



Читать  
онлайн  
Read  
online

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)

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», 117198, Москва, Россия

**Введение.** Исследовано качество питьевой воды г. Латакунга (исп. *Latacunga*) и кантона<sup>1</sup> Педро Висенте Мальдонадо (исп. *Pedro Vicente Maldonado*) и проведена оценка риска для здоровья населения при употреблении исследуемой воды после водоподготовки.

**Материалы и методы.** Оценку качества питьевой воды проводили согласно гигиеническим нормативам Республики Эквадор и Российской Федерации. В исследовании применяли методические рекомендации по расчёту риска для показателей и химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, для питьевой воды, а также руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ. Исследование по оценке канцерогенного риска проводили с учётом доказанности канцерогенных свойств для таких веществ, как тригалометаны (ТГМ) и летучие органические вещества. Оценка безопасности для здоровья качества питьевой воды и эффективности мероприятий по водоподготовке проведена на основе интегральной оценки качества питьевой воды.

**Результаты.** При анализе питьевой воды г. Латакунги были выявлены превышения гигиенических нормативов Республики Эквадор и Российской Федерации по таким показателям, как фосфаты (до 1,3 ПДК), бромформ (до 1,6 ПДК) и дибромхлорметан (до 4 ПДК). Согласно критериям оценки величины риска рефлекторных реакций, при исследовании питьевой воды в г. Латакунге и в кантоне Педро Висенте Мальдонадо установлено, что риск немедленного действия определяется на приемлемом уровне. В соответствии с критериями оценки величины неканцерогенного риска возникающий при хроническом воздействии воды г. Латакунги риск, оцениваемый по эффектам неспецифического действия, может рассматриваться как вызывающий опасение, а при хроническом воздействии воды кантона Педро Висенте Мальдонадо — как приемлемый. Индивидуальный канцерогенный риск в обоих пунктах находится на уровне приемлемого. Оценка интегрального показателя опасности питьевой воды выявила отсутствие химической безвредности питьевой воды как в г. Латакунге, так и в кантоне Педро Висенте Мальдонадо и низкую эффективность мероприятий по водоподготовке.

**Ограничения исследования.** В данном исследовании не показано влияние сезонных изменений в ходе выполнения интегральной оценки питьевой воды по показателям химической безвредности.

**Заключение.** Полученные результаты подтверждают необходимость особого внимания к веществам, образующимся в процессе водоподготовки на этапе обеззараживания, поскольку высокие индексы опасности обусловлены содержанием ТГМ, особенно бромхлорметана и дибромхлорметана.

**Ключевые слова:** качество питьевой воды; предельно допустимые концентрации; оценка риска для здоровья населения

**Соблюдение этических стандартов.** Данное исследование не требует представления заключения этического комитета, добровольного информированного согласия, других документов, регулирующих соблюдение этических норм.

**Для цитирования:** 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): 344–356. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-344-356>

**Для корреспонденции:** Курбатова Анна Игоревна, канд. биол. наук, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции Института экологии ФГАОУ ВО РУДН, 117198, Москва, Россия. E-mail: kurbatova-ai@rudn.ru

**Участие авторов:** Саласар Флорес К.А. — концепция и дизайн исследования, сбор и обработка материала, статистическая обработка, написание текста; Курбатова А.И., Михайличенко К.Ю. — концепция и дизайн исследования, редактирование, написание текста; Милутка А.С. — редактирование, написание текста. Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

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

**Финансирование.** Публикация выполнена при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

Поступила: 05.11.2021 / Принята к печати: 25.11.2021 / Опубликована: 08.04.2022

<sup>1</sup> Эквадор в административно-территориальном отношении подразделяется на провинции, которые в свою очередь делятся на кантоны.

## Cristian A. Salazar Flores, Anna I. Kurbatova, Kseniya Yu. Mikhaylichenko, Anastasiya C. Milutka Health risk assessment of drinking water: Case study of city of Latacunga and the canton of Pedro Vicente Maldonado (Ecuador)

Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, 117198, Russian Federation

**Introduction.** The quality of drinking water in the city of Latacunga and the canton of Pedro Vicente Maldonado was investigated. The health risk assessment related to the use of the studied water after its treatment was carried out.

