

Читать
онлайн
Read
onlineШмелева В.Д.^{1,2,3}, Кислицына Л.В.¹, Романова О.Б.¹, Суховеева А.Б.², Аленицкая М.В.³

Оценка качества питьевой воды распределительной сети (на примере Приморского края)

¹ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае», 690091, Владивосток, Россия;²ФГБУН «Тихоокеанский институт географии Дальневосточного отделения Российской академии наук», 690041, Владивосток, Россия;³ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Школа медицины и наук о жизни, 690922, Владивосток, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. Обеспечение качества и комплексная оценка питьевой воды распределительной сети остаётся актуальной задачей гигиенической науки и практики, что определило актуальность настоящего исследования.

Материалы и методы. Организован социологический опрос населения Приморского края в 2022 г. для определения удовлетворённости населения качеством питьевой воды в регионе. Обобщены результаты лабораторных испытаний за 2016–2022 гг., проведённых ИЛЦ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае» в рамках социально-гигиенического мониторинга. В описательной части статистического анализа использовали Microsoft Office Excel, в аналитической — IBM SPSS Statistics, пространственная визуализация и интерполяция данных выполнены в ArcGIS 10.8.2.

Результаты. Анализ удовлетворённости населения Приморского края качеством питьевой воды из распределительной сети показал, что примерно половина населения недовольна её качеством. Анализ качества воды систем централизованного водоснабжения с позиции гигиенического нормирования позволил сгруппировать мониторинговые точки и картографически распределить по приоритетным химическим, органолептическим и микробиологическим загрязнителям по шести кластерам. Оценка риска для здоровья населения, обусловленного качеством питьевой воды централизованных систем водоснабжения, выделила один населённый пункт с превышением уровня неканцерогенного риска по трихлорэтилену. С помощью пространственного моделирования выделены зоны низкой минерализации питьевой воды. Несмотря на низкую общую жёсткость, соотношение ионов кальция и магния рассматривается как оптимальное на большей части территории Приморского края.

Ограничения исследования. Исследование проведено на территории Приморского края и охватывает перечень показателей согласно плану мониторинговых мероприятий.

Заключение. Разработанная система анализа питьевой воды может быть использована при составлении программы мониторинговых исследований и планировании модернизации систем водоснабжения и водоподготовки, в научно-исследовательских работах, при организации мероприятий, направленных на улучшение качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения, подаваемой населению.

Ключевые слова: питьевая вода; социально-гигиенический мониторинг; оценка риска; распределительная сеть; водопроводная вода; здоровье населения

Соблюдение этических стандартов. Исследование не требует заключения комитета по биомедицинской этике или иных документов.

Для цитирования: Шмелева В.Д., Кислицына Л.В., Романова О.Б., Суховеева А.Б., Аленицкая М.В. Оценка качества питьевой воды распределительной сети (на примере Приморского края). Гигиена и санитария. 2025; 104(2): 168–173. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-168-173> <https://elibrary.ru/bovghl>

Для корреспонденции: Шмелева Валерия Дмитриевна, e-mail: ha-lera@mail.ru

Участие авторов: Шмелева В.Д. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Кислицына Л.В. — сбор и обработка материала, написание текста, редактирование; Романова О.Б. — подготовка проекта рукописи, редактирование; Суховеева А.Б. — сбор и обработка социологического материала, написание текста; Аленицкая М.В. — анализ, интерпретация результатов, редактирование. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Благодарность. Авторский коллектив выражает благодарность коллегам ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае» за работу по отбору проб воды в мониторинговых точках, кодированию и проведению лабораторных испытаний качества питьевой воды для итогового формирования базы данных федерального и регионального информационных фондов, а также специалистам Управления Роспотребнадзора по Приморскому краю за организацию системы мониторинговых наблюдений.

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

Финансирование. Исследование не имело финансовой поддержки.

Поступила: 08.05.2024 / Поступила после доработки: 17.06.2024 / Принята к печати: 02.10.2024 / Опубликовано: 07.03.2025

Valeriya D. Shmeleva^{1,2,3}, Lidiya V. Kisliitsyna¹, Olga B. Romanova¹, Anna B. Sukhoveeva², Marina V. Alenitckaia³

Assessment of the quality of drinking water in the distribution system (on the example of Primorsky Krai)

¹Center of hygiene and epidemiology in Primorsky region, Vladivostok, 690091, Russian Federation;²The Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Federation Academy of Sciences, Vladivostok, 690041, Russian Federation;³Far Eastern Federal University, School of Medicine and Life Sciences, Vladivostok, 690922, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In view of the accumulated information on the quality of drinking water in the distribution system, its comprehensive assessment seems relevant.

Materials and methods. A sociological survey of the population of the Primorsky Territory was conducted during 2022 to identify the population's satisfaction with the quality of drinking water in the region. The results of laboratory studies for 2016–2022, carried out by the Center for Hygiene and Epidemiology in the Primorsky Territory as part of the social and hygienic monitoring, are summarized. The descriptive part of the statistical analysis was performed with Microsoft Office Excel, the analytical part — IBM SPSS Statistics. Spatial visualization and data interpolation were performed with ArcGIS 10.8.2.

Results. An analysis of self-assessments of satisfaction at the population of the Primorsky Territory with the quality of drinking water from the distribution network showed that more than half of the population are not satisfied with its quality. Analysis of the water quality in centralized water supply systems from the perspective of hygienic standardization made it possible to determine the pattern of distribution of priority chemical, organoleptic, and microbiological pollutants into 6 clusters. An assessment of the risk to public health caused by the quality of drinking water from centralized water supply systems identified one settlement with an exceeded level of non-carcinogenic risk for trichlorethylene. Using spatial modelling, zones of low mineralization of drinking water were identified. Despite of the low content of total hardness, the ratio of calcium and magnesium ions is considered optimal over a large territory of the Primorsky Territory.

