



Подходы к определению территорий неблагополучия по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения

А.А. Ковшов^{1,2}, Р.В. Бузинов¹, Н.А. Тихонова¹, В.Н. Федоров¹, Ю.А. Новикова¹,
И.О. Мясников¹, А.А. Сергеев³

¹ ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

² ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Минздрава России, ул. Кирочная, д. 41, г. Санкт-Петербург, 191015, Российская Федерация

³ Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по
Мурманской области, ул. Коммуны, д. 7, г. Мурманск, 183038, Российская Федерация

Резюме

Введение. Общепринятые критерии ранжирования территорий по комплексу показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, в настоящее время отсутствуют, что требует разработки и верификации критериев классификации регионов.

Цель исследования заключалась в разработке подходов к ранжированию субъектов Российской Федерации по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, и определению территорий неблагополучия.

Материалы и методы. Анализировались показатели качества питьевой воды и характеристики систем водоснабжения в 15 субъектах Российской Федерации, входящих в Арктическую зону и Северо-Западный федеральный округ, использовались материалы формы федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта» за 2021 год. Выполнен дискриминантный и корреляционный анализ для проверки правильности классификации территорий.

Результаты. Проведена классификация субъектов федерации по состоянию питьевого водоснабжения с использованием 31 показателя. По результатам дискриминантного анализа установлено, что 6 регионов (Новгородская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ) отнесены к территориям неблагополучия, 93,3% исходных сгруппированных наблюдений были классифицированы правильно. Существенный вклад в отнесение регионов к территориям неблагополучия внесли показатели качества питьевой воды (преимущественно санитарно-химические) в сельской местности.

Обсуждение. Выбранные показатели состояния питьевого водоснабжения в достаточной степени характеризуют качество питьевой воды и особенности систем водоснабжения на региональном уровне ввиду их универсальности для всех территорий. Это также подтверждается статистически значимой сильной обратной корреляцией между долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, и рассчитанным суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения.

Выводы. Исследование показало корректность выбора показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, для классификации регионов. Ранжирование территорий позволит разработать управленческие решения по повышению качества питьевой воды и определить регионы, нуждающиеся в первоочередных мерах, направленных на сохранение здоровья населения.

Ключевые слова: качество питьевой воды, системы водоснабжения, территории неблагополучия, дискриминантный анализ, Северо-Западный федеральный округ, Арктическая зона Российской Федерации.

Для цитирования: Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Тихонова Н.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А., Мясников И.О., Сергеев А.А. Подходы к определению территорий неблагополучия по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения // Здоровье населения и среда обитания. 2023. Т. 31. № 5. С. 25–33. doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>

Approaches to Defining Health Risk Areas Using Quality Indicators of Drinking Water Supply

Aleksandr A. Kovshov,^{1,2} Roman V. Buzinov,¹ Nadezhda A. Tikhonova,¹ Vladimir N. Fedorov,¹
Yuliya A. Novikova,¹ Igor O. Myasnikov,¹ Aleksandr A. Sergeev³

¹ Northwest Public Health Research Center, 4, 2nd Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov,
41 Kirochnaya Street, Saint Petersburg, 195067, Russian Federation

³ Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing
in the Murmansk Region, 7 Kommuny Street, Murmansk, 183038, Russian Federation

Summary

Introduction: There are currently no generally accepted criteria for ranking territories according to a set of indicators characterizing the quality of drinking water supply, which requires the development and verification of criteria for classifying regions.

Objective: To develop approaches to ranking territories of the Russian Federation based on indicators characterizing the state of drinking water supply and identifying health risk areas.

Materials and methods: We have analyzed tap water quality indicators and characteristics of water supply systems in 15 regions of the Russian Federation included in the Arctic zone and the Northwestern Federal District based on data retrieved from the Federal Statistical Observation Form 18 “Information on the sanitary condition in the region” for 2021. A discriminant and correlation analysis were performed to verify the correctness of area classification.

Results: We ranked the study regions based on 31 tap water quality indicators. The results of the discriminant analysis showed that six regions (Novgorod Region, Republic of Karelia, Arkhangelsk Region, Nenets Autonomous Area, Republic of Sakha (Yakutia), Chukotka Autonomous Area) were risk areas, 93.3 % of the original grouped observations were classified correctly. Poor chemical indicators of tap water quality in rural areas made a significant contribution to the classification of the regions as risk territories.

Discussion: The selected quality indicators of drinking water supply are appropriate and sufficient for the regional level thanks to their universality for all territories. This fact is also confirmed by a strong statistical inverse correlation between the proportion of the population provided with quality tap water from centralized water supply systems and the calculated total score characterizing the state of drinking water supply.

Conclusions: The study proved correctness of the choice of indicators characterizing the quality of drinking water supply for the classification of regions. Ranking of territories will allow developing management solutions to improve the quality of drinking water and identify regions that need priority measures aimed at preserving health of the population.

Keywords: drinking water quality, water supply systems, risk areas, discriminant analysis, Northwestern Federal District, Russian Arctic.

For citation: Kovshov AA, Buzinov RV, Tikhonova NA, Fedorov VN, Novikova YuA, Myasnikov IO, Sergeev AA. Approaches to defining health risk areas using quality indicators of drinking water supply. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2023;31(5):25–33. (In Russ.) doi: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>

Введение. Основными целями Международного десятилетия действий «Вода для устойчивого развития»¹ являются комплексное управление водными ресурсами для решения социальных, экономических и экологических задач, достижения согласованных на международном уровне целей и задач, включая цели и задачи устойчивого развития на период до 2030 года².