**Materials and methods.** Drinking water quality was assessed according to the Ecuadorian and Russian hygiene standards. Methodological recommendations in the study were used to calculate risks for indicators and chemicals characterized by the olfactory-reflex effect of exposure to drinking water, as well as guidelines to assess the risk to public health when exposed to chemicals of a non-carcinogenic and carcinogenic nature. Carcinogenic risk study was conducted by taking into consideration the potentially carcinogenic substances such as trihalomethanes and volatile organic compounds. The chemical safety of drinking water and the effectiveness of water treatment measures were carried out based on an comprehensive assessment of the quality of drinking water.

**Results.** When analyzing drinking water in the city of Latacunga, exceedance of the Ecuadorian and Russian hygienic standards was revealed in terms of such indicators as phosphates (up to 1.3 TLV), bromoform (up to 1.6 TLV) and dibromochloromethane (up to 4 TLV). According to the criteria for assessing the risk of reflex factors when using drinking water in the city of Latacunga and in the canton of Pedro Vicente Maldonado, the risk of immediate action is at the acceptable level of risk. In accordance with the criteria for assessing the magnitude of the non-carcinogenic risk of chronic exposure to water in the city of Latacunga, assessed by the effect of non-specific action, it can be considered as a matter of concern, and the water of the canton of Pedro Vicente Maldonado can be considered as

Original article

acceptable. The individual carcinogenic risk in both cities is at an unacceptable carcinogenic risk level. Assessment of the integral indicator of the hazard of drinking water revealed the lack of chemicals safety of drinking water treatment both in the city of Latacunga and in the canton of Pedro Vicente Maldonado and poor efficiency of water treatment.

**Limitations.** This study does not show the effect of seasonal changes in the course of the integral assessment of drinking water as per chemical safety parameters.

**Conclusion.** The results obtained underline the need for special attention to the substances formed during disinfection, since high hazard indices are due to the content of trihalomethanes, especially bromodichloromethane and dibromochloromethane.

**Keywords:** drinking water quality; regional allowable concentrations; public health risk assessment

**Compliance with ethical standards:** This study does not require ethics approval, voluntary informed consent, or other documents regulating compliance with ethical standards.

**For citation:** Salazar Flores C.A., Kurbatova A.I., Mikhaylichenko K.Y., 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): 344–356. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2022-101-3-344-356> (In Russian)

**For correspondence:** Anna I. Kurbatova, PhD, Associate professor, Institute of environmental engineering, Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, 117198, Russian Federation. E-mail: kurbatova-ai@rudn.ru

#### Information about the authors:

Salazar Flores C.A., <https://orcid.org/0000-0002-6927-7863>

Kurbatova A.I., <https://orcid.org/0000-0002-7763-5034>

Mikhaylichenko K.Y., <https://orcid.org/0000-0001-8051-8528>

**Contribution:** Salazar Flores C.A. – concept and design of the research, collection and processing of material, statistical processing, writing a text. Kurbatova A.I., Mikhaylichenko K.Y. – concept and design of the research, editing, writing a text. Milutka A.C. – editing, writing a text. 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.** This paper has been supported by the RUDN University Strategic Academic Leadership Program.

Received: November 05, 2021 / Accepted: November 25, 2021 / Published: April 08, 2022

## Введение

Обеспечение безопасной водой имеет большое значение для жизни общества, поскольку значительная доля проблем со здоровьем человека связана с недостаточной санитарией и некачественной питьевой водой [1]. Необходимость обеспечения населения качественной питьевой водой связана с возможностью неблагоприятного влияния на здоровье химических агентов, обладающих выраженными токсическими свойствами, и возможностью их накопления в объектах окружающей среды и биоаккумуляции [2, 3].