Limitations. The study covers the territory of Primorsky Krai and includes a list of indicators limited by the plan of monitoring activities.

Conclusion. The developed system of drinking water analysis can be useful in drawing up a monitoring research program and planning the modernization of water supply and water treatment systems, as well as in research work by interested persons in improving the quality of drinking water for population from centralized water supply systems.

Keywords: drinking water; social and hygienic monitoring; risk assessment; distribution network; tap water; public health

Compliance with ethical standards. The study does not require submission to a biomedical ethics committee.

For citation: Shmeleva V.D., Kisilitsyna L.V., Romanova O.B., Sukhoveeva A.B., Alenitckaia M.V. Assessment of the quality of drinking water in the distribution system (on the example of Primorsky Krai). *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2025; 104(2): 168–173. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2025-104-2-168-173> <https://elibrary.ru/bovgl1> (In Russ.)

For correspondence: Valeria D. Shmeleva, e-mail: ha-lera@mail.ru

Contributions: Shmeleva V.D. — concept and design of the study, collection of material and data processing, statistical processing, text writing; Kisilitsyna L.V. — collecting material and processing data, writing and editing text; Romanova O.B. — preparation of the manuscript draft, text editing; Sukhoveeva A.B. — collection and processing of sociological material, writing text; Alenitckaia M.V. — analysis, interpretation of results, text editing. All authors are responsible for the integrity of all parts of the manuscript and approval of the manuscript final version.

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

Acknowledgement. The study had no sponsorship. The team of authors expresses sincere gratitude to the colleagues of the Center of Hygiene and Epidemiology in the Primorsky Territory for their work on collecting water samples at monitoring points, coding and conducting laboratory tests of the quality of drinking water for the final formation of a database of federal and regional information funds, as well as to the specialists of the Office of the Federal Service for Surveillance in the Field of Consumer Rights Protection and Human Well-Being for the competent management of the monitoring observation system in the Primorsky Territory.

Received: May 8, 2024 / Revised: June 17, 2024 / Accepted: October 2, 2024 / Published: March 7, 2025

Введение

Реализация федерального проекта «Чистая вода»¹ позволяет ежегодно увеличивать число населённых пунктов, снабжаемых качественной питьевой водой. Возрастает в процентном соотношении доля населения, обеспеченного централизованным водоснабжением, по сравнению с нецентрализованным [1]. Употребляя питьевую воду, поступающую по трубам систем централизованного водоснабжения, человек всё же контактирует с химическими соединениями и микроорганизмами, присутствующими в ней в незначительных количествах. Их влияние можно оценить при мониторинговом контроле качества питьевой воды. На основании полученных результатов, используя методологию оценки риска, представляется возможным подтвердить эффект воздействия питьевой воды централизованного водоснабжения на здоровье населения [2].

Обеспечение населения качественной питьевой водой и непрерывный контроль безопасности систем питьевого водоснабжения входят в круг задач органов и учреждений, осуществляющих санитарно-эпидемиологический надзор, и водоснабжающих организаций [3]. Прежде удовлетворённость потребителя водопроводной воды зависела только от его субъективной оценки органолептических параметров [4], но в последние годы для населения стало возможным объективно оценить качество воды из крана в реальном времени благодаря функционированию Интерактивной карты контроля качества питьевой воды в Российской Федерации [5]. Отдельные лабораторные испытания не дают полноценного представления о качестве воды из распределительной сети. Необходим комплексный анализ с учётом гигиенического нормирования, оценки риска для здоровья населения от избыточного или недостаточного содержания веществ и их взаимного влияния, что и будет рассмотрено в данной статье.

Цель исследования — всестороннее изучение качества питьевой воды распределительной сети на территории Приморского края.

Материалы и методы

В период с апреля по октябрь 2022 г. проведено социологическое исследование с использованием авторского опросника для определения удовлетворённости населения Приморского края качеством питьевой воды. Выборка составила 703 человека. Репрезентативность исследования обеспечивалась интервьюированием путём случайной выборки при поквартирном опросе с использованием маршрутного метода. В исследовании генеральной совокупностью выступали мужчины и женщины старше 18 лет, проживающие в городской и сельской местности Приморского края. Точками сбора статистической информации выступали города, посёлки городского типа, сёла, имеющие централизованную систему водоснабжения. Анализ анкет проводили с помощью программы SPSS Statistics.

Объективная оценка качества воды проведена по результатам социально-гигиенического мониторинга, полученным испытательным лабораторным центром ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Приморском крае» и его филиалами за 2016–2022 гг. Исследование охватывает качество воды централизованных систем водоснабжения (ЦВС), взятой из распределительной сети на 349 объектах (рецепторные точки): 166 532 лабораторных испытания в 183 населённых пунктах. Гигиенические параметры качества воды — это санитарно-химические (38) и микробиологические (7) показатели. Кластеризация 349 рецепторных точек проведена методом К-средних в SPSS Statistics по доле превышений гигиенических нормативов. При оценке неканцерогенного риска для здоровья населения учитывали из числа санитарно-химических показателей 22 химических вещества и провели расчёты их комбинированного воздействия. Оценку риска проводили согласно Руководству Р 2.1.10.3968–23². За базовый уровень воздействия химических веществ взяты медианные значения для нивелирования значительной асимметрии кривой распределения концентраций веществ. В оценку риска не брали медианные значения концентра-

¹ Паспорт федерального проекта «Чистая вода» [Электронный ресурс]. Минстрой России. URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/140228/> (дата обращения: 13.01.2024 г.).

² Р 2.1.10.3968–23 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих среду обитания». Разработано Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека и утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации А.Ю. Поповой 06.09.2023 г.