Среди причин низкого качества питьевой воды в большинстве населенных пунктов России следует выделить неудовлетворительное санитарное состояние поверхностных и подземных источников водоснабжения, антропогенное загрязнение воды токсическими неорганическими и органическими веществами, инфекционными и паразитарными агентами, факторы природного характера [1–4]. В процессе водоподготовки в питьевой воде могут образоваться химические соединения, включая канцерогены, отсутствовавшие в воде водоисточника [1, 5–9]. В частности, при хлорировании воды образуются галогеносодержащие соединения (например, хлороформ), обладающие неблагоприятными биологическими эффектами и вызывающие гепато-, ренотоксические реакции, нарушение функции системы кровообращения, нервной системы и, вероятно, злокачественные новообразования [1, 10–12].

При разработке мероприятий по повышению качества питьевой воды важно определить территории неблагополучия, характеризующиеся высокой долей несоответствующих гигиеническим нормативам проб питьевой воды («неудовлетворительных проб»), что является предпосылкой к увеличению риска здоровья населения [13, 14]. Разработаны методические подходы, позволяющие охарактеризовать качество питьевой воды и ранжировать территории по показателям микробного³, канцерогенного и неканцерогенного рисков⁴, радиационной безопасности⁵. Кроме того, возможно проведение интегральной оценки питьевой воды централи-

зованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности⁶, которая позволяет не только получить характеристику отдельных компонентов риска здоровью, но и определить их вклад в суммарный риск здоровью населения [1, 15, 16]. Также возможно деление территорий в зависимости от типов водопользования [17], регионы могут классифицироваться по степени санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения [18], разработаны способы ранжирования территорий в зависимости от степени риска в эпидемиологии инфекционных и неинфекционных болезней [19–21]. Всемирная организация здравоохранения [22] и ряд других международных организаций⁷ в качестве способа ранжирования стран и регионов предлагают использование DALY score, то есть показателя, характеризующего количество лет жизни, скорректированных на инвалидность (состояние, отличное от удовлетворительного состояния здоровья). Несмотря на то, что данный подход ориентирован на реальные результаты, а не на потенциальные риски, что могло бы способствовать рациональной расстановке приоритетов в сфере обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия, «применение метода DALY к химическим веществам на практике ограничивается проблемами в информации»⁸.

Таким образом, универсальных подходов к ранжированию территорий по всему комплексу показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, в настоящее время не существует, что вынуждает исследователей разрабатывать собственные критерии оценки. Как следствие, возникает необходимость проверки правильности классификации территорий и их отнесения к категории «территория неблагополучия». Одним из таких способов проверки является дискриминантный анализ, который позволяет выявить различия

¹ Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН от 21.12.2016 № A/RES/71/222 «Международное десятилетие действий «Вода для устойчивого развития», 2018–2028 годы». URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/water-action-decade/>

² Резолюция Генеральной Ассамблеи ООН A/RES/71/313 от 06.07.2017. URL: <https://undocs.org/ru/A/RES/71/313>

³ Методические рекомендации МР 2.1.10.0031–11 «Комплексная оценка риска возникновения бактериальных кишечных инфекций, передаваемых водным путем».

⁴ Р 2.1.10.1920–04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду»

⁵ МУ 2.6.1.1981–05 «Радиационный контроль и гигиеническая оценка источников питьевого водоснабжения и питьевой воды по показателям радиационной безопасности. Оптимизация защитных мероприятий источников питьевого водоснабжения с повышенным содержанием радионуклидов».

⁶ Методические рекомендации МР 2.1.4.0032–11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности»

⁷ Water Quality by Country 2023: World Population Review. URL: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/water-quality-by-country>

⁸ Руководство по обеспечению качества питьевой воды: 4-е изд. / ВОЗ. Женева: ВОЗ, 2017. 628 с.

между двумя и более группами объектов сразу по нескольким переменным, что дает возможность выполнить классификацию объектов по принципу «максимального сходства»⁹. Дискриминантный анализ широко применяется в эпидемиологических и гигиенических исследованиях [22, 23], позволяя разрабатывать эффективные мероприятия по управлению риском здоровью среди групп населения, проживающих на территориях неблагополучия.

Цель настоящего исследования заключалась в разработке подходов к ранжированию субъектов Российской Федерации по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, и определению территорий неблагополучия.

Материалы и методы. В исследование было включено 11 субъектов Северо-Западного Федерального округа (СЗФО), а также 4 субъекта федерации, полностью или частично входящих в Арктическую зону Российской Федерации (АЗРФ), анализировались показатели качества питьевой воды и характеристики систем водоснабжения из формы федерального статистического наблюдения № 18 «Сведения о санитарном состоянии субъекта» за 2021 год.

Выполнен дискриминантный анализ (с принудительным включением независимых переменных), в котором использованы методы максимального правдоподобия:

1) расчет априорных вероятностей принадлежности к классу, когда нет никакой дополнительной информации об объектах;

2) расчет условных вероятностей принадлежности к классу, каждая из которых равна вероятности получить соответствующее значение дискриминантной функции при условии, что объект принадлежит классу [24, 25].

Создана прогностическая модель для выявления принадлежности к определенной группе. Данная модель строит дискриминантную функцию в виде линейной комбинации предикторных (предсказывающих) переменных, которая обеспечивает наилучшее разделение групп. Дискриминантная функция строится по набору наблюдений, для которых их принадлежность к группам известна, при этом в дальнейшем данная функция может применяться к новым наблюдениям с известными значениями предикторных переменных, но неизвестной групповой принадлежности⁹. Дополнительно проведен корреляционный анализ (корреляция Спирмена) между суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, и долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из централизованных систем водоснабжения. Статистическая обработка результатов, корреляционный и дискриминантный анализ проводились с использованием программного продукта IBM SPSS Statistics v.22. Пространственное отображение результатов дискриминантного анализа выполнено с помощью программного продукта ESRI ArcGIS Desktop 10.5.