В воде могут присутствовать химические вещества, способные как оказать токсическое влияние на здоровье, так и ухудшить её органолептические свойства. Ухудшение органолептических показателей воды – наиболее частая причина отказа населения от использования воды конкретного источника [4]. Установлено, что многие основные элементы (Ca, Mg, Na, K и др.) и микроэлементы (Fe, Mn, Ni, Co и др.), присутствующие в питьевой воде, имеют большое значение для здоровья человека. Однако повышенные концентрации этих элементов и их поступление в организм в чрезмерных количествах могут вызвать серьёзные проблемы [5]. Анионы, такие как нитраты, нитриты, сульфаты и фторид, могут присутствовать в питьевой воде в различных концентрациях и представлять опасность для здоровья [6].

Микробиологическое загрязнение воды – главная проблема развивающихся стран [7]. Колиформные бактерии могут определяться в воде, используемой для бытовых, промышленных или других целей.

Согласно данным Экономической комиссии для Латинской Америки и Карибского бассейна (ЭКЛАК), в Латинской Америке загрязнение водных ресурсов является одной из самых серьёзных проблем, которая влияет на устойчивое развитие и при превышении предельно допустимых концентраций веществ в воде оказывает неблагоприятное воздействие на здоровье населения [8]. Проведёнными в Латинской Америке исследованиями подтверждена связь качества воды с возможностью развития ряда патологий, например, кишечных инфекций [9, 10], заболеваний полости рта [11, 12], возникновением неврологических проблем у детей [13, 14].

Основными источниками воды в Эквадоре являются реки горного происхождения, которые впадают в Тихий океан на западе и в реку Амазонку на востоке. Очистку воды в Эквадоре проводят по общепринятым схемам, которые включают, как правило, коагуляцию, флокуляцию, осажде-

ние, фильтрацию и обеззараживание хлором. Применение хлорирования при водоподготовке широко используется, поскольку является экономически оправданным и эффективным [8]. Однако недостатком использования хлора является то, что в процессе его применения могут образовываться побочные продукты хлорирования, такие как тригалогенметаны (ТГМ), галогенуксусные кислоты (ГУК) и другие небезопасные для здоровья соединения [15].

В Республике Эквадор были проведены исследования для оценки качества поверхностных источников питьевой воды с целью улучшения здоровья населения, особенно в небольших городах. Установлено, что качество воды в некоторых реках вызывает беспокойство из-за высокого содержания в ней загрязняющих веществ, связанных с горнодобывающей промышленностью, сельским хозяйством (растениеводством и животноводством) [16–19].

До сих пор в Эквадоре не проводились крупномасштабные эпидемиологические исследования, посвящённые оценке влияния качества питьевой воды на здоровье населения, однако некоторые работы содержат сведения об установленном риске для здоровья населения, связанном с качеством питьевой воды. Например, было установлено, что присутствие тяжёлых металлов в питьевой воде, обусловленное горнодобывающей деятельностью, в кантоне Пакиша приводило к снижению IQ школьников [20]. В районах, подверженных влиянию нефтедобывающей отрасли, риски для здоровья от воздействия питьевой воды в основном связывали с высокими уровнями содержания марганца, цинка и мышьяка [21]. В кантоне Сан-Фернандо кишечные заболевания у детей были связаны с присутствием микробиологических загрязнений в поверхностных водоисточниках [22]. В другом исследовании путём расчёта индексов Ланжелье, Ризнара и Покориуса было выявлено, что ухудшение качества питьевой воды в г. Азогесе может оказать влияние на здоровье населения [23]. В крупных городах Эквадора, таких как Гуаякиль и Кито, были обнаружены концентрации свинца в питьевой воде, превышающие значения ПДК [24]. До настоящего времени качество воды, поставляемой для потребления населению, в г. Латакунге и в кантоне Педро Висенте Мальдонадо не изучалось, официальные публикации отсутствуют.

Цель исследования – гигиеническая оценка качества воды, поступающей в систему водоснабжения двух городов Эквадора. Задачами являлись оценка воды по показателям химической безопасности и расчёт риска для здоровья населения при использовании питьевой воды.