Таблица 1 / Table 1

Гигиенические показатели качества питьевой воды центрального водоснабжения, не участвующие в оценке риска
Hygienic indicators of the quality of drinking water from centralized water supply, not involved in risk assessment

Гигиенический показатель Hygienic indicator		Превышение ПДК (да / нет) Exceeding MAC (yes / no)
Микробиологические Microbiological	Колифаги, общее микробное число (ОМЧ), энтерококки, <i>E. coli</i> , термотолерантные колиформные бактерии (ТКБ), обобщённые колиформные бактерии (ОКБ), общие колиформные бактерии (ОКБ устар.) Coliphages, Total Microbial Count (TMC), Enterococci, <i>E. coli</i> , Thermotolerant coliform bacteria (TCB), Generalized coliform bacteria (TCB), Total coliform bacteria (TCB obsolete)	Да / Yes
Обобщённые Generalized	ПАВ, нефтепродукты / Surfactants, Petroleum products	Нет / No
	Общая минерализация, pH, общая жёсткость, окисляемость перманганатная Total mineralization, pH, Total hardness, Permanganate oxidability	Да / Yes
Органолептические Organoleptic	Запах, цветность, привкус, мутность Odor, Color, Taste, Turbidity	Да / Yes
Неорганические химические соединения Inorganic chemical compounds	Свинец / Lead	Да / Yes
	Аммиак, магний, полифосфаты, сульфаты, хлориды Ammonia, Magnesium, Polyphosphates, Sulfates, Chlorides	Нет / No

ций, соответствующие пределу чувствительности методик количественного химического анализа.

Характеристику риска по неканцерогенным эффектам осуществляли путём сопоставления уровней экспозиции с референтными для здоровья человека дозами. При визуализации комбинированного воздействия химических веществ использовали инструмент по работе с графами (Graphonline.ru). Факторы экспозиции определяли по стандартным величинам водопотребления и параметрам взрослого организма.

Визуализация групп рецепторных точек выполнена благодаря их геокодированию и воспроизведению в геоинформационной системе ArcGIS 10.8.2. С помощью геостатистической модели эмпирического байесовского кригинга спрогнозированы зоны низкой минерализации питьевой воды ЦВС.

Результаты

Результаты анкетирования показали, что 58% респондентов не удовлетворены качеством питьевой воды, из них 67% женщин и 33% мужчин. В многоквартирных домах с централизованной системой водоснабжения проживают 88% респондентов в городах, 12% — в сельской местности.

Указывали на постоянную мутность водопроводной воды независимо от типа местности 28% опрошенных (56% женщин и 44% мужчин). Вероятной причиной мутности воды называли избыточную концентрацию Fe вследствие использования старых водопроводных труб 77% сельских жителей и 23% городских. В ходе опроса населения была отмечена выраженная эмоциональность оценок, обусловленная низким качеством питьевой воды в результате неудовлетворительного состояния водопроводных труб, недовольство несвоевременной заменой труб и отсутствием надлежащего контроля системы подачи воды исполнительными органами.

За рассматриваемый период было проанализировано 45 гигиенических показателей качества воды, из них по 27 показателям были отмечены превышения гигиенических нормативов хотя бы однажды на одной из рецепторных точек (табл. 1, 2).

Превышение ПДК выявлено по содержанию свинца, который не рассматривается при оценке риска. Концентрация Pb на уровне 1,1 ПДК отмечена в одной из 12 проб в Хасанском районе (с. Гвоздево), однако медианное значение на уровне предела чувствительности методики анализа говорит об отсутствии опасности хронического воздействия.

Методом кластеризации К-средних для доли превышений гигиенических нормативов были определены восемь показателей, центральные значения которых максимально и

достоверно ($p < 0,05$) различались по шести кластерам. Половина данных показателей относится к микробиологическим (обобщённые колиформные бактерии и *E. coli*, а также устаревшие индикаторы микробиологического загрязнения, которые учитывались до марта 2021 г., — общие колиформные бактерии и термотолерантные колиформные бактерии). К санитарно-химическим показателям относятся железо, марганец, кремний и ассоциируемая с ними мутность. Группировка рецепторных точек и наименования кластеров, отражающих актуальные тенденции в приоритетных загрязнителях питьевой воды распределительной сети, представлены на рис. 1 (см. на вклейке).

Первый кластер включает 3,4% точек, в которых превышение нормативов по микробиологическим показателям, а также избыточная концентрация железа и сопутствующая мутность воды являются основными причинами, ухудшающими органолептическое качество воды. Вторая группа объединяет 1,2% точек, в которых избыточные количества железа, кремния и марганца присутствуют наряду с повышенной мутностью. В третий кластер вошли 18,6% точек с частым превышением гигиенических нормативов только по кремнию, и расположены они преимущественно в юго-западной части центра региона и Приханкайской низменности. Четвёртый кластер включает 20% точек с избыточным содержанием железа и связанного с ним превышения допустимых значений мутности. В данном кластере выделяется большое количество точек во Владивостоке (19 из 31). Пятая группа — 6,9% точек с выявленным микробиологическим загрязнением. И оставшиеся 49,9% точек объединены в кластер, конечные центры которого показывают минимальную долю превышений по анализируемым показателям.

Для оценки риска по химическим веществам критические органы воздействия и референтные дозы (см. табл. 2) определены по доступной для свободного пользования электронной базе данных о воздействии на здоровье химических веществ окружающей среды «Информационная система по оценке рисков» (The Risk Assessment Information System, далее — RAIS). Обоснование приведено в ранней работе авторов [6].

Для расчёта суммарного индекса опасности (ТНІ), характеризующего развитие неблагоприятных эффектов на критические органы и системы, взяты наиболее поражаемые, представленные на рис. 2.

