, соответственно, в 1,71 и 1,45 раза выше, чем в предыдущем пятилетнем периоде. По нецентрализованной системе водоснабжения в указанных районах наблюдалась аналогичная ситуация, в том числе в Мухоршибирском районе, где максимальные концентрации нитратов достигали 4,98 ПДК, а в Тарбагатайском — 3,41 ПДК, что превышало показатели в предыдущем пятилетнем периоде в 1,88 и 2,53 раза, соответственно.

Выводы. 1. На территории Республики Бурятия выделена зона риска для здоровья населения, включающая Тарбагатайский и Мухоршибирский районы, в которой доля проб питьевой воды из источников централизованного и нецентрализованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим требованиям по содержанию нитратов, выше среднереспубликанских значений в 2–4 раза на протяжении последних 10 лет.

2. Наибольший неканцерогенный риск (NQ), связанный с потреблением питьевой воды из источников централизованной системы холодного водоснабжения (ЦСХВ), поступающей из подземных водоисточников Тарбагатайского района, установлен для детского населения ($NQ_{дет} = 1,49$), для взрослого населения уровень риска соответствует верхнему пределу допустимого уровня ($NQ_{взр} = 1,01$).

3. Уровни неканцерогенных рисков для взрослого и детского населения при использовании питьевой воды ЦСХВ в Мухоршибирском районе и НСХВ в Тарбагатайском и Мухоршибирском районах относятся к допустимым ($NQ < 1$).

Ключевые слова: нитратное загрязнение; водный фактор; оценка риска здоровью; Республика Бурятия.

Как цитировать:

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. С. 47–59. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83797>

doi: <https://doi.org/10.17816/humeco83797>

Original Study Article

HEALTH RISK ASSESSMENT OF THE POPULATION OF THE REPUBLIC OF BURYATIA ASSOCIATED WITH INCREASED NITRATE AND NITRITE INTAKE

Olga G. Bogdanova¹, Natalia V. Efimova¹, Elena E. Bagaeva²

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

²Rospotrebnadzor for the Republic of Buryatia, Ulan-Ude, Russian Federation

ABSTRACT

AIM: To conduct a hygienic assessment of the health risk levels associated with drinking water with high nitrate and nitrite contents in the rural territories of the Republic of Buryatia.

MATERIAL AND METHODS: The content of nitrates and nitrites in drinking water in comparison with the maximum permissible concentrations (MPC) was assessed in the period of 2010–2019. With the use of the risk assessment methodology, non-carcinogenic risk (HQ) for adult and child populations of priority territories is calculated.

RESULTS: In the territory of the Republic of Buryatia, two priority territories were identified according to the largest content of nitrates in the drinking water of a centralized cold water supply system: Mukhorshibirsky and Tarbagatai districts. The maximum nitrate concentrations reached 4.52 and 4.11 MPC, respectively, which are 1.71 and 1.45 times higher than in the previous five-year period, respectively. A similar situation was observed in the non-centralized water supply system in these areas, with 4.98 MPC in the Mukhorshibirsky district (1.88 times higher) and 3.41 MPC in Tarbagatai (2.53 times higher).

CONCLUSIONS: The unacceptable level of non-carcinogenic risk due to nitrate contamination of drinking water at the level of the average centile trend (Me) is established for the adult and child population provided with centralized water supply in the Tarbagatai region. The HQ exceeds the acceptable level for children consuming decentralized drinking water in the Mukhorshibirsky district. The risk levels for children and adults due to oral intake of nitrites with drinking water of centralized and non-centralized water supply were not dangerous (HQ <1).

Keywords: nitrate pollution; water factor; health risk assessment; Republic of Buryatia.

To cite this article:

Bogdanova OG, Efimova NV, Bagaeva EE. Health risk assessment of the population of the Republic of Buryatia associated with increased nitrate and nitrite intake. *Human ecology*. 2022;(1):47–59. DOI: <https://doi.org/10.17816/humeco83797>

Received: 26.10.2021

Accepted: 18.12.2021

Published: 18.03.2022

ВВЕДЕНИЕ

Наибольшей актуальностью в решении гигиенических, научно-технических и социально-экономических задач является обеспечение населения качественной питьевой водой [1, 2]. По мнению А.Ю. Поповой с соавт. [3], одним из показателей, вносящих наиболее существенный вклад в рост ожидаемой продолжительности жизни всего населения, является показатель «доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой». При этом одной из основных проблем обеспечения качества питьевой воды является тенденция к увеличению содержания нитратов в водных объектах, используемых в качестве источников хозяйственно-питьевого водоснабжения во многих странах, в том числе в США [4, 5], Европе [6, 7], России [8–10], Китае [11, 12], Индии [13, 14] и других странах [15–17].

Соединения азота во многом определяют экологическое и санитарное состояние подземных и поверхностных вод, используемых в качестве источников водоснабжения населённых пунктов. К основным источникам антропогенного загрязнения воды нитратами относят сельскохозяйственные азотные удобрения, сбросы сточных вод и др. [10]. По данным Н.В. Зайцевой с соавт. [18], поступление нитратов с питьевой водой оказывает более выраженное негативное влияние на показатели здоровья, чем поступление аналогичной дозы с пищей, обусловленное особенностями биокинетики нитратов и их хорошей растворимостью в воде.

Нормирование нитратов в питьевой воде в различных странах, несмотря на близкие значения, по мнению Н.С. Башкетовой с соавт. [1], все же имеет некоторые отличия. Так, в Российской Федерации содержание нитратов в воде питьевой регламентировано на уровне не более 45 мг/л, нитритов — 3 мг/л¹. В Европейском Союзе Директивой 98/83/ЕС² в питьевой воде установлены химические параметры по нитратам – 50 мг/л, по нитритам — 0,5 мг/л, при этом Государства-члены ЕС должны гарантировать, что удовлетворяется условие $[C_{NO_3} \text{ мг/л}]/50 + [C_{NO_2} \text{ мг/л}]/3 \leq 1$ [6, 19, 20]. В США в питьевой воде содержание нитратов Maximum Contaminant Level Goal (MCLG) и Maximum Contaminant Level (MCL)³ регламентировано на уровне 10 мг/л (по N), нитритов — 1 мг/л (по N) [4, 5]. Национальный стандарт гигиены питьевой воды в Китайской Народной Республике GB5749–2006 предусматривает, что стандартный предел нитратного азота в подземных водах составляет 20 мг/л (по N) [11]. В Республике

Бурятия, исходя из данных регионального информационного фонда, 246 955 человек не были обеспечены качественной питьевой водой (25,11%) [21]. Среди всех территорий Российской Федерации Республика Бурятия по доле (%) населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, занимает 75 место из 85 субъектов с показателем 46,5%. По данным Е.М. Трофимовича с соавт. [22], одним из актуальных загрязнителей водоисточников Республики Бурятия являлись неорганические и органические азотсодержащие соединения с формированием за 2000–2015 годы гигиенической нитратной гидрогеологической провинции невыясненного генеза.