Результаты. Была проведена классификация субъектов федерации по состоянию питьевого водоснабжения с использованием 31 показателя из формы федерального статистического наблюдения № 18: удельный вес проб воды, несоответствующих санитарно-эпидемиологическим требованиям по микробиологическим, химическим, паразитологическим показателям; удельный вес населения, обеспеченного централизованным водоснабжением, качественной питьевой водой. Показатели, выбранные для дискриминантного анализа, были объединены в 4 группы: источники централизованного питьевого водоснабжения, водопроводы, распределительная сеть, обеспечение населения питьевой водой (рис. 1). Учитывались группа источника водоснабжения (поверхностный, подземный) и тип населенного пункта (городской и сельский).

Первичная (априорная) классификация проводилась путем присвоения каждому анализируемому показателю в каждом из субъектов определенного балла. Одному баллу соответствовала величина показателя, меньшая или равная среднему значению показателя в Российской Федерации в целом, двум баллам – величина, превышающая средний российский показатель. Дополнительно анализировались доля населения, обеспеченного централизованным водоснабжением, и доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой; 1 балл присваивался регионам, где не менее 87,35 % населения обеспечено качественной питьевой водой и не менее 94,6 % населения обеспечено централизованным водоснабжением (средние российские показатели на 2021 год¹⁰). В дальнейшем баллы суммировались, субъекты федерации с суммарным баллом 31–40 были отнесены к группе «удовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (территории благополучия), 41 балл и выше – «неудовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (территории неблагополучия). Выполненное априорное ранжирование субъектов федерации показало, что 7 регионов России можно отнести к территориям неблагополучия (таблица).

Установлено, что между долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, и суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, существует статистически значимая сильная обратная корреляция (ро Спирмена $-0,704$, $p = 0,003$).

Проведенный дискриминантный анализ показал, что 93,3 % исходных сгруппированных наблюдений классифицировано правильно, к неправильно классифицированным территориям была отнесена лишь Ленинградская область. Пространственное распределение субъектов федерации исходя из результатов дискриминантного анализа приведено на рис. 2.

Существенный вклад в отнесение субъектов федерации к территориям неблагополучия внесли показатели качества питьевой воды в сельской

⁹ Дискриминантный анализ / IBM. SPSS Statistics. URL: <https://www.ibm.com/docs/ru/spss-statistics/beta?topic=features-discriminant-analysis>

¹⁰ О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2021 году: Государственный доклад. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2022. 340 с.