Согласно представленному на рис. 2 графу, наибольшее количество связей отмечается при воздействии на нервную систему комбинации химических веществ (5 связей), на втором месте — кровь (4 связи). Тем не менее суммарные индексы опасности по органам и системам превышают пороговые

Таблица 2 / Table 2

Гигиенические показатели качества питьевой воды центрального водоснабжения, участвующие в оценке риска

Hygienic indicators of the quality of drinking water from centralized water supply, involved in the risk assessment

Гигиенический показатель Hygienic indicator	Превышение ПДК (да / нет) Exceeding MAC (yes / no)	Для оценки коэффициента риска (HQ) For the estimation of the risk quotient (HQ)		
		Формула / Formula	RfD*, мг/кг RfD*, mg/kg	ПЧ***, мг/л SL***, mg/L
Химические элементы и неорганические соединения / Chemical elements and inorganic compounds				
Алюминий / Aluminum	Да / Yes	Al	1	0.04
Мышьяк / Arsenic	Да / Yes	As	0.0003	0.0005
Бор / Bor	Да / Yes	B	0.2	0.05
Кадмий / Cadmium	Нет / No	Cd	0.0001	0.0001
Кобальт / Cobalt	Нет / No	Co	0.02	0.001
Медь / Copper	Да / Yes	Cu	0.03**	0.001
Фториды / Fluorides	Нет / No	F	0.06	0.04
Железо / Iron	Да / Yes	Fe	0.7	0.05
Ртуть / Mercury	Нет / No	Hg	0.0003	0.0001
Литий / Lithium	Нет / No	Li	0.002	0.001
Марганец / Manganese	Да / Yes	Mn	0.14	0.001
Никель / Nickel	Нет / No	Ni	0.02	0.001
Нитриты / Nitrites	Нет / No	NO ₂ ⁻	0.1	0.003
Нитраты / Nitrates	Да / Yes	NO ₃ ⁻	1.6	0.1
Кремний / Silicon	Да / Yes	Si	0.27**	0.5
Стронций / Strontium	Нет / No	Sr	0.6	0.01
Цинк / Zinc	Нет / No	Zn	0.3	0.001
Хлорорганические химические соединения / Organochlorine chemical compounds				
Тетрахлорэтилен / Tetrachlorethylene	Нет / No	C ₂ Cl ₄	0.006	0.0006
Бромдихлорметан / Bromodichloromethane	Нет / No	CHBrCl ₂	0.02	0.0006
Хлороформ / Chloroform	Да / Yes	CHCl ₃	0.01	0.0003
Тетрахлорметан / Carbon tetrachloride	Да / Yes	CCl ₄	0.004	0.0006
Трихлорэтилен / Trichlorethylene	Да / Yes	C ₂ HCl ₃	0.0005	0.0015

Примечание. * – источник (Risk Assessment Information System); ** – рассчитаны из ПДК по стандартным значениям факторов экспозиции; *** – ПЧ, предел чувствительности для используемого метода определения вещества.

Note: * – source (the Risk Assessment Information System); ** – calculated from maximum permissible concentrations by standard values of exposure factors; ***SL – sensitivity limit for the method used to determine the substance.

значения только в точках воздействия одного из веществ, описанных ниже.

Оценка риска подтвердила безопасность питьевой воды централизованных систем водоснабжения по 22 химическим веществам в 182 из 183 населённых пунктов Приморского края. Выявлена локальная аномалия на территории одного муниципального образования Приморского края, проявляющаяся постоянным наличием трихлорэтилена в воде распределительной сети. Здесь медианные значения концентрации трихлорэтилена, взятые из внутреннего водоразборного устройства (ДИ), равны 0,05 мг/л (95%-й доверительный интервал (ДИ) 0,018–0,032), что равноценно коэффициенту опасности (HQ) при пероральном поступлении 2,74; при накожном поступлении – 0,04. Следовательно, комплексное поступление трихлорэтилена различными путями превышает пороговое значение в 2,78 раза. Негативное воздействие трихлорэтилена заключается в иммуно-, репро- и эмбриотоксичности. В рамках федерального проекта «Чистая вода» на 2021–2024 гг. в данном населённом пункте ведутся работы по реконструкции системы водоснабжения.

Проведённая оценка физиологической полноценности питьевой воды распределительной сети подтверждает, что Приморский край относится к природной дефицитной биогеохимической провинции. Медианные значения для всех

точек по общей жёсткости ниже ПДК (от 0,17 до 6,43 мг/л), а превышают ПДК только 0,4% проб из общего количества. Общей жёсткостью ниже оптимального уровня 1,5–7 мг/л³ характеризуются 59,9% точек. Магний оценён ниже оптимальных значений в 49% точек. Так как общая жёсткость представляет собой совокупность концентраций ионов кальция и магния, соотношение данных ионов было получено расчётным путём, и оно является оптимальным (более 1 : 0,5) в 60% мониторинговых точек.

С одной стороны, определённая низкая общая жёсткость, присущая большинству территорий Приморского края, благоприятно влияет на хозяйственное водопользование. С другой стороны, в воде ЦВС отмечается недостаточная общая минерализация, ниже оптимальных значений 200–500 мг/л, оценённых по медианным значениям, что неблагоприятно воздействует на здоровье человека при отсутствии других источников поступления солей (рис. 3, см. на вклейке).

³ МР 2.1.4.2370–08. Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Оценка санитарно-эпидемиологической надёжности систем централизованного питьевого водоснабжения. Утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Главным государственным санитарным врачом РФ 16 июня 2008 г.