Вместе с тем оценка риска здоровью экспонированного населения от воздействия нитратов, связанных с водным фактором, в Республике Бурятия не проведена.

Цель. Провести гигиеническую оценку уровней риска здоровью населения, связанного с употреблением питьевой воды с повышенным содержанием нитратов и нитритов в сельских территориях Республики Бурятия.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для целей исследования использовали данные регионального информационного фонда за 2010–2019 годы. Оценивали содержание нитратов и нитритов по результатам исследований 17 829 проб питьевой воды, в том числе 9744 проб из распределительной сети централизованной системы холодного водоснабжения (ЦСХВ), 8085 — из нецентрализованной системы холодного водоснабжения (НСХВ) населённых пунктов в 20 сельских административных районах Республики Бурятия. Количество источников ЦСХВ составило 263, в том числе 6 поверхностных и 257 подземных; количество НСХВ — 1166. Количественное определение нитратов и нитритов в воде проводили фотометрическим методом по ГОСТ 33045 «Вода. Методы определения азотсодержащих веществ (с Поправками)». Пределы обнаружения составляют 0,1 мг/л для NO_3^- . Содержание нитратов и нитритов представлено в виде средних величин и их 95% доверительных интервалов (ДИ). Результаты исследований воды хозяйственно-питьевого водоснабжения по содержанию нитратов и нитритов оценивали по отношению к предельно допустимой концентрации в соответствии с требованиями СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». Данные, разбитые на два периода, обработаны с использованием кластерного анализа методом k-средних.

Проведена оценка риска для здоровья населения, обусловленная воздействием нитратов и нитритов в питьевой воде ЦСХВ и НСХВ. Оценка риска выполнена в соответствии с Руководством по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду Р 2.1.10.1920–04. Коэффициенты

¹ СанПиН 1.2.3685–21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

² Директива Совета Европейского Союза от 03.11.1998 №98/83/ЕС «О качестве воды, предназначенной для употребления людьми»

³ Национальные нормативы качества питьевой воды США (NPDPW, NSDWP), разработанные Агентством по охране окружающей среды США (U.S. Environment Protection Agency)

опасности (HQ) определяли по среднему уровню поступления химических элементов с питьевой водой (средняя центильная тенденция — Me) и верхней границе экспозиции (95-й процентиль). Расчёт средней суточной дозы произведён в соответствии со стандартными значениями факторов экспозиции при пероральном поступлении химических веществ с питьевой водой. Потребление воды составило 2,0 л для взрослых и 1,0 л для детей, продолжительность воздействия для неканцерогенного риска 30 и 6 лет, соответственно, частоту воздействия приняли как 350 дней в год. Масса взрослого человека принята за 70 кг [23]. Масса ребёнка определена согласно данным обследования 228 обучающихся в возрасте 7 лет из 4 образовательных организаций Республики Бурятия, которая в среднем составила 23,66 кг [24]. Для расчёта неканцерогенных рисков использовались референтные уровни воздействия (референтные дозы — RfD, мг/кг). При проведении корреляционного анализа использованы данные об объёмах продукции сельского хозяйства из статистических сборников «Регионы России. Социально-экономические показатели» за 2010–2019 годы.

Статистический анализ. После проверки на нормальность распределения данных методом Шапиро–Уилка рассчитаны показатели содержания химических элементов в питьевой воде: медиана с верхней и нижней границей 95% доверительного интервала (Me — CI), рассматриваемые как средняя центильная тенденция, и 95-й процентиль, отражающий верхнюю границу экспозиции. Данные по медиане содержания нитратов и нитритов в питьевой воде 18 административных территорий обработаны с применением кластерного анализа методом k-средних. Зависимости между содержанием нитратов в питьевой воде Республики Бурятия и объёмами производства сельского хозяйства оценивали с помощью линейного корреляционно-регрессионного анализа с дальнейшей проверкой коэффициента корреляции Пирсона (r_{xy}) на достоверность при помощи t-критерия и расчётом коэффициента детерминации (R^2). Теснота (сила) связи оценена по шкале Чеддока: $0,1 < r_{xy} < 0,3$ — слабая связь, $0,3 < r_{xy} < 0,5$ — умеренная, $0,5 < r_{xy} < 0,7$ — заметная, $0,7 < r_{xy} < 0,9$ — высокая, $0,9 < r_{xy} < 1$ — весьма высокая связь [25]. Результаты статистического анализа считались статистически значимыми при $p < 0,05$. Расчёты выполняли с использованием пакета прикладных программ Statistica 6,0 и стандартных программных продуктов «Microsoft Word», «Microsoft Excel», сопряжённых с приложениями MS-Office.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В Республике Бурятия максимальное значение годовых концентраций нитратов в питьевой воде ЦСХВ в среднем за 2010–2014 годы составило 31,24 (26,76; 35,72), в предыдущем пятилетнем периоде — 39,41 (33,34; 45,49) мг/л., концентраций нитритов — 1,53 (1,22; 1,83) и 0,70 (0,57; 0,84) мг/л.

В пунктах с НСХВ аналогичный показатель по нитратам составлял в среднем за 2010–2014 годы 35,99 (34,30; 37,68) мг/л и в предыдущем пятилетии — 55,74 (51,80; 59,68) мг/л, по нитритах — 0,55 (0,48; 0,61) и 1,02 (0,77; 1,26), соответственно. На основе проведённого кластерного анализа методом k-средних по содержанию нитратов и нитритов на уровне средней центильной тенденции (Me) выделено два кластера для ЦСХВ 18 административных территорий. Ко второму кластеру отнесены Мухоршибирский, Тарбагатайский районы, в которых концентрации нитритов и нитратов значительно превышают таковые на остальных 16 административных территориях. Аналогично проведена кластеризация для НСХВ по 21 административной территории, во второй кластер вошли: Мухоршибирский, Тарбагатайский, Кабанский, Иволгинский, Заиграевский районы с наиболее высокими концентрациями нитратов и нитритов, а также остальные 16 административных территорий, имеющих незначительные различия в наиболее низких значениях Me. По среднему удельному весу проб питьевой воды ЦСХВ с превышением содержания нитратов, выделено две основные территории, где данные показатели за период 2010–2019 гг. выше среднереспубликанского уровня более чем в 4 раза: Тарбагатайский — 47,02% (41,83; 51,04), Мухоршибирский — 16,47% (14,34; 18,2). Максимальные концентрации нитратов в 2010–2014 гг. составили в Мухоршибирском районе 2,64 ПДК, в Тарбагатайском — 2,84 ПДК с увеличением в 2015–2019 годах до 4,52 ПДК и 4,11 ПДК, соответственно. В рассматриваемых административных районах за период 2015–2019 гг. в сравнении с 2010–2014 гг. максимальное содержание по 95-му процентилю увеличилось в Тарбагатайском районе в 1,45 раза и в Мухоршибирском — в 2,11 раза, средняя центильная тенденция (Me) увеличилась в 1,23 и 1,73 раза, соответственно (табл. 1).