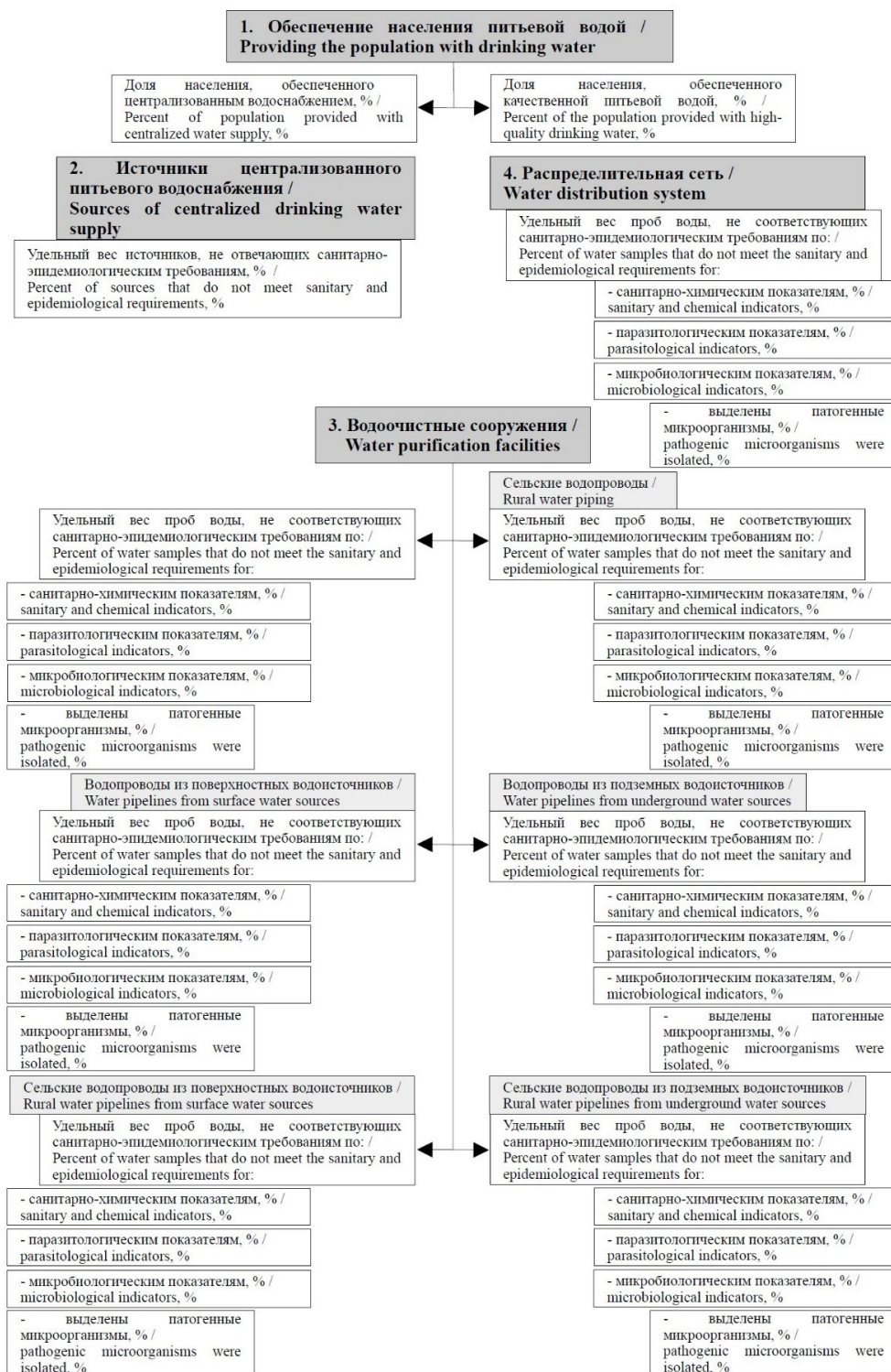


Рис. 1. Перечень показателей, использованных при проведении дискриминантного анализа

Fig. 1. List of indicators used in the discriminant analysis

местности. Главным образом, регистрировался высокий удельный вес неудовлетворительных проб по санитарно-химическим показателям. Самые высокие значения этих показателей среди проанализированных субъектов федерации отмечались в Республике Саха (Якутия): 67,9 % в водопроводах, 89,13 % в поверхностных водисточниках. Вклад микробиологических показателей при отнесении регионов к территориям неблагополучия был мень-

ше, за исключением Республики Саха (Якутия), где наблюдался также и самый высокий удельный вес неудовлетворительных проб по микробиологическим показателям в сельских водопроводах (37,0 %). Кроме того, было установлено, что в рамках данного исследования Республика Саха (Якутия) является единственным субъектом федерации, отнесенным к группе «неудовлетворительное состояние», в котором в 2021 году не проводились мероприятия

Таблица. Ранжирование территорий Российской Федерации в зависимости от состояния питьевого водоснабжения

Table. Ranking of the Russian territories by drinking water quality

Территория / Territory	Доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения (%) / Proportion of the population provided with high-quality drinking water from centralized water supply systems (%)	Суммарный балл, характеризующий состояние питьевого водоснабжения / Total score characterizing the quality of drinking water supply	Состояние питьевого водоснабжения: 1 – удовлетворительное, 2 – неудовлетворительное / Quality of drinking water supply: 1 – satisfactory, 2 – unsatisfactory	
			Априорная оценка / A priori ranking	Оценка по результатам дискриминантного анализа / Evaluation based on the results of the discriminant analysis
Архангельская область / Arkhangelsk Region	63,42	45	2	2
Вологодская область / Vologda Region	55,38	37	1	1
г. Санкт-Петербург / St. Petersburg	100	31	1	1
Калининградская область / Kaliningrad Region	89,0	34	1	1
Красноярский край / Krasnoyarsk Krai	93,90	34	1	1
Ленинградская область / Leningrad Region	83,43	44	2	1
Мурманская область / Murmansk Region	86,38	37	1	1
Ненецкий автономный округ / Nenets Autonomous Area	56,30	43	2	2
Новгородская область / Novgorod Region	74,70	46	2	2
Псковская область / Pskov Region	82,00	38	1	1
Республика Карелия / Republic of Karelia	66,70	47	2	2
Республика Коми / Republic of Komi	90,57	34	1	1
Республика Саха (Якутия) / Republic of Sakha (Yakutia)	56,39	47	2	2
Чукотский автономный округ / Chukotka Autonomous Area	86,41	41	2	2
Ямало-Ненецкий автономный округ / Yamalo-Nenets Autonomous Area	86,63	39	1	1