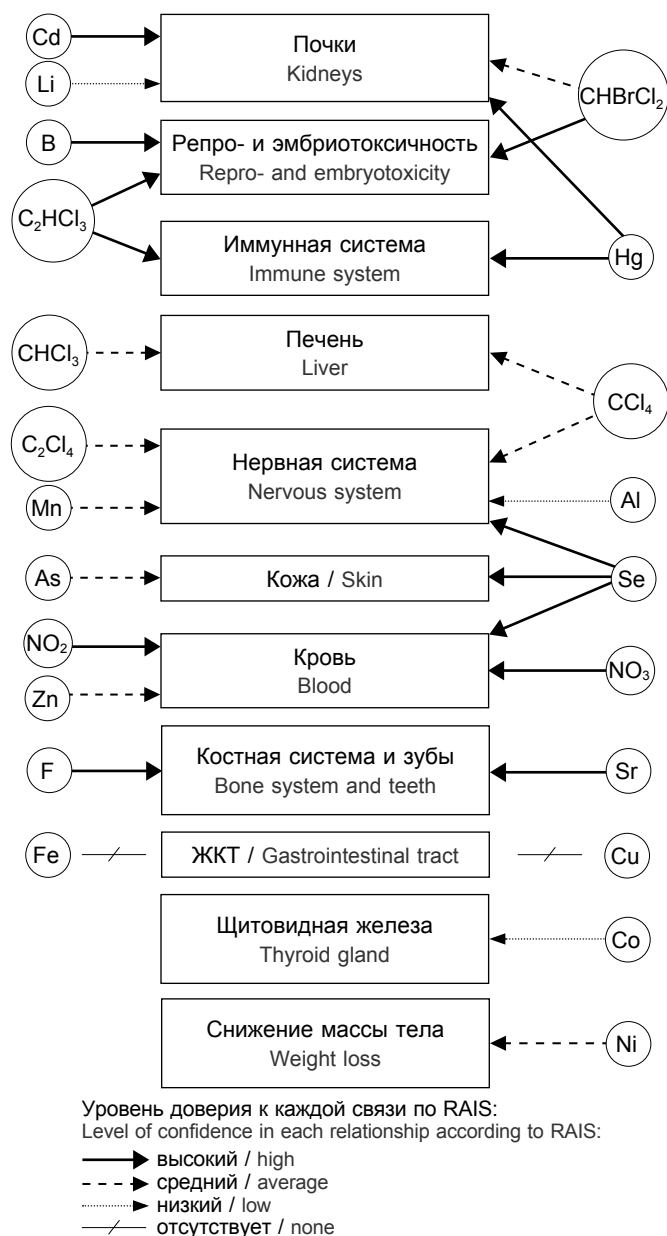


Рис. 2. Модель комбинированного воздействия химических веществ на критические органы человека, лежащего в основе референтной дозы. Размер элементов – вес относительно количества взаимосвязей.

Fig. 2. Model of the combined impacts of chemicals on critical organs in humans, underlying the reference dose. Size of elements – weight relative to the number of relationships.

По результатам эмпирического байесовского кригинга, изображённого на рис. 3 (см. на вклейке), определены небольшие зоны распространения оптимальных значений минерализации в Хорольском, Октябрьском, Пограничном и Яковлевском районах, однако большая часть территории Приморского края находится в области ниже оптимальных значений, что указывает на дефицит содержания растворённых солей в воде.

Обсуждение

Как отмечено выше, методом кластеризации выявлено около половины мониторинговых точек контроля с проблемами качества питьевой воды. Точки разделены по группам, что согласуется с результатами анкетирования, которые показывают неудовлетворённость примерно половины населения территории Приморского края качеством воды.

Методы пространственного анализа в отношении загрязнителей питьевой воды применяются намного реже, чем при исследовании остальных факторов среды обитания, однако в отношении качества питьевой воды построение пространственных моделей распределения загрязнителей также имеет практическую значимость для надзорной деятельности [7, 8].

Учёные изучают роль в патогенезе мочекаменной болезни различных концентраций кальция и магния в питьевой воде [9, 10]. Отмечается необходимость оценки дисбаланса кальция и магния в питьевой воде конечного потребителя для определения риска образования камней в почках [11, 12]. Согласно нормативному документу⁴, регламентирующему программу мониторинга, не предусмотрен систематический отбор проб на кальций. В связи с этим затруднена оценка комплексного влияния минерального состава воды на здоровье населения по результатам мониторинга.

Ограничения исследования. Данное исследование территориально ограничено Приморским краем, тем не менее оно согласуется и дополняет данные, полученные в других субъектах Российской Федерации [13, 14]. Для фокусирования внимания на более значимых проблемах качества питьевой воды оценка риска проведена с учётом понимания статистических особенностей использованных данных, а именно характера распределения концентраций веществ и влияния предела чувствительности методик, важность которых подчёркивается и в других исследованиях [15]. Не представилось возможным выполнить сравнение результатов испытаний за исследуемый период с предельно допустимым значением с учётом ошибки метода, что также является ограничением исследования.

Заключение

1. Анализ удовлетворённости населения Приморского края качеством питьевой воды из распределительной сети показал, что примерно половина населения независимо от места проживания недовольна её качеством. Ведущей причиной неудовлетворённости качеством питьевой воды жители называют наличие мутности.

2. Исследование качества воды систем централизованного водоснабжения с позиции гигиенического нормирования позволило сгруппировать мониторинговые точки по кластерам, из которых самый многочисленный объединил около половины всех мониторинговых точек без приоритетных загрязнителей.

3. Подтверждена безопасность питьевой воды централизованных систем водоснабжения по 22 химическим веществам в 99,5% населённых пунктов Приморского края, за исключением превышения неканцерогенного риска по трихлорэтилену.

4. С помощью пространственного моделирования выделены зоны низкой минерализации питьевой воды. Несмотря на низкую общую жёсткость, соотношение ионов кальция и магния рассматривается как оптимальное (более 1 : 0,5) на большей части территории Приморского края.

5. Использование медианных значений химических веществ, исключение концентраций на уровне предела чувствительности методик, а также определение ведущих критических органов воздействия позволило установить наиболее частые жалобы населения на качество питьевой воды распределительной сети в связи с пониженной минерализацией воды, избыточным содержанием в ней железа, кремния, марганца и присутствием хлорорганических соединений.

6. Разработанная система анализа питьевой воды может быть использована при составлении программы мониторинговых исследований и планировании модернизации систем водоснабжения и водоподготовки, в научно-исследовательских работах, при разработке мероприятий, направленных на улучшение качества питьевой воды централизованных систем водоснабжения.