В пяти сельских административных районах (Тарбагатайском, Бичурском, Заиграевском, Тункинском, Хоринском) отмечены единичные превышения гигиенических нормативов по содержанию нитритов в питьевой воде ЦСХВ. Максимальное значение годовых концентраций нитритов в Тарбагатайском районе в периоды сравнения увеличилось с 0,52 до 5,22 мг/л, по 95-у процентилю — с 0,16 до 5,15 мг/л, средняя центильная тенденция (Me) — с 0,04 до 0,54 мг/л, соответственно по годам. В остальных 4 районах среднее значение максимальных концентраций нитритов в 2015–2019 гг. снизилось до пределов гигиенического норматива.

Ранжирование показало, что 3 территории имели долю проб питьевой воды НСХВ с превышением содержания нитратов за 2010–2019 годы выше среднереспубликанских показателей более чем в 2 раза: Мухоршибирский — 19,92% (15,56; 22,55), Кабанский — 13,76% (7,47; 19,23), Тарбагатайский — 10,60% (5,47; 14,26). В указанных муниципальных образованиях 95-й процентиль содержания нитратов увеличился от 1,93 до 2,30 раза за период 2015–2019 гг. в сравнении с периодом 2010–2014 гг. Средняя

Таблица 1. Средние концентрации нитратов и нитритов в питьевой воде централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в 2010–2019 гг.**Table 1.** Average concentrations of nitrates and nitrites in the drinking water of the centralized domestic and drinking water supply in 2010–2019

Кластеры Clusters	Административные территории Республики Бурятия/ Administrative territories of the Republic of Buryatia	Средняя центильная тенденция и доверительные интервалы, Ме (CI) Average centile trend (Me) and confidence intervals (CI)				Количество населе- ния, находящегося под воздействием (по состоянию на 01.01.2020) Number of people under the influence (as of 01.01.2020)
		NO ₃ ⁻ , мг/л / mg/l		NO ₂ , мг/л / mg/l		
		2010–2014 годы years	2015–2019 годы years	2010–2014 годы years	2015–2019 годы years	
1	Баргузинский, Бичурский, Джидинский, Заиграевский, Закаменский, Иволгинский, Кабанский, Кижингинский, Курумканский, Кяхтинский, Прибайкальский, Северо- байкальский, Селенгинский, Тункинский, Хоринский, Муйский Barguzinsky, Bichursky, Dzhidinsky, Zaigraevsky, Zakamensky, Ivolginsky, Kabansky, Kizhinginsky, Kurumkansky, Kyakhtinsky, Pribaikalsky, Severobaikalsky, Selenginsky, Tunkinsky, Khorinsky, Muisky	4,80 (4,06; 5,54)	3,78 (3,46; 4,11)	0,12 (0,09; 0,15)	0,04 (0,04; 0,05)	392 347
2	Мухоршибирский Тарбагатайский Mukhorshibirsky Tarbagatai	35,65 (12,11; 59,18)	48,77 (26,14; 71,41)	0,03 (0,0; 0,06)	0,28 (0,26; 0,30)	4616
	Республика Бурятия Republic of Buryatia	8,23 (6,85; 9,61)	8,78 (7,07; 10,50)	0,11 (0,09; 0,14)	0,07 (0,05; 0,08)	396 963

центильная тенденция увеличилась в Мухоршибирском районе в 1,72 раза, в Тарбагатайском — в 1,92 раза. В Кабанском районе отмечалась стагнация по данному показателю (21,65–21,73 мг/л) (табл. 2).

Коэффициенты опасности (HQ) при пероральном поступлении нитратов с питьевой водой по средней центильной тенденции (Me) являлись допустимыми. Исключение составили жители Тарбагатайского района, потребляющие питьевую воду из ЦСХВ, в том числе по взрослому населению за период 2015–2019 гг. (HQ=1,11) и детскому за весь анализируемый период (HQ_{2010–2014}=1,33, HQ_{2015–2019}=1,65), а также детей Мухоршибирского района, потребляющих воду из НСХВ в 2015–2019 гг. (HQ=1,11) (табл. 3).

При оценке качества питьевой воды наиболее значимым являлось увеличение рисков для здоровья жителей Тарбагатайского и Мухоршибирского районов, обусловленное пероральным поступлением нитратов с питьевой водой в 2015–2019 годах. В сравнении с предыдущим пятилетним периодом отмечалось увеличение на уровне средней центильной тенденции (Me) по ЦСХВ в 1,23 в Тарбагатайском районе и в 1,75 раза в Мухоршибирском районе, по НСХВ — в 1,89 и 1,70 раза; на уровне 95-го процентиля по ЦСХВ зафиксировано увеличение в 1,45 и 2,11 раза; по НСХВ — в 2,03 и 1,93 раза, соответственно.

Как уже, отмечали, более неблагоприятные условия сложились в Тарбагатайском районе по ЦСХВ. В динамике коэффициенты опасности превышали единицу (HQ >1) на уровне Me для наиболее уязвимой группы детского населения, проживающего в данном районе, составили HQ_{дет} от 1,08 до 2,04, среднегодовые концентрации варьировали от 42,71 до 80,35 мг/л. Для взрослого населения в отдельные годы (2011, 2017, 2019) HQ_{взр} составили от 1,24 до 1,38 со среднегодовыми концентрациями нитратов от 61,81 до 80,35 мг/л. В Мухоршибирском районе для взрослого и детского населения поступление нитратов с питьевой водой ЦСХВ оценивалось как допустимое за весь анализируемый период (HQ <1).

По НСХВ более неблагоприятная ситуация сложилась в Мухоршибирском районе. Пероральное поступление нитратов с питьевой водой для взрослого населения оценивалось, как недопустимое в 2015 году на уровне Me (HQ=1,04), где среднегодовая концентрация нитратов составила 60,72 мг/л. Для детского населения HQ >1 в отдельные годы (2015, 2016, 2017) и составляли от 1,11 до 1,54, при этом среднегодовые концентрации варьировали от 20,56 до 60,72 мг/л. В Тарбагатайском районе пероральное поступление нитратов с питьевой водой НСХВ только у детского населения в 2019 году оценивалось как недопустимое на уровне Me

Таблица 2. Средние концентрации нитратов и нитритов в питьевой воде нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения в 2010–2019 гг.