## Материалы и методы

Объектами проведённого исследования являлись значенные физико-химических, микробиологических и органолептических параметров качества воды, поступающей в систему водоснабжения со станций водоподготовки г. Латакунги и кантона Педро Висенте Мальдонадо. Показатели оценивали относительно установленных для них ПДК, которые служат достоверным критерием химической и биологической безопасности питьевой воды. Отбор проб воды проводился ежемесячно в течение 2018 и 2019 гг. (общее число образцов с каждой станции – 24) в соответствии с рекомендациями эквадорского стандарта INEN 2176:98<sup>2</sup>. Все ёмкости для отбора проб промывали дистиллированной водой и неионогенным ПАВ, замачивали на ночь в 10%-м растворе азотной кислоты, а затем перед использованием ополаскивали деионизированной водой. Пробы были отобраны в пластиковые бутылки ёмкостью 1 л и помещены в охлаждаемый контейнер во время транспортировки в лабораторию. Анализ проб проводили в лабораторных условиях по методикам, установленным нормативом Эквадора INEN 2169:98<sup>3</sup>. При выборе показателей качества воды авторы статьи исходили из особенностей гидрологического режима водных объектов, климатических, почвенных условий водосбора, а также вида водопользования.

Практический опыт показывает [25], что такой субъективный фактор, как количество ингредиентов, по которым производится оценка качества воды, может оказать влияние на результат. Поэтому при планировании эксперимента были тщательно отобраны все возможные компоненты, влияющие на качество воды. Для обеспечения основного принципа экологического мониторинга, состоящего в комплексности и сопряжённости исследований, были определены органолептические и физико-химические параметры воды, как показано в табл. 1.

Для базового статистического анализа применяли программное обеспечение IBM SPSS Statistics версии 21.0.

Город Латакунга расположен в центре района Анд Республики Эквадор, на плато, которое пересекают реки Кутучи и Пумакунчи, в долине реки Патате. Высота над уровнем моря – 2750 м (см. рисунок). В городе преобладает холодный климат Анд, средняя годовая температура – плюс 12 °С [26].

Источником водоснабжения г. Латакунги является река Ретамалес, которая является частью суббассейна реки Лангоа и бассейна реки Пастаза. Водохранилище находится к востоку от г. Латакунги на высоте 3864 м над уровнем моря в парамо<sup>4</sup> Капулис-Пасо [26]. Станция водоподготовки была построена в 2010 г., средняя производительность составляет 300 л в секунду, но в настоящее время она обрабатывает только 170 л в секунду. Водоподготовка на станции включает в себя стандартные этапы: флокуляцию, осаждение, фильтрацию и обеззараживание (табл. 2) [27].

По данным Эквадорского института статистики и переписи, доля жилых домов, имеющих централизованное водоснабжение, составляет 84,9% в городском секторе и 35,77% в сельских районах, при этом общий охват водоснабжением составляет 60,3% в кантоне Латакунга [28]. Кантон Педро Висенте Мальдонадо имеет площадь 656,5 км<sup>2</sup>, занимает 4,92% территории провинции Пичинча и находится на высоте от 450 до 1150 м над уровнем моря (см. рисунок) [29]. Источник воды кантона относится к водосборному бассейну реки Эсмеральдас, суббассейну реки Гуаяллабамба и микробассейну реки Пачихал. Сырая вода, которая попадает на станцию водоподготовки, поступает из реки Талала. Водохранилище

расположено на дороге E28, в приходе Лос-Банкос. За счёт силы тяжести вода по трубопроводу проходит 17 км к станции водоподготовки, которая расположена на восточной стороне окраины города [30]. Станция водоподготовки была открыта в 2012 г и обрабатывает 30 л воды в секунду. Этапы водоподготовки стандартные – флокуляция, осаждение, фильтрация и обеззараживание (см. табл. 2) [31]. Охват территории кантона Педро Висенте Мальдонадо сетями централизованного водоснабжения составляет 58,6% [28].