⁴ МР 2.1.4.0176–20. Питьевая вода и водоснабжение населённых мест. Организация мониторинга обеспечения населения качественной питьевой водой из систем централизованного водоснабжения.

Литература (п.п. 3, 4, 7–9 см. References)

1. Клейн С.В., Вековшинина С.А. Приоритетные факторы риска питьевой воды систем централизованного питьевого водоснабжения, формирующие негативные тенденции в состоянии здоровья населения. *Анализ риска здоровью*. 2020; (3): 49–60. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06> <https://elibrary.ru/tkvfdn>
2. Новикова Ю.А., Федоров В.Н., Тихонова Н.А., Алентьева О.С., Мясников И.О. Качество питьевой воды: временные отступления от гигиенических нормативов. *Здоровье населения и среда обитания – ЗН СО*. 2021; 29(9): 33–9. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39> <https://elibrary.ru/jzdaqoh>
5. Драй И.В., Шайдунин Ф.Н., Воецкий И.А., Зимарева С.А., Косьянов М.А., Степанова, Н.В. Создание и внедрение информационной системы «Интерактивная карта контроля качества питьевой воды в Российской Федерации». В кн.: *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*. Пермь; 2020: 284–94. <https://elibrary.ru/faipppk>
6. Богданова В.Д., Аленицкая М.В., Сахарова О.Б. Анализ референтных доз химических соединений, поступающих перорально с питьевой водой. *Анализ риска здоровью*. 2023; (3): 49–62. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.05> <https://elibrary.ru/mthtka>
10. Кикун П.Ф., Горбуркова Т.В., Ананьев В.Ю. Распространение экологически-зависимых заболеваний мочеполовой системы в биоклиматических зонах Приморского края. *Гигиена и санитария*. 2013; 92(5): 87–91. <https://elibrary.ru/rkrxon>
11. Трофимович Е.М., Недовесова С.А., Айзман Р.И. Экспериментальная гигиеническая оценка содержания кальция, магния в питьевой воде и уровня её жёсткости. *Гигиена и санитария*. 2019; 98(8): 811–9. <https://elibrary.ru/fsqwys>
12. Ковальчук В.К., Истомин С.Д., Матвеева В.Н., Шалом Д.Э., Янбарисова Е.Р. Гигиеническая оценка многолетней динамики показателей суточного потребления доочищенной питьевой воды подростковым населением во Владивостоке. *Экология человека*. 2022; 29(7): 493–500. <https://doi.org/10.17816/humeco106956> <https://elibrary.ru/bvbfxc>
13. Саласар Флорес К.А., Курбатова А.И., Михайличенко К.Ю., Милутка А.С. Оценка риска для здоровья населения при употреблении питьевой воды города Латакунги и кантона Педро Висенте Мальдонадо (Республика Эквадор). *Гигиена и санитария*. 2022; 101(3): 344–56. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-344-356> <https://elibrary.ru/rmntiz>
14. Механтьев И.И. Риск здоровью населения Воронежской области, обусловленный качеством питьевой воды. *Здоровье населения и среда обитания – ЗН СО*. 2020; (4): 37–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42> <https://elibrary.ru/ttxyob>
15. Васильев В.В., Рябинина Т.В., Перекусихин М.В., Васильев Е.В. Обеспечение населения региона качественной питьевой водой в рамках реализации проекта «Чистая вода» в Пензенской области. *Здоровье населения и среда обитания – ЗН СО*. 2021; (2): 35–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42> <https://elibrary.ru/gvymot>

References

1. Kleyn S.V., Vekovshina S.A. Priority risk factors related to drinking water from centralized water supply system that create negative trends in population health. *Health Risk Analysis*. 2020; (3): 48–59. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.06> <https://elibrary.ru/sqzgcl>
2. Novikova Yu.A., Fedorov V.N., Tikhonova N.A., Alenteva O.S., Myasnikov I.O. Drinking water quality: temporary deviations from hygienic standards. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2021; 29(9): 33–9. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-29-9-33-39> <https://elibrary.ru/jzdaqoh> (in Russian)
3. WHO. Guidelines for drinking water quality: fourth edition incorporating the first addendum; 2017.
4. Delpla I., Legay C., Proulx F., Rodriguez M.J. Perception of tap water quality: Assessment of the factors modifying the links between satisfaction and water consumption behavior. *Sci. Total. Environ.* 2020; 722: 137786. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137786>
5. Drai I.V., Shaidullin F.N., Voetsky I.A., Zimareva S.A., Kosyanov M.A., Stepanova N.V. Creation and implementation of the information system “Interactive map of quality control of drinking water in the Russian Federation”. In: *Health Risk Analysis 2020 in Conjunction with the International Meeting on Environment and Health Rise 2020 and the Round Table on Food Safety. Materials of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Analiz riska zdorov'yu-2020 sovmestno s mezhdunarodnoi vstrechey po okruzhayushchei srede i zdorov'yu Rise-2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya. Materialy X Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. Perm'; 2020: 284–94. <https://elibrary.ru/faipppk> (in Russian)
6. Bogdanova V.D., Alenitskaya M.V., Sakharova O.B. Analysis of reference doses of chemicals introduced with drinking water. *Analiz riska zdorov'yu*. 2023; (3): 49–62. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2023.3.05> <https://elibrary.ru/mthtka> (in Russian)
7. Hossain M., Patra P.K. Contamination zoning and health risk assessment of trace elements in groundwater through geostatistical modelling. *Ecotoxcol. Environ. Saf.* 2020; 189: 110038. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.110038>
8. Solgi E., Jalili M. Zoning and human health risk assessment of arsenic and nitrate contamination in groundwater of agricultural areas of the twenty-two village with geostatistics (case study: Chahardoli Plain of Qorveh, Kurdistan Province, Iran). *Agric. Water Manag.* 2021; 255(2): 107023. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107023>
9. Esmail A.O., Qadir B.A., Hamad H.Q. Effect of drinking water hardness on kidney stones formation in Ranya District. *Cihan University-Erbil Sci. J.* 2020; 4(1): 1–6.
10. Kiku P.F., Gorbukova T.V., Anan'ev V. The spread of ecology-dependent diseases of the genitourinary system in bioclimatic zones of the Primorsky Krai. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2013; 92(5): 87–91. <https://elibrary.ru/rkrxon> (in Russian)
11. Trofimovich E.M., Nedovesova S.A., Aizman R.I. Experimental hygienic estimation of calcium and magnesium concentrations in drinking water, and its hardness. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2019; 98(8): 811–9. <https://elibrary.ru/fsqwys> (in Russian)
12. Kovalchuk V.K., Istomin S.D., Matveeva V.N., Shalom D.E., Yanbarisova E.R. Hygienic evaluation of long-term dynamics of post treated drinking water daily consumption indicators by adolescent population in Vladivostok. *Ekologiya cheloveka*. 2022; 29(7): 493–500. <https://doi.org/10.17816/humeco106956> <https://elibrary.ru/bvbfxc> (in Russian)
13. Salazar Flores C.A., Kurbatova A.I., Mikhaylichenko K.Yu., Milutka A.C. Health risk assessment of drinking water: case study of city of Latacunga and the canton of Pedro Vicente Maldonado (Ecuador). *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2022; 101(3): 344–56. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-344-356> <https://elibrary.ru/rmntiz> (in Russian)
14. Mehantiev I.I. Health risks for the population of the Voronezh region related to drinking water quality. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2020; (4): 37–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-325-4-37-42> <https://elibrary.ru/ttxyob> (in Russian)
15. Vasilyev V.V., Ryabinina T.V., Perekusihin M.V., Vasilyev E.V. Provision of safe drinking water to the local population within the clean water project implemented in the Penza region. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya – ZNiSO*. 2021; (2): 35–42. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2021-335-2-35-42> <https://elibrary.ru/gvymot> (in Russian)