Table 2. Average annual concentration of nitrates and nitrites in the drinking water of non-centralized household and drinking water supply in 2010–2019

Кластеры Clusters	Административные территории Республики Бурятия Administrative territories of the Republic of Buryatia	Средняя центильная тенденция и доверительные интервалы, Ме (CI) Average centile trend (Me) and confidence intervals (CI)				Количество населе- ния, находящегося под воздействием (по состоянию на 01.01.2020) Number of people under the influence (as of 01.01.2020)
		NO ₃ ⁻ , мг/л / mg/l		NO ₂ , мг/л / mg/l		
		2010–2014 годы years	2010–2014 годы years	2010–2014 годы years	2010–2014 годы years	
1	Баргузинский, Баунтовский, Бичурский, Джидинский, Еравнинский, Закаменский, Кижингинский, Курумканский, Кяхтинский, Окинский, Прибайкальский, Северобайкальский, Селенгинский, Тун- кинский, Хоринский, Муйский Barguzinsky, Bauntovsky, Bichursky, Dzhidinsky, Eravninsky, Zakamensky, Kizhinginsky, Kurumkansky, Kyakhtinsky, Okinsky, Baltic, Severobaikalsky, Selenginsky, Tunkinsky, Khorinsky, Muisky	4,34 (3,78; 4,90)	4,99 (4,52; 5,46)	0,06 (0,05; 0,07)	0,11 (0,07; 0,14)	236 458
2	Мухоршибирский, Тарбагатайский, Ка- банский, Иволгинский, Заиграевский Mukhorshibirsky, Tarbagatai, Kabansky, Ivolginsky, Zaigraevsky	20,79 (18,20; 23,38)	24,86 (19,80; 29,93)	0,03 (0,02; 0,04)	0,05 (0,04; 0,06)	17 590
	Республика Бурятия Republic of Buryatia	8,27 (7,47; 9,08)	9,98 (8,95; 11,01)	0,05 (0,04; 0,06)	0,08 (0,06; 0,11)	254 048

($HQ=1,25$), среднегодовая концентрация составляла 49,17 мг/л, в остальных случаях коэффициенты опасности были допустимыми и не превышали единицы. На уровне 95-го процентиля по средним за пятилетние периоды концентрациям нитратов $HQ > 1$ выявлено для детского населения во все анализируемые периоды, вне зависимости от типа водоснабжения; для взрослого населения отмечена аналогичная ситуация, за исключением периода с 2010–2014 год по НСХВ ($HQ=0,82$).

Уровни риска, обусловленные пероральным поступлением нитритов с питьевой водой ЦСХВ и НСХВ, для взрослого и детского населения в среднем по Республике Бурятия не представляли опасности ($HQ < 1$), за период 2010–2019 гг. Средняя концентрация на уровне Ме варьировала от 0,03 до 0,26 мг/л, на уровне 95-го процентиля — от 0,07 до 0,31 мг/л. Условие, предусмотренное директивой Европейского Союза [17], на территориях риска в Тарбагатайском и Мухоршибирском районах не выполнялось на протяжении всего анализируемого периода, на уровне 95-го процентиля сумма соотношений концентрации $[CN03 \text{ мг/л}]/50 + [CN02 \text{ мг/л}]/3 > 1$ (табл. 4).

Кроме этого, указанная сумма превышала единицу в целом по Республике Бурятия в 2011 и 2017 годах,

в Заиграевском районе — в 2010–2011 гг. На уровне средней центильной тенденции (Ме) сумма соотношений превышала единицу только в Тарбагатайском районе в среднем за анализируемые пятилетние периоды. Для выявления связи между концентрацией нитратов НСХВ на уровне средней центильной тенденции и объемами производства сельского хозяйства (млн руб.) по Республике Бурятия проведён корреляционно-регрессионный анализ, результаты которого представлены в таблице 5.

Выявлены прямые статистически значимые связи, между объемами животноводства и содержанием нитратов в питьевой воде НСХВ на уровне 95-го процентиля; между объемами производства продукции сельского хозяйства и содержанием нитратов в питьевой воде НСХВ на уровне 95-го процентиля. Высокая значимость связи установлена между объемами животноводства и содержанием нитратов в питьевой воде НСХВ на уровне Ме, а также между объемами производства продукции сельского хозяйства и содержанием нитратов в питьевой воде НСХВ на уровне Ме. Указанные факторные признаки определяют от 36,0% до 67,2% дисперсии зависимых признаков. Зависимости между объемами растениеводства и содержанием нитратов в питьевой воде НСХВ и ЦСХВ,

Таблица 3. Коэффициенты опасности, обусловленные пероральным поступлением нитратов с питьевой водой на территориях риска Республики Бурятия
Table 3. Hazard factors due to oral intake of nitrates with drinking water in the risk areas of the Republic of Buryatia

Годы Years	Тарбагатайский район / Tarbagatai district						Мухоршибирский район / Mukhorshibirsky district					
	централизованное водоснабжение centralized water supply			нецентрализованное водоснабжение non-centralized water supply			централизованное водоснабжение centralized water supply			нецентрализованное водоснабжение non-centralized water supply		
	HQ взрослое HQ adult	HQ детское HQ children's	95 процен- тил/ 95 percentile	HQ взрослое HQ adult	HQ детское HQ children's	95 процен- тил/ 95 percentile	HQ взрослое HQ adult	HQ детское HQ children's	95 процен- тил/ 95 percentile	HQ взрослое HQ adult	HQ детское HQ children's	95 процен- тил/ 95 percentile
	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me
2010	0,82	2,17	1,22	0,21	0,58	0,32	0,4	0,94	0,59	0,46	1,88	0,68
2011	1,25	2,66	1,84	0,24	0,64	0,36	0,28	1,75	0,41	0,35	0,94	0,52
2012	0,74	1,40	1,1	0,45	1,37	0,66	0,33	1,84	0,49	0,37	0,97	0,55
2013	0,96	1,44	1,42	0,35	1,38	0,51	0,35	1,17	0,51	0,52	1,60	0,77
2014	0,73	1,37	1,08	0,14	0,14	0,2	0,24	0,92	0,35	0,47	1,71	0,7
2015	0,92	2,05	1,36	0,46	2,04	0,68	0,64	2,92	0,94	1,04	3,63	1,54
2016	0,98	3,37	1,45	0,51	0,65	0,75	0,59	3,05	0,88	0,75	3,41	1,11
2017	1,24	2,74	1,83	0,38	1,71	0,56	0,66	3,25	0,98	0,83	2,72	1,23
2018	1,06	2,60	1,57	0,49	1,66	0,72	0,58	3,39	0,86	0,6	2,11	0,89
2019	1,38	2,33	2,04	0,84	2,26	1,25	0,3	1,37	0,45	0,52	1,83	0,77
2010–2014	0,9	1,81	1,33	0,28	0,82	0,41	0,32	1,32	0,47	0,44	1,42	0,64
2015–2019	1,11	2,62	1,65	0,53	1,67	0,79	0,56	2,80	0,82	0,75	2,74	1,11
2010–2019	1,01	2,21	1,49	0,41	1,24	0,60	0,44	2,06	0,65	0,59	2,08	0,88