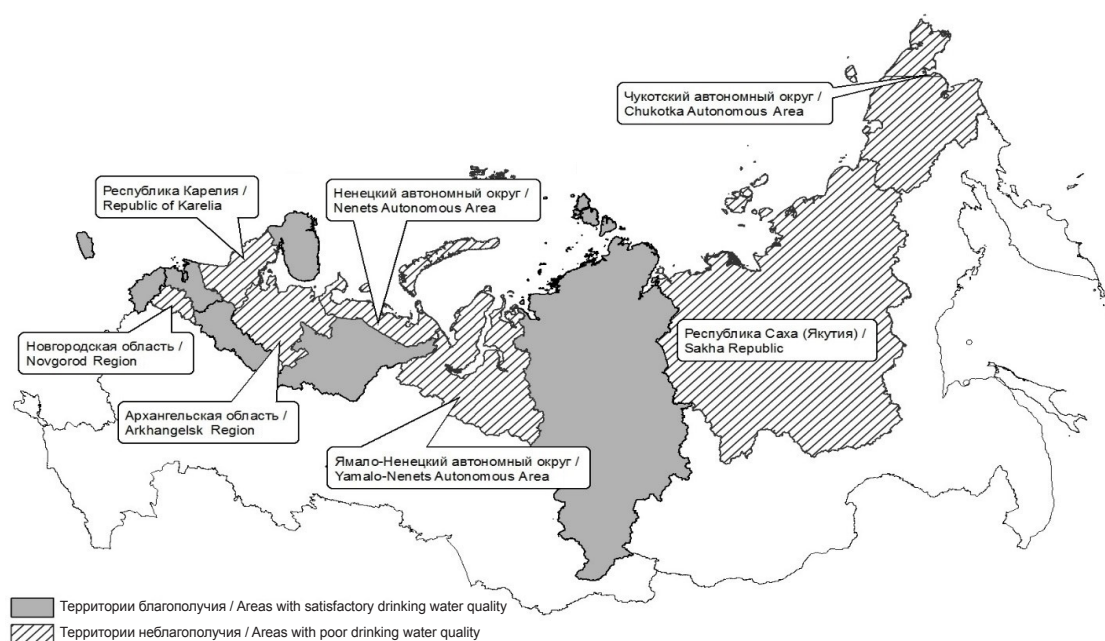


Рис. 2. Распределение субъектов федерации по состоянию питьевого водоснабжения

Fig. 2. Distribution of the Russian territories by drinking water quality

по повышению качества питьевой воды. Вместе с тем, помимо Республики Саха (Якутия) по показателю «доля населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения» можно выделить еще два региона – Вологодская область и Ненецкий автономный округ, характеризующихся наиболее низкой среди анализируемых субъектов долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из централизованных систем водоснабжения (59,39 %, 55,38 % и 56,3 % соответственно при среднем российском уровне 87,35 % в 2021 году)¹¹.

Обсуждение. По результатам дискриминантного анализа установлено, что по показателям качества питьевой воды и характеристикам систем водоснабжения 6 субъектов Российской Федерации отнесены к группе «неудовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Новгородская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ), 9 субъектов федерации – к группе «удовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Санкт-Петербург, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Вологодская и Калининградская области, Республика Коми, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край). Следует отметить, что ошибочность отнесения по результатам априорной оценки Ленинградской области к территории неблагополучия косвенно подтверждается высокой долей обеспеченного качественной питьевой водой населения региона (83,43 % населения), что незначительно отличается от аналогичного показателя в Российской Федерации (87,35 %).

Использованные в рамках данного исследования показатели качества питьевой воды и характеристики систем водоснабжения, содержащиеся в форме федерального статистического наблюдения № 18, в достаточной степени характеризуют состояние питьевого водоснабжения на региональном уровне ввиду их универсальности для всех территорий. Справедливость такого подхода также подтверждается статистически значимой сильной обратной корреляцией между долей населения, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения, и рассчитанным суммарным баллом, характеризующим состояние питьевого водоснабжения.

В то же время использованный авторами выбор показателей для дискриминантного анализа не является исчерпывающим, и в дальнейшем он может быть изменен и/или дополнен, в том числе с учетом региональных особенностей. Например, величина удельного веса неудовлетворительных проб не дает ответа на вопрос, какие именно показатели его формируют, в рамках анализа могут быть выделены отдельные химические вещества. Также следует учитывать, что при ранжировании территорий по степени неблагополучия потребуются уточнение степени негативного влияния на здоровье населения каждого из показателей (например,

по величине канцерогенного и неканцерогенного рисков). Кроме того, включение в дискриминантный анализ дополнительных показателей может негативно сказаться на логической значимости его результатов: в ряде регионов определенные показатели качества питьевой воды в силу ряда причин могут не оцениваться (и формально они равны нулю), но их отсутствие не исключено. Одним из решений данной проблемы может стать замена пропущенного значения средней величиной, вычисленной исходя из фактических значений по другим территориям; такой алгоритм предусмотрен в ряде специализированных программных продуктов по статистической обработке данных.

Выводы

1. По результатам дискриминантного анализа установлено, что по показателям качества питьевой воды и характеристикам систем водоснабжения 6 субъектов Российской Федерации отнесены к группе «неудовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Новгородская область, Республика Карелия, Архангельская область, Ненецкий автономный округ, Республика Саха (Якутия), Чукотский автономный округ), 9 субъектов федерации – к группе «удовлетворительное состояние питьевого водоснабжения» (Санкт-Петербург, Ленинградская, Псковская, Мурманская, Вологодская и Калининградская области, Республика Коми, Ямало-Ненецкий автономный округ, Красноярский край). Существенный вклад в отнесение субъекта федерации к территории неблагополучия внесли санитарно-химические показатели качества питьевой воды в сельской местности.

2. Проведенное исследование показало корректность выбора показателей, характеризующих состояние питьевого водоснабжения, для отнесения региона к территории благополучия (группа «удовлетворительное состояние») или неблагополучия (группа «неудовлетворительное состояние»), что было подтверждено результатами дискриминантного анализа: 93,3 % исходных сгруппированных наблюдений классифицировано правильно, к неправильно классифицированным территориям была отнесена лишь Ленинградская область.

3. Ранжирование территорий по показателям, характеризующим состояние питьевого водоснабжения, позволит разработать управленческие решения по повышению качества питьевой воды и определить приоритетные регионы, нуждающиеся в первоочередных мерах по совершенствованию технологий водоподготовки, реконструкции распределительных сетей и охране водоисточников, что будет способствовать повышению эффективности санитарно-противоэпидемических мероприятий в субъектах Российской Федерации, направленных на сохранение здоровья населения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. и др. Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов // Здоровье населения

¹¹ Доля населения Российской Федерации, обеспеченного качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения / ЕМИСС: государственная статистика. URL: <https://fedstat.ru/indicator/59116>.