Сведения об авторах

Шмелева Валерия Дмитриевна, науч. сотр. лаб. социальной и медицинской географии ТИГ ДВО РАН, 690041, Владивосток, Россия. E-mail: ha-lera@mail.ru

Кислицына Лидия Владимировна, зав. отд. социально-гигиенического мониторинга ФБУЗ «ЦГиЭ в Приморском крае», 690091, Владивосток, Россия

Романова Ольга Борисовна, главный врач ФБУЗ «ЦГиЭ в Приморском крае», 690091, Владивосток, Россия

Суховеева Анна Борисовна, канд. геогр. наук, вед. науч. сотр. лаб. медицинской и социальной географии ТИГ ДВО РАН, 690068, Владивосток, Россия. E-mail: anna-sukhoveeva@yandex.ru

Аленицкая Марина Владимировна, доктор мед. наук, профессор Департамента общественного здоровья и профилактической медицины Школы медицины и наук о жизни ФГАОУ ВО ДВФУ, 690922, Владивосток, Россия. E-mail: trial766@mail.ru

Information about the authors

Valeria D. Shmeleva, Researcher, Laboratory of Social and Medical Geography, Pacific Institute of Geography, Vladivostok, 690041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5580-5442> e-mail: ha-lera@mail.ru

Lidiya V. Kisilitsyna, head of the Department of Social and Hygienic Monitoring of the Center of Hygiene and Epidemiology in the Primorsky Territory, Vladivostok, 690091, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-4172-609X>

Olga B. Romanova, chief physician of the Department of Social and Hygienic Monitoring of the FBUS “Center of Hygiene and Epidemiology in the Primorsky Territory, Vladivostok, 690091, Russian Federation, <https://orcid.org/0009-0006-3852-1014>

Anna B. Sukhoveeva, PhD (Geography), leading researcher at the Laboratory of Medical and Social Geography of the Pacific Institute of Geography, Vladivostok, 690041, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0003-4724-0995> e-mail: anna-sukhoveeva@yandex.ru

Marina V. Alenitskaya, DSc (Medicine), Professor, Department of Public Health and Preventive Medicine of the School of Medicine of the Far Eastern Federal University, Vladivostok, 690922, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-5191-4713> e-mail: trial766@mail.ru

К статье В.Д. Шмелевой и соавт.
To the article by Valeriya D. Shmeleva et al.