Таблица 4. Динамика соотношений концентраций нитратов и нитритов, согласно требованиям Европейского Союза, на территориях риска**Table 4.** Trends in nitrate/nitrite ratios as required by the European Union in risk areas

Годы Years	Тарбагатайский район Tarbagatai district		Мухоршибирский район Mukhorshibirsky district		Республика Бурятия Republic of Buryatia	
	Me	95 процентиль 95 percentile	Me	95 процентиль 95 percentile	Me	95 процентиль 95 percentile
2010	0,97	2,55	0,47	1,10	0,22	0,52
2011	1,46	3,15	0,32	2,06	0,30	1,16
2012	0,87	1,65	0,39	2,17	0,16	0,45
2013	1,12	1,68	0,41	1,36	0,14	0,33
2014	0,89	1,81	0,29	1,09	0,15	0,39
2015	1,10	2,60	0,75	3,41	0,18	0,54
2016	1,15	3,94	0,69	3,56	0,18	0,64
2017	2,21	10,80	0,78	3,84	0,25	1,03
2018	1,32	3,64	0,69	3,99	0,18	0,63
2019	1,64	2,90	0,37	1,64	0,18	0,47
2010–2014	1,07	2,17	0,38	1,55	0,20	0,57
2015–2019	1,48	4,77	0,66	3,29	0,19	0,66

объёмами животноводства и продукции сельского хозяйства с содержанием нитратов в питьевой воде ЦСХВ статистически не значимы.

ОБСУЖДЕНИЕ

Кластерный анализ позволил объединить во втором кластере Тарбагатайский, Мухоршибирский, Иволгинский, Кабанский и Заиграевский районы, поскольку они имеют наиболее высокие медианы концентраций нитратов и нитритов в питьевой воде НСХВ с несущественными различиями. Эти районы территориально близки, приурочены к природным ландшафтам степей, характеризующихся более медленной интенсивностью трансформации биологического круговорота [26]. Оценка качества питьевой воды ЦСХВ и НСХВ по концентрации нитратов показала, что за период 2010–2019 гг. в Республике Бурятия приоритетными территориями риска являются два района — Тарбагатайский и Мухоршибирский, в которых уровни нитратов в источниках водоснабжения выше, чем в других сельских административных территориях республики. Данные районы находятся в юго-восточной части Республики Бурятия, граничат между собой и находятся в пределах бассейна реки Селенга — буферной экологической зоны озера Байкал. Источники ЦСХВ и НСХВ населённых пунктов данных районов представлены незащищённым подземным водоносным горизонтом, имеют различную глубину до 120 метров [22]. По данным Л.Л. Убугунова с соавт. [26], указанные районы имеют общие признаки: схожий гидрогеологический профиль, степной

агроландшафт, где сосредоточены основные посевные площади и пастбища республики. Избыточное содержание нитратов в питьевой воде ЦСХВ и НСХВ возможно обусловлено недостаточной защитой водоносных горизонтов от органических и неорганических удобрений, отходов животноводства и жизнедеятельности человека [8, 12, 27, 28]. Нами выявлены корреляционные связи, свидетельствующие о зависимости объёмов животноводства и концентрации нитратов в питьевой воде НСХВ. Увеличение максимальных концентраций нитратов в питьевой воде в 2015–2019 годах до 4,52 ПДК в Мухоршибирском и 4,11 ПДК в Тарбагатайском районах в сравнении с предыдущим периодом (2010–2014 гг.) обусловлено влиянием роста производства продукции сельского хозяйства, в частности животноводства, связанным с увеличением пастбищных угодий по сравнению с 1990–2005 гг. [29]. Это отмечено во многих сельскохозяйственных районах мира по данным Ward M.H. et al. [28], Pennino M.J. et al. [5]. Определённое влияние на нарушение гидрогеологического режима подземных вод и загрязнение источников водоснабжения может оказывать деятельность по добыче угля в Мухоршибирском районе, что согласуется с данными А.Б. Бакирова с соавт. [30], свидетельствующими о загрязнении водоносных горизонтов горнорудных территорий России.

Коэффициенты опасности превышали допустимую величину ($HQ > 1$) на уровне средней центильной тенденции, что оценивалось как недопустимое для детского и взрослого населения Тарбагатайского района, потребляющего питьевую воду ЦСХВ ($HQ_{дет}=1,49$; $HQ_{взр}=1,01$). Для детей,

Таблица 5. Коэффициенты корреляции «объём производства сельского хозяйства — содержание нитратов»**Table 5.** Correlation coefficients “agricultural production volume – nitrate content”

Объёмы производства сельского хозяйства (млн руб.) Agricultural production volumes (million rubles)	Предикторы (содержание нитратов, мг/л), R_i Predictors (nitrate content, mg/L), R_i	Зависимость Dependence	Коэффициент корреляции Пирсона r_{xy} Pearson coefficient correlation r_{xy}	Коэффициент детерминации R^2 Coefficient determination R^2	p
Растениеводство Crop production	ЦСХВ (на уровне Ме) Centralized water supply (at Me level)	$y=15,523-0,00139*x$	-0,77	0,59	$p=0,004^*$
	ЦСХВ (95 процентиль) Centralized water supply (95 percentile)	$y=34,584-0,00206*x$	-0,297	0,088	$p=0,351$
	НСХВ (на уровне Ме) Non-centralized water supply (at Me level)	$y=6,029+0,00060*x$	0,298	0,089	$p=0,350$
	НСХВ (95 процентиль) Non-centralized water supply (95 percentile)	$y=17,790+0,00222*x$	0,279	0,078	$p=0,383$
Животноводство Livestock production	ЦСХВ (на уровне Ме) Centralized water supply (at Me level)	$y=6,211+0,00020*x$	0,214	0,046	$p=0,506$
	ЦСХВ (95 процентиль) Centralized water supply (95 percentile)	$y=11,798+0,00116*x$	0,319	0,102	$p=0,315$
	НСХВ (на уровне Ме) Non-centralized water supply (at Me level)	$y=0,802+0,00080*x$	0,765	0,585	$p=0,005^*$
	НСХВ (95 процентиль) Non-centralized water supply (95 percentile)	$y=3,313+0,00251*x$	0,600	0,360	$p=0,042^*$
Продукция сельского хозяйства (всего) Agricultural products (total)	ЦСХВ (на уровне Ме) Centralized water supply (at Me level)	$y=10,529-,00014*x$	0,169	0,029	$p=0,6002$
	ЦСХВ (95 процентиль) Centralized water supply (95 percentile)	$y=16,690+0,00046*x$	0,142	0,020	$p=0,660$
	НСХВ (на уровне Ме) Non-centralized water supply (at Me level)	$y=-2,798+0,00077*x$	0,820	0,672	$p=0,001^*$
	НСХВ (95 процентиль) Non-centralized water supply (95 percentile)	$y=-9,153+0,00247*x$	0,664	0,441	$p=0,020^*$