<https://doi.org/10.35627/2219-5238/2023-31-5-25-33>
Original Research Article

- и среда обитания. 2021. Т. 29. № 9. С. 33–39. doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39
2. Зайцева Н.В., Сбоев А.С., Клейн С.В., Вековщина С.А. Качество питьевой воды: факторы риска для здоровья населения и эффективность контрольно-надзорной деятельности Роспотребнадзора // Анализ риска здоровью. 2019. № 2. С. 44–55. doi: 10.21668/health.risk/2019.2.0
 3. Васильева М.В., Натарева А.А., Мелихова Е.П. Гигиеническое значение питьевой воды в жизнедеятельности человека // Символ науки. 2016. № 3-2. С. 180–181.
 4. Росоловский А.П. Состояние источников центрального водоснабжения и влияние качества питьевой воды на здоровье населения Новгородской области // Здоровье населения и среда обитания. 2016. № 1 (274). С. 8–10.
 5. Леванчук А.В., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А. Опыт формирования паспортов точек контроля качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения // Безопасность жизнедеятельности. 2020. № 10 (238). С. 47–52.
 6. Лапшин А.П., Ванькова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды // Анализ риска здоровью-2020 совместно с международной встречей по окружающей среде и здоровью Rise-2020 и круглым столом по безопасности питания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. В 2-х т. / под ред. А.Ю. Поповой, Н.В. Зайцевой. Т. 1. Пермь: Пермский национальный исследовательский политехнический университет, 2020. С. 129–136.
 7. Арутюнова И.Ю., Ягунков С.Ю. Исследование различных технологических режимов очистки воды, направленных на снижение содержания хлорорганических соединений в питьевой воде // Проекты развития инфраструктуры города: сб. науч. тр. ГУП «Мосводоканал НИИ проект». Вып. 8. М.: Прима-пресс Экспо, 2008. С. 57–68.
 8. Малышева А.Г., Растянкин Е.Г., Козлова Н.Ю. и др. Продукты трансформации веществ в воде при обеззараживании сильными окислителями // Тез. докл. Междунар. конгресса «Вода. Экология. Технология». М.: ЭКВАТЭК, 2008. С. 117–123.
 9. Саканская-Грицай Е.И. Проблемы и перспективы совершенствования водоподготовки // Техно-технологические проблемы сервиса. 2014. № 3. С. 88–95.
 10. Донченко А.И., Тулакин А.В., Амплеева Г.П., Даниловская Л.А. К вопросу о галогенсодержащих соединениях, образующихся при хлорировании питьевой воды // Санитарный врач. 2018. № 4. С. 38–43.
 11. Environmental Health Criteria 216: Disinfectants and Disinfectant By-Products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 31, 2023. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf;jsessionid=AD56A82EB8759E4E14C3D3B11D273C35?sequence=1
 12. Егорова Н.А., Букшук А.А., Красовский Г.Н. Гигиеническая оценка продуктов хлорирования питьевой воды с учетом множественности путей поступления в организм // Гигиена и санитария. 2013. № 2. С. 18–24.
 13. Новикова Ю.А., Фридман К.Б., Федоров В.Н. и др. К вопросу оценки качества питьевой воды систем централизованного водоснабжения в современных условиях // Гигиена и санитария. 2020. № 99 (6). С. 563–568. doi: 10.33029/0016-9900-2020-99-6-563-568
 14. Ковшов А.А., Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А. Оценка рисков нарушений здоровья, связанных с качеством питьевой воды, в городских округах арктической зоны Российской Федерации // Вестник уральской медицинской академической науки. 2019. Т. 16. № 2. С. 215–222. doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222
 15. Новикова Ю.А., Тихонова Н.А., Мясников И.О. и др. Интегральная оценка качества питьевой воды Омской области // Гигиена и санитария. 2022. Т. 101. № 8. С. 861–865. doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865
 16. 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. Т. 96. № 4. С. 302–305. doi: 10.47470/0016-9900-2017-96-4-302-305
 17. Байдакова Е.В., Унгуряну Т.Н. Сравнительная оценка качества питьевой воды территорий Архангельской области и ее влияние на здоровье населения // Профилактическая и клиническая медицина. 2018. № 1 (66). С. 11–16.
 18. Механтьев И.И., Клепиков О.В. Комплексная оценка санитарно-эпидемиологической надежности систем централизованного питьевого водоснабжения сельских территорий // Вестник новых медицинских технологий. Электронное периодическое издание. 2020. № 5. С. 119–124. doi: 10.24411/2075-4094-2020-16754
 19. Раичич С.Р., Сабурова С.А., Шабейкин А.А., Симонова Е.Г. Оценка ситуации по сибирской язве на основе ранжирования территорий по степени риска // Проблемы особо опасных инфекций. 2020. № 4. С. 125–132. doi: 10.21055/0370-1069-2020-4-125-132
 20. Власов А.В., Кравец Б.Б., Литовкин Д.М., Середа А.А. Злокачественные новообразования: критерии идентификации территорий риска и очагов скрытой заболеваемости // Научно-медицинский вестник Центрального Черноземья. 2019. Т. 75. С. 179–185.
 21. Самодурова Н.Ю., Мамчик Н.П., Истомин А.В. и др. Определение территорий риска по уровню алиментарнозависимых заболеваний с учетом региональных особенностей структуры питания населения // Вестник РГМУ. 2018. № 5. С. 42–47.
 22. Широкопуп С.В., Лукьяненко Н.В. Эпидемиологическое прогнозирование заболеваемости клещевыми природно-очаговыми инфекциями в Западной Сибири // Бюллетень медицинской науки. 2019. № 3 (15). С. 8–12. doi: 10.31684/2541-8475.2019.3(15).8-12
 23. Суржинов Д.В., Кислицына В.В., Штайгер В.А., Голиков Р.А. Опыт применения статистико-математических технологий для оценки влияния атмосферных загрязнений на здоровье населения в крупном промышленном центре // Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 7. С. 663–667. doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
 24. Битюков В.К., Моторин М.Л., Саввина Е.А. Формирование классов объектов методом дискриминантного анализа // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1. С. 73–78.
 25. Хох А.Н., Занько Ю.С. Использование методов многомерного статистического анализа при проведении судебно-патофизиологических экспертиз // Вопросы криминологии, криминалистики и судебной экспертизы. 2021. № 1 (49). С. 133–139.