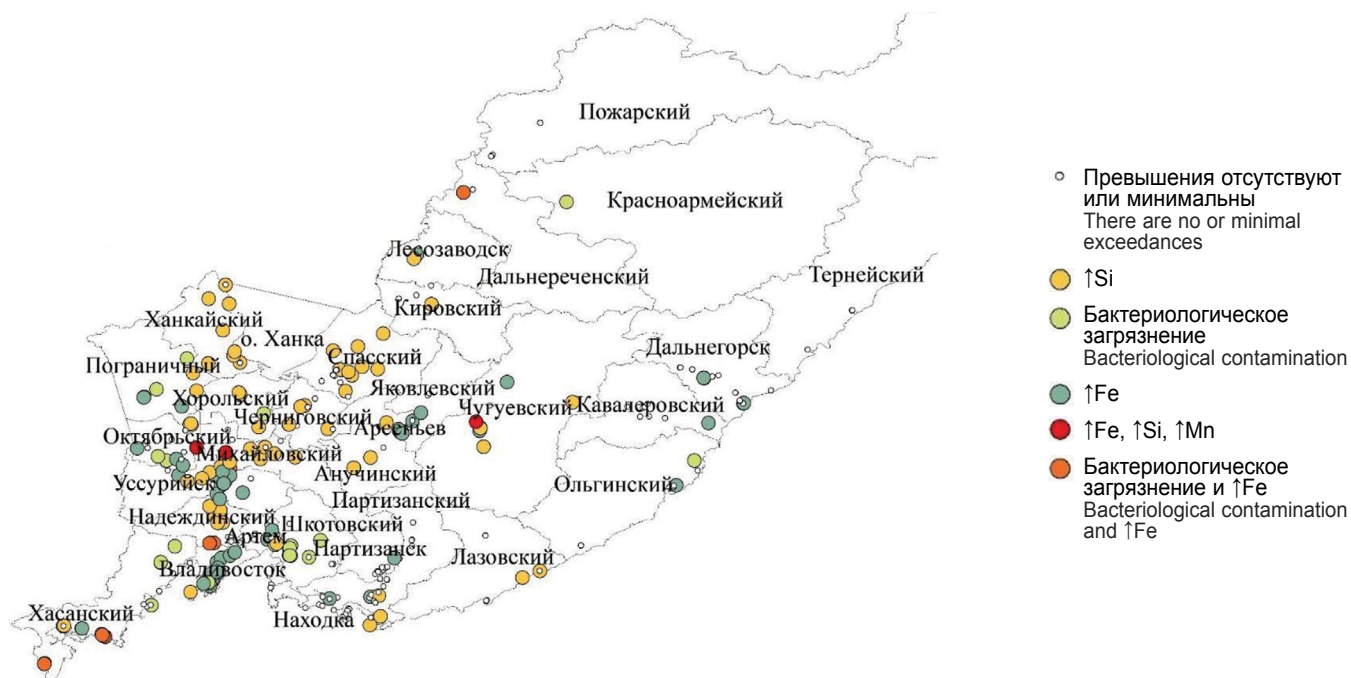


Рис. 1. Кластеризация точек воздействия по приоритетным загрязнителям питьевой воды ЦВС Приморского края.
Fig. 1. Clustering of exposure points by priority pollutants of drinking water in the centralized water supply of Primorsky Krai.

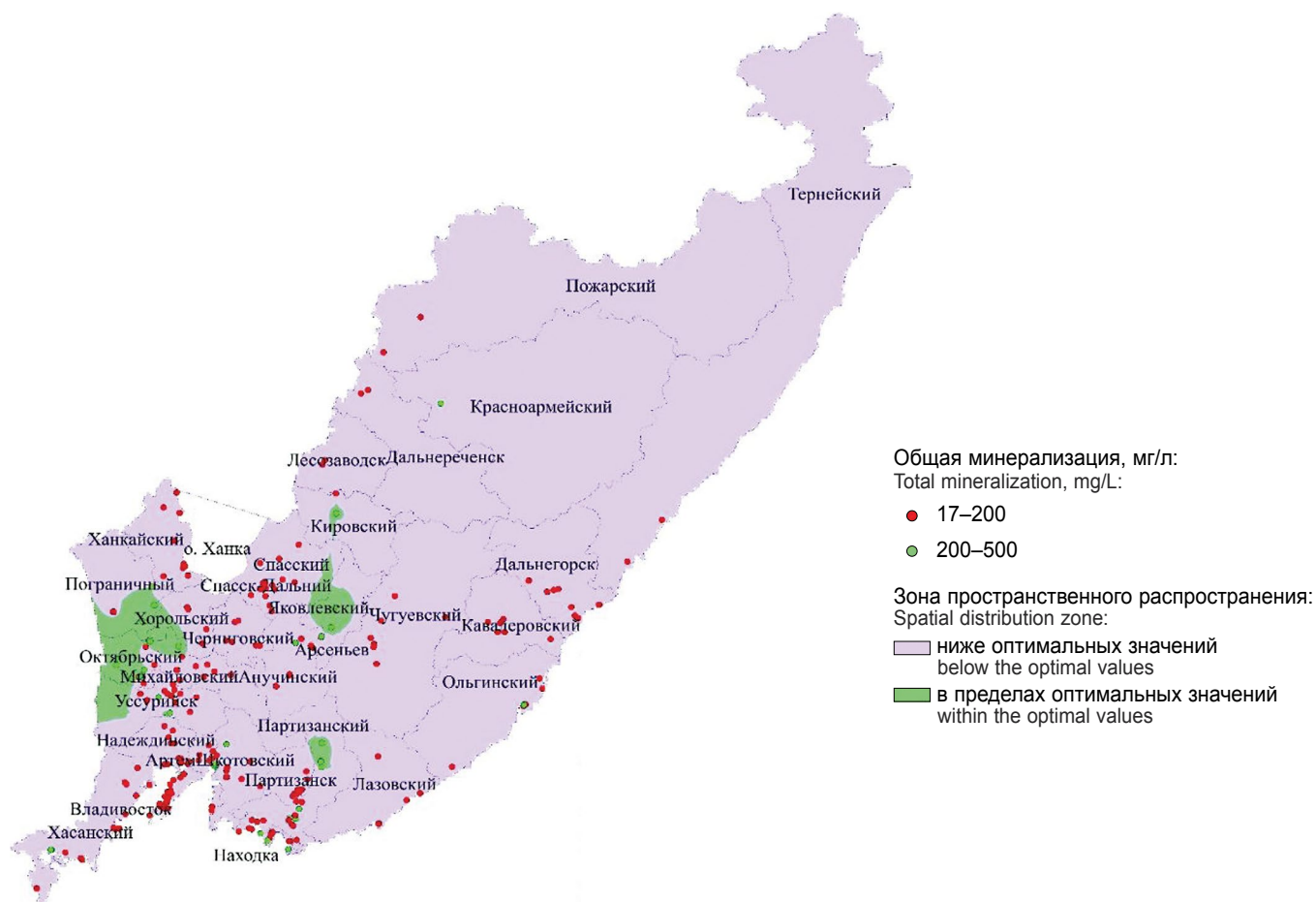


Рис. 3. Пространственное распространение значений общей минерализации в питьевой воде ЦВС на территории Приморского края.
Fig. 3. Spatial distribution of total mineralization values in drinking water in the centralized water supply on the territory of Primorsky Krai.