* статистическая значимость ($p < 0,05$)* statistical significance ($p < 0.05$)

проживающих в данном районе и потребляющих питьевую воду НСХВ, а также для взрослого и детского населения Мухоморского района, коэффициенты опасности на уровне Ме не превышали единицу ($HQ < 1$). На уровне 95-го процентиля в среднем за анализируемые периоды $HQ > 1$ для взрослого и детского населения рассматриваемых районов, потребляющих питьевую воду из ЦСХВ

и НСХВ. С целью обеспечения доброкачественной питьевой водой населения территорий неканцерогенного риска необходим поиск альтернативных водисточников. Учитывая повышенные риски для здоровья детей, наиболее приемлемым является обеспечение бутилированной питьевой водой промышленного изготовления организаций воспитания и обучения, отдыха и оздоровления

приоритетных территорий Республики Бурятия. Будущие исследования этих и других последствий для здоровья должны включать усовершенствованные методики оценки воздействия и точную характеристику отдельных факторов, влияющих на содержание нитратов в питьевой воде. Неопределённость полученных результатов заключается в том, что в данном исследовании рассмотрено пероральное поступление нитратов и нитритов только с питьевой водой. По данным G. Yu et al. [12], значение HQ, обусловленное кожной экспозицией питьевой воды, намного ниже, чем пероральное поступление нитратов и нитритов с питьевой водой. В связи с этим расчёты дозы нитратов и нитритов, поступающих с питьевой водой посредством ингаляционного и перкутанного пути, не проводились. Кроме этого, возможно, что увеличение числа исследований питьевой воды из частных колодцев (скважин) существенно повысило бы надёжность полученных данных. Все перечисленные допущения вносят некоторую неопределённость в результаты исследования, поэтому полученные данные требуют продолжения исследований.

ВЫВОДЫ

1. На территории Республики Бурятия выделена зона риска для здоровья населения, включающая Тарбагатайский и Мухоршибирский районы, в которой доля проб питьевой воды централизованного и нецентрализованного водоснабжения, не соответствующих гигиеническим требованиям по содержанию нитратов выше среднереспубликанских значений в 2–4 раза на протяжении последних 10 лет.

2. Наибольший неканцерогенный риск, связанный с потреблением питьевой воды ЦСХВ, поступающей из подземных водоисточников Тарбагатайского района, установлен для детского населения ($HQ_{дет}=1,49$), для взрослого населения уровень риска соответствует верхнему пределу допустимого уровня ($HQ_{взр}=1,01$).

3. Уровни неканцерогенных рисков для взрослого и детского населения при использовании питьевой воды ЦСХВ в Мухоршибирском районе и НСХВ в Тарбагатайском и Мухоршибирском районах относятся к допустимым ($HQ < 1$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Башкетова Н.С., Выучейская Д.С., Сладкова Ю.Н. и др. Регулирование качества питьевой воды. Сравнение национальных и международных стандартов // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. 2018. №3. С. 1136–1148. eLIBRARY ID: 37001458
2. Рахманин Ю.А., Мельцер А.В., Киселев А.В., Ерастова Н.В. Гигиеническое обоснование управленческих решений с использованием интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности и эпидемиологической безопасности // Гигиена и санитария. 2017. №4. С.302–305. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305>

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ / ADDITIONAL INFO

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом: Богданова О.Г. — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, первый вариант статьи, редактирование окончательного варианта рукописи; Ефимова Н.В. — концепция и дизайн исследования, анализ и интерпретация данных, утверждение окончательного варианта рукописи; Багаева Е.Е. — сбор и получение данных.

Author contribution. All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors have made a significant contribution to the development of the concept, research and preparation of the article, read and approved the final version before publication). The greatest contribution is distributed as follows: Bogdanova O.G. — the concept and design of the study, analysis and interpretation of data, the first version of the article, editing of the final version of the manuscript; Efimova N.V. — the concept and design of the study, analysis and interpretation of data, approval of the final version of the manuscript; Bagaeva E.E. — collecting and receiving data

Благодарность. Авторы выражают благодарность за предоставление данных С.С. Ханхарею — руководителю Управления Роспотребнадзора по Республике Бурятия, К.В. Булуту — главному врачу ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Республике Бурятия».

Acknowledgment. The authors are grateful for the data provided to S.S. Khankhareev, head of the Rospotrebnadzor Department for the Republic of Buryatia, and K.V. Bulutov to the chief doctor of the Federal Budgetary Health Institution «Center for Hygiene and Epidemiology in the Republic of Buryatia»

Финансирование. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Financing. This study was not supported by any external sources of funding.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Conflict of interest. The authors declare that they have no competing interests.

3. Попова А.Ю., Зайцева Н.В., Онищенко Г.Г. и др. Санитарно-эпидемиологические детерминанты и ассоциированный с ними потенциал роста ожидаемой продолжительности жизни населения Российской Федерации // Анализ риска здоровью. 2020. №1. С. 4–17. DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.01
4. Mathewson P.D., Evans S., Byrnes T., et al. Health and economic impact of nitrate pollution in drinking water: a Wisconsin case study. *Environ Monit Assess.* 2020;192(11):724. DOI: 10.1007/s10661-020-08652-0
5. Pennino M.J., Leibowitz S.G., Compton J.E., et al. Patterns and predictions of drinking water nitrate violations across the con-