REFERENCES

1. Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA, Alenteva OS, Myasnikov IO. Drinking water quality: Temporary deviations from hygienic standards. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2021;29(9):33-39. (In Russ.) doi: 10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39
2. Zaitseva NV, Onishchenko GG, Popova AYU, Kleyn SV, Kiryanov DA, Glukhikh MV. Social and economic deter-

- minants and potential for growth in life expectancy of the population in the Russian Federation taking into account regional differentiation. *Health Risk Analysis*. 2019;(4):14-29. (In Russ.) doi: 10.21668/health.risk/2019.4.02.eng
3. Vasilyeva MV, Natarova AA, Melikhova EP. [Hygienic value of drinking water in human life.] *Simvol Nauki*. 2016;(3-2(15)):180-181. (In Russ.)
 4. Rosolovsky AP. The state of sources of centralized water supply and the impact of drinking water quality on population health of the Novgorod region. *Zdorov'e Naseleniya i Sreda Obitaniya*. 2016;(1(274)):8-10. (In Russ.)
 5. Levanchuk AV, Tikhonova NA, Novikova YuA. Modern approach to the choice of water treatment technologies taking into account the methodology for assessing the risk to public health. *Bezopasnost' Zhiznedeyatel'nosti*. 2020;(10(238)):47-52. (In Russ.)
 6. Lapshin AP, Vankova AN. [Integral assessment of drinking water quality.] In: Popova AYU, Zaitseva NV, eds. *Health Risk Analysis – 2020 in conjunction with the International Meeting on Environment and Health RISE-2020 and a Round Table on Food Safety: Proceedings of the Tenth All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation, Perm, May 13-15, 2020*. Perm: Perm National Research Polytechnic Univ. Publ.; 2020;1:129-136. (In Russ.)
 7. Arutyunova IYu, Yagunkov SYu. [Study of various technological regimes of water treatment aimed at reducing the content of organochlorine compounds in drinking water.] In: *City Infrastructure Development Projects: Collection of Scientific Papers of the State Unitary Enterprise "Mosvodokanal Research Institute Project"*. Moscow: Prima-Press Expo Publ.; 2008;8:57-68. (In Russ.)
 8. Malysheva AG, Rastyannikov EG, Kozlova NYu, et al. [Transformation products of substances in water during disinfection with strong oxidizing agents.] In: *Proceedings of the International Congress "Water. Ecology. Technology", Moscow, September 25-27, 2018*. Moscow: EcwaTech Publ.; 2008:117-123. (In Russ.)
 9. Sakanskaja-Gritsay EI. Problemy and prospects for improvement of water treatment. *Tekhniko-Tekhnologicheskie Problemy Servisa*. 2014;(3(29)):88-95. (In Russ.)
 10. Donchenko AI, Tulkin AV, Ampleeva GP, Danilovskaya LA. On the question of halogen-containing compounds formed during chlorination of drinking water. *Sanitarnyy Vrach*. 2018;(4):38-43. (In Russ.)
 11. Environmental Health Criteria 216: Disinfectants and Disinfectant By-Products. Geneva: World Health Organization; 2000. Accessed May 31, 2023. https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42274/WHO_EHC_216.pdf;jsessionid=AD56A82EB8759E4E14C3D3B11D273C35?sequence=1
 12. Egorova NA, Bukshuk AA, Krasovskiy GN. Hygienic assessment of drinking water chlorination by-products in view of multiroute exposure. *Gigiena i Sanitariya*. 2013;92(2):18-24. (In Russ.)
 13. Novikova YuA, Friedman KB, Fedorov VN, Kovshov AA, Tikhonova NA, Myasnikov IO. About the question of the assessment of the drinking water quality in centralized water systems in the current conditions. *Gigiena i Sanitariya*. 2020;99(6):563-568. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2020-99-6-563-568
 14. Kovshov AA, Novikova YuA, Fedorov VN, Tikhonova NA. Diseases risk assessment associated with the quality of drinking water in the urban districts of Russian Arctic. *Vestnik Ural'skoy Meditsinskoy Akademicheskoy Nauki*. 2019;16(2):215-222. (In Russ.) doi: 10.22138/2500-0918-2019-16-2-215-222
 15. Novikova YuA, Tikhonova NA, Myasnikov IO, et al. Integral assessment of the drinking water quality in the Omsk region. *Gigiena i Sanitariya*. 2022;101(8):861-865. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2022-101-8-861-865
 16. Rakhmanin YuA, Meltser 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
 17. Baydakova EV, Unguryanu TN. Comparative assessment of drinking-water quality in the Arkhangelsk region and its impact on population health. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2018;1(66):11-16. (In Russ.)
 18. Mekhantiev II, Klepikov OV. Comprehensive assessment of sanitary and epidemiological reliability of centralized drinking water supply systems in rural territories. *Vestnik Novykh Meditsinskikh Tekhnologiy*. 2020;(5):119-124. (In Russ.) doi: 10.24411/2075-4094-2020-16754
 19. Raichich SR, Saburova SA, Shabeikin AA, Simonova EG. Assessment of the situation on anthrax based on ranking territories by the degree of risk. *Problemy Osobo Opasnykh Infektsiy*. 2020;(4):125-132. (In Russ.) doi: 10.21055/0370-1069-2020-4-125-132
 20. Vlasov AV, Kravets BB, Litovkhin DM, Sereda AA. Criteria for the identification of sites of risk and hidden foci of malignant neoplasms. *Nauchno-Meditsinskiy Vestnik Tsentral'nogo Chernozem'ya*. 2019;(75):179-185. (In Russ.)
 21. Samodurova NYu, Mamchik NP, Istomin AV, Klepikov OV, Sokolenko GG. Identification of districts at risk of nutrient-related diseases based on the local diet. *Vestnik Rossiyskogo Gosudarstvennogo Meditsinskogo Universiteta*. 2018;(5):35-39. doi: 10.24075/vrgmu.2018.056
 22. Shirokostup SV, Lukyanenko NV. Epidemiological forecasting of the incidence of tick-borne natural focal infections in western Siberia. *Byulleten' Meditsinskoy Nauki*. 2019;(3(15)):8-12. (In Russ.) doi: 10.31684/2541-8475.2019.3(15).8-12
 23. Surzhikov DV, Kislitsyna VV, Shtaiger VA, Golikov RA. Experience in using statistical and mathematical technologies to assess the impact of atmospheric pollution on public health in a large industrial center. *Gigiena i Sanitariya*. 2021;100(7):663-667. (In Russ.) doi: 10.47470/0016-9900-2021-100-7-663-667
 24. Bitiukov VK, Motorin ML, Savvina EA. The formation classes of objects by the method of discriminant analysis. *Vestnik Voronezhskogo Gosudarstvennogo Universiteta Inzhenernykh Tekhnologiy*. 2014;(1(59)):73-78. (In Russ.)
 25. Khokh AN, Zanko YuS. The use of multi-dimensional statistical analysis methods while conducting forensic palinological examinations. *Voprosy Kriminologii, Kriminalistiki i Sudebnoy Ekspertizy*. 2021;(1(49)):133-139. (In Russ.)