- minous United States. *Sci Total Environ.* 2020;722:137661. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137661
6. Frîncu R.M. Long-term trends in water quality indices in the lower danube and tributaries in Romania (1996–2017). *Int J Environ Res Public Health.* 2021;18(4):1665. DOI: 10.3390/ijerph18041665
 7. Frollini E., Preziosi E., Calace N., et al. Groundwater quality trend and trend reversal assessment in the European Water Framework Directive context: an example with nitrates in Italy. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021;28(17):22092–22104. DOI: 10.1007/s11356-020-11998-0
 8. Безгодов И.В., Ефимова Н.В., Кузьмина М.В. Качество питьевой воды и риск для здоровья населения сельских территорий Иркутской области // *Гигиена и санитария.* 2015. Т. 94. №2. С. 15–19. eLIBRARY ID: 23273015
 9. Кикю П.Ф., Кислицына Л.В., Богданова В.Д., Сабирова К.М. Гигиеническая оценка качества питьевой воды и риски для здоровья населения Приморского края // *Гигиена и санитария.* 2019. №1. С. 94–101. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101>
 10. Лужецкий К.П., Устинова О.Ю., Вандышева А.Ю., Чигвинцев В.М. Особенности нарушений физического развития у детей, потребляющих питьевую воду с повышенным содержанием нитратов // *Вопросы питания.* 2017. Т. 86. № 3. С. 40–48. eLIBRARY ID: 29960389
 11. Wu J. Challenges for safe and healthy drinking water in China. *Curr Environ Health Rep.* 2020;7(3):292–302. DOI: 10.1007/s40572-020-00274-5
 12. Yu G., Wang J., Liu L., et al. The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health.* 2020;20(1):437. DOI: 10.1186/s12889-020-08583-y
 13. Karunanidhi D., Aravinthasamy P., Deepali M., et al. Groundwater pollution and human health risks in an industrialized region of Southern India: Impacts of the COVID-19 Lockdown and the Monsoon Seasonal Cycles. *Arch Environ Contam Toxicol.* 2021;80(1):259–276. DOI: 10.1007/s00244-020-00797-w
 14. Taneja P., Labhasetwar P., Nagarnaik P. Nitrate in drinking water and vegetables: intake and risk assessment in rural and urban areas of Nagpur and Bhandara districts of India. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2019;26(3):2026–2037. DOI: 10.1007/s11356-017-9195-y
 15. Akber M.A., Islam M.A., Dutta M., et al. Nitrate contamination of water in dug wells and associated health risks of rural communities in southwest Bangladesh. *Environ Monit Assess.* 2020;192(3):163. DOI: 10.1007/s10661-020-8128-2.
 16. Chegbele L.P., Akurugu B.A., Yidana S.M. Assessment of groundwater quality in the Talensi District, Northern Ghana. *Scientific World Journal.* 2020;8450860. DOI: 10.1155/2020/8450860
 17. Golubkina N., Erdenetsogt E., Tarmaeva I., et al. Selenium and drinking water quality indicators in Mongolia. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2018;25(28):28619–28627. DOI: 10.1007/s11356-018-2885-2
 18. Зайцева Н.В., Уланова Т.С., Нурисламова Т.В., и др. Количественные показатели нитратов в моче и N-нитрозодиметиламина в крови как маркеры пероральной экспозиции нитратов, поступающих с питьевой водой // *Гигиена и санитария.* 2018. Т. 97. №11. С. 1087–1092. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/0016-9900-2018-97-11-1087-92>
 19. Azara A., Castiglia P., Piana A., et al. Derogation from drinking water quality standards in Italy according to the European Directive 98/83/EC and the Legislative Decree 31/2001 — a look at the recent past. *Ann Ig.* 2018;30(6):517–526. DOI: 10.7416/ai.2018.2252
 20. Gómez-Gutiérrez A., Miralles M.J., Corbella I., et al. Drinking water quality and safety. *Gac Sanit.* 2016;30(Suppl 1):63–68. DOI: 10.1016/j.gaceta.2016.04.012
 21. Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Республике Бурятия в 2019 году». Улан-Удэ; 2020. – 232 с.
 22. Трофимович Е.М., Турбинский В.В., Ханхарева С.С., и др. О гигиенической нитратной гидрогеологической провинции // *Гигиена труда и медицинская экология.* 2017. Т. 55. №2. С. 21–30
 23. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. М.: Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России; 2004. – 143 с.
 24. 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. Т. 90. №3. С. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.33029/0042-8833-2021-90-3-40-49>
 25. Медик В.А., Токмачев М.С. Руководство по статистике здоровья и здравоохранения. М.: Медицина, 2006. 528 с. eLIBRARY ID: 19534426
 26. Убугунов Л.Л., Гынинова А.Б., Белозерцева И.А., и др. Географические закономерности распределения почв на водосборной территории оз. Байкал (к карте «Почвы бассейна оз. Байкал») // *Природа Внутренней Азии.* 2018. Т. 7. №2. С. 7–26. DOI: 10.18101/2542-0623-2018-2-7-26
 27. Van Horne Y.O., Parks J, Tran T, et al. Seasonal variation of water quality in unregulated domestic wells. *Int J Environ Res Public Health.* 2019;16(9):1569. DOI: 10.3390/ijerph16091569
 28. Ward M.H., Jones R.R., Brender J.D., et al. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(7):1557. DOI: 10.3390/ijerph15071557
 29. Сухомиров Г.И. Сельское хозяйство Республики Бурятия // *Регионалистика.* 2020. Т.7. №1. С.60–77. DOI: <https://doi.org/10.14530/reg.2020.1.60>
 30. Бакиров А.Б., Валеев Т.К., Сулейманов Р.А., и др. Санитарно-гигиеническая характеристика горнорудных территорий и оценка риска здоровью населения от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды // *Медицина труда и экология человека.* 2018. Т. 13. №1. С. 5–12. eLIBRARY ID: 35126327

REFERENCES

1. Bashketova NS, Vyucheiskaya DS, Sladkova YuN, et al. Regulation of drinking water quality. Comparison of National and International Standards. *Zdorov'e – osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniya.* 2018;(3):1136–1148. (In Russ). eLIBRARY ID: 37001458