Сведения об авторах:

✉ **Ковшов Александр Александрович** – к.м.н., старший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; доцент кафедры гигиены условий воспитания, обучения, труда и радиационной гигиены ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России; e-mail: a.kovshov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>.

Бузинов Роман Вячеславович – д.м.н., доцент, директор ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Тихонова Надежда Андреевна – младший научный сотрудник отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: n.tikhonova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Федоров Владимир Николаевич – старший научный сотрудник, врио заведующего отделением анализа, оценки и прогнозирования отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Новикова Юлия Александровна – старший научный сотрудник, и.о. руководителя отдела исследований среды обитания и здоровья населения в Арктической зоне Российской Федерации ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Мясников Игорь Олегович – к.м.н., старший научный сотрудник отдела анализа рисков здоровью населения, ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора, 191036, Россия, г. Санкт-Петербург, тел. (812) 717-93-89, e-mail: i.myasnikov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Сергеев Александр Александрович – руководитель Управления Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по Мурманской области, главный государственный санитарный врач по Мурманской области; e-mail: adm@murmanpotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5736-9680>

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования: *Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Новикова Ю.А.*; сбор данных: *Тихонова Н.А., Мясников И.О., Сергеев А.А.*; анализ и интерпретация результатов: *Ковшов А.А., Бузинов Р.В., Федоров В.Н.*; обзор литературы: *Ковшов А.А., Федоров В.Н., Новикова Ю.А.*, подготовка рукописи: *Ковшов А.А., Тихонова Н.А., Новикова Ю.А.* Все авторы ознакомились с результатами работы и одобрили окончательный вариант рукописи.

Соблюдение этических стандартов: данное исследование не требует представления заключения комитета по био-медицинской этике или иных документов.

Финансирование: Исследование выполнялось в рамках научно-исследовательской работы рег. № 121031300059-9, не имело спонсорской поддержки.

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

Статья получена: 13.04.23 / Принята к публикации: 16.05.23 / Опубликовано: 31.05.23

Author information:

✉ **Aleksandr A. Kovshov**, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; Associate Professor, Department for Hygiene of Educational, Training, and Labor Conditions, and Radiation Hygiene, North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov; e-mail: a.kovshov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9453-8431>.

Roman V. Buzinov, Dr. Sci. (Med.), docent, Honored Doctor of the Russian Federation, Director, Northwest Public Health Research Center; e-mail: r.buzinov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8624-6452>.

Nadezhda A. Tikhonova, Junior Researcher, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: n.tikhonova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4895-4009>.

Vladimir N. Fedorov, Senior Researcher, Acting Head of the Division of Analysis, Assessment and Forecasting, Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: v.fedorov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1378-1232>.

Yuliya A. Novikova, Senior Researcher, Acting Head of the Arctic Environmental Health Department, Northwest Public Health Research Center; e-mail: j.novikova@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4752-2036>.

Igor O. Myasnikov, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher, Department of Public Health Risk Analysis, Northwest Public Health Research Center; e-mail: i.myasnikov@s-znc.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Aleksandr A. Sergeev, Head of the Office of the Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Wellbeing in the Murmansk Region, Chief State Sanitary Doctor in the Murmansk Region; e-mail: adm@murmanpotrebnadzor.ru; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5736-9680>.

Author contributions: study conception and design: *Kovshov A.A., Buzinov R.V., Novikova Yu.A.*; data collection: *Tikhonova N.A., Myasnikov I.O., Sergeev A.A.*; analysis and interpretation of results: *Kovshov A.A., Buzinov R.V., Fedorov V.N.*; literature review: *Kovshov A.A., Fedorov V.N., Novikova Yu.A.*; draft manuscript preparation: *Kovshov A.A., Tikhonova N.A., Novikova Yu.A.* All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Compliance with ethical standards: Not applicable.

Funding: The study was carried out as part of the research work No. 121031300059-9 and had no external sponsorship.

Conflict of interest: The authors have no conflicts of interest to declare.

Received: April 13, 2023 / Accepted: May 16, 2023 / Published: May 31, 2023