2. Rakhmanin YuA, Mel'tser AV, Kiselev AV, Erastova NV. Hygienic substantiation of management decisions with the use of the integral assessment of drinking water on indices of chemical harmlessness and epidemiological safety. *Gigiena i sanitariya*. 2017;96(4):302-305. (in Russ). DOI: 10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305
3. Popova AYU, Zaitseva NV, Onishchenko GG, et al. Sanitary-epidemiologic determinants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020;(1):4-17. (in Russ). DOI: 10.21668/health.risk/2020.1.01
4. Mathewson PD Evans S, Byrnes T, et al. Health and economic impact of nitrate pollution in drinking water: a Wisconsin case study. *Environ Monit Assess*. 2020;192(11):724. DOI: 10.1007/s10661-020-08652-0
5. Pennino MJ, Leibowitz SG, Compton JE, et al. Patterns and predictions of drinking water nitrate violations across the conterminous United States. *Sci Total Environ*. 2020;722:137661. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.137661
6. Frîncu RM. Long-term trends in water quality indices in the lower danube and tributaries in Romania (1996-2017). *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(4):1665. DOI: 10.3390/ijerph18041665
7. Frollini E., Preziosi E., Calace N., et al. Groundwater quality trend and trend reversal assessment in the European Water Framework Directive context: an example with nitrates in Italy. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2021;28(17):22092-22104. DOI: 10.1007/s11356-020-11998-0
8. Bezgodov IV, Efimova NV, Kuz'mina MV. Assessment of the quality of drinking water and risk for the population's health in rural territories in the Irkutsk region. *Hygiene and Sanitation*. 2015;94(2):15-19. (In Russ). eLIBRARY ID: 23273015
9. Kiku PF, Kislitsyna LV, Bogdanova VD, et al. Hygienic evaluation of the quality of drinking water and risks for the health of the population of the Primorye territory. *Gigiena i sanitariya*. 2019;98(1):94-101. (In Russ). DOI: 10.18821/0016-9900-2019-98-1-94-101
10. Luzhetskii KP, Ustinova OYu, Vandysheva AYU, Chigvintsev VM. Peculiarities of disorders in physical development of children consuming drinking water with increased nitrate content. *Voprosy pitaniya*. 2017;86(3):40-48. (in Russ). eLIBRARY ID: 29960389
11. Wu J. Challenges for safe and healthy drinking water in China. *Curr Environ Health Rep*. 2020;7(3):292-302. DOI: 10.1007/s40572-020-00274-5
12. Yu G, Wang J, Liu L, et al. The analysis of groundwater nitrate pollution and health risk assessment in rural areas of Yantai, China. *BMC Public Health*. 2020;20(1):437. DOI: 10.1186/s12889-020-08583-y
13. Karunanidhi D, Aravindhasamy P, Deepali M, et al. Groundwater pollution and human health risks in an industrialized region of Southern India: Impacts of the COVID-19 Lockdown and the Monsoon Seasonal Cycles. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2021;80(1):259-276. DOI: 10.1007/s00244-020-00797-w
14. Taneja P, Labhasetwar P, Nagarnaik P. Nitrate in drinking water and vegetables: intake and risk assessment in rural and urban areas of Nagpur and Bhandara districts of India. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2019;26(3):2026-2037. DOI: 10.1007/s11356-017-9195-y
15. Akber MA, Islam MA, Dutta M, et al. Nitrate contamination of water in dug wells and associated health risks of rural communities in southwest Bangladesh. *Environ Monit Assess*. 2020;192(3):163. DOI: 10.1007/s10661-020-8128-2.
16. Chegbeleh LP, Akurugu BA, Yidana SM. Assessment of ground-water quality in the Talensi District, Northern Ghana. *Scientific World Journal*. 2020;8450860. DOI: 10.1155/2020/8450860
17. Golubkina N, Erdenetsogt E, Tarmaeva I, et al. Selenium and drinking water quality indicators in Mongolia. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2018;25(28):28619-28627. DOI: 10.1007/s11356-018-2885-2.
18. Zaitseva NV, Ulanova TS, Nurislamova TV, et al. Quantitative parameters of nitrates in urine and N-nitrosodimethylamine in blood as markers of the oral exposure to nitrates introduced with drinking water. *Gigiena i sanitariya*. 2018;97(11):1087-1092. (In Russ). DOI: 10.18821/0016-9900-2018-97-11-1087-92
19. Azara A, Castiglia P, Piana A, et al. Derogation from drinking water quality standards in Italy according to the European Directive 98/83/EC and the Legislative Decree 31/2001 — a look at the recent past. *Ann Ig*. 2018;30(6):517-526. DOI: 10.7416/ai.2018.2252
20. Gómez-Gutiérrez A, Miralles MJ, Corbella I, et al. Drinking water quality and safety. *Gac Sanit*. 2016;30(Suppl 1):63-68. DOI: 10.1016/j.gaceta.2016.04.012
21. State report «On the State of Sanitary and Epidemiological well-being of the Population of the Republic of Buryatia in 2019». Ulan-Ude; 2020. 232 p. (in Russ).
22. Trofimovich EM, Turbinskii VV, Khankhareev SS, et al. About hygienic nitrate hydrogeological province. *Gigiena truda i meditsinskaya ekologiya*. 2017;55(2):21-30. (in Russ).
23. Human Health Risk Assessment from Environmental Chemicals. Moscow: Federal Center of Gossanepidnadzor of the Ministry of Health of Russia. 2004. 143 p. (in Russ).
24. Bogdanova OG, Efimova NV, Bagaeva EE, Tarmaeva NA. Risk assessment for public health associated with nitrate content in crop products. *Voprosy pitaniya*. 2021;90(3):40-49. (in Russ). DOI: 10.33029/0042-8833-2021-90-3-40-49
25. Medik VA, Tokmachev MS. Manual on Health and Health Statistics. Moscow: Medicine. 2006. 528 p. (in Russ). eLIBRARY ID: 19534426
26. Ubugunov LL, Gyninova AB, Belozertseva IA, et al. Geographical patterns of soil distribution within the watersheds of Baikal (as applied to the map «the soils of Baikal basin»). *Priroda Vnutrennei Azii*. 2018;7(2):7-26. (in Russ). DOI: 10.18101/2542-0623-2018-2-7-26
27. Van Horne YO, Parks J, Tran T, et al. Seasonal variation of water quality in unregulated domestic wells. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(9):1569. DOI: 10.3390/ijerph16091569
28. Ward MH, Jones RR, Brender JD, et al. Drinking water nitrate and human health: an updated review. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(7):1557. DOI: 10.3390/ijerph15071557
29. Sukhomirov GI. Agriculture of the Republic of Buryatia. *Regionalistika*. 2020;67(1):60-77. (In Russ). DOI: 10.14530/reg.2020.1.60
30. Bakirov AB., Valeev TK, Suleimanov RA, et al. Sanitary-hygienic characteristics of the mining areas and evaluation of the health risk from exposure to adverse environmental factors. *Meditsina truda i ekologiya cheloveka*. 2018;(1):5-12. (In Russ). eLIBRARY ID: 35126327

ОБ АВТОРАХ

***Богданова Ольга Георгиевна**, кандидат медицинских наук.
Адрес: 665826, Россия, Иркутская область, г. Ангарск,
12А микрорайон, д. 3. SPIN: 3979-5433;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2358-2280>;
E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Ефимова Наталья Васильевна, доктор медицинских наук,
профессор. SPIN-код: 4537-9381;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7218-2147>;
E-mail: medecolab@inbox.ru

Багаева Елена Евгеньевна,
ORCID ID 0000-0002-1867-8130;
E-mail: bagaeva75@inbox.ru

AUTHORS INFO

***Olga G. Bogdanova**, MD, PhD;
Address: 665826, Russia, Angarsk, 12A microdistrict, 3.
SPIN: 3979-5433;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2358-2280>;
E-mail: olga.bogdanova2001@gmail.com

Natalia V. Efimova, MD, Dr. Sci. (Med.), Professor.
SPIN-код: 4537-9381;
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7218-2147>;
E-mail: medecolab@inbox.ru

Elena E. Bagaeva,
ORCID ID: 0000-0002-1867-8130;
E-mail: bagaeva75@inbox.ru