С целью определения риска для здоровья населения при употреблении исследуемой воды была проведена интегральная оценка качества питьевой воды по показателям химической безопасности с учётом положений, изложенных в руководстве Р 2.1.10.1920-04<sup>5</sup> и методических рекомендациях МР 2.1.4.0032-11<sup>6</sup>. Интегральный показатель качества питьевой воды для оценки риска даёт представление об эффективности процесса очистки с точки зрения безопасности воды.

## Результаты

При проведении качественного и количественного анализа проб воды были определены значения физико-химических и микробиологических показателей, как показано в табл. 3 и 4 (г. Латакунга), 5 и 6 (кантон Педро Висенте Мальдонадо).

При анализе воды, поступающей в систему водоснабжения г. Латакунги, были выявлены превышения ПДК для фосфатов, дибромхлорметана, бромформа (см. табл. 3 и 4). Среднегодовые значения в пробах питьевой воды, полученных на очистной станции в г. Латакунге, не соответствуют нормативу качества питьевой воды Эквадора INEN 1108<sup>7</sup> по фосфатам, так как в 1,1 раза превышают ПДК (0,1 мг/л). Концентрация фосфатов в 2019 г. (0,13 мг/л) была в 1,3 раза выше гигиенического норматива. Концентрация дибромхлорметана в 2018 г. (0,12 мг/л) и в 2019 г. (0,11 мг/л) превышает ПДК (0,1 мг/л) в 1,2 и 1,1 раза соответственно, концентрация бромформа в 2018 г. (0,16 мг/л) и в 2019 г. (0,14 мг/л) превышает ПДК, установленную стандартом Эквадора (0,1 мг/л), в 1,6 и 1,4 раза соответственно. Концентрация дибромхлорметана в питьевой воде г. Латакунги по сравнению с российскими ПДК для питьевой воды в 2018 г. (0,12 мг/л) и в 2019 г. (0,11 мг/л) выше ПДК (0,03 мг/л) в 4 и 3,7 раза соответственно, а концентрация бромформа в 2018 г. (0,16 мг/л) и в 2019 г. (0,14 мг/л) превышает ПДК (0,1 мг/л) в 1,6 и в 1,4 раза соответственно.

Контроль качества воды на очистных сооружениях включает традиционные параметры, такие как турбулентность, цветность, окисляемость, но при этом не учитываются предшественники тригалогенметанов. В этом смысле целесообразно рассмотреть взаимосвязь традиционных показателей качества воды, особенно биохимическое потребление кислорода (БПК<sub>5</sub>) и химическое потребление кислорода (ХПК), которые имеют прямую связь с органическими веществами, с дозой хлора и количеством образующихся ТГМ. В табл. 7 представлены значения БПК<sub>5</sub> и ХПК воды, поступающей на станцию водоподготовки г. Латакунги и кантона Педро Висенте Мальдонадо, в 2018–2019 гг.

Значения БПК<sub>5</sub> воды в водохранилище кантона Педро Висенте Мальдонадо в 2018 г. (3,01 мг/л) и в 2019 г. (3,7 мг/л) ниже в 8,3 и 5,7 раза соответственно, чем БПК<sub>5</sub> воды в водохранилище г. Латакунги (25,2 мг/л – 2018 г., 21,3 мг/л – 2019 г.). При этом значения ХПК воды в водохранилище кантона Педро Висенте Мальдонадо в 2018 г. (5,08 мг/л) и в 2019 г. (14,41 мг/л) соответственно в 7,9 и 3,5 раза ниже,

<sup>2</sup> Эквадорский институт по стандартизации 2176:98 «Вода: качество воды, методы отбора и отбора проб» (язык оригинала – испанский).

<sup>3</sup> Эквадорский институт по стандартизации 2169:98 «Вода: обработка проб и отбор проб» (язык оригинала – испанский).

<sup>4</sup> Парамо (исп. páramo, páramos) – экосистема регионов, расположенных между верхней линией леса (высота около 3100 м) и линией постоянного снежного покрова (высота около 5000 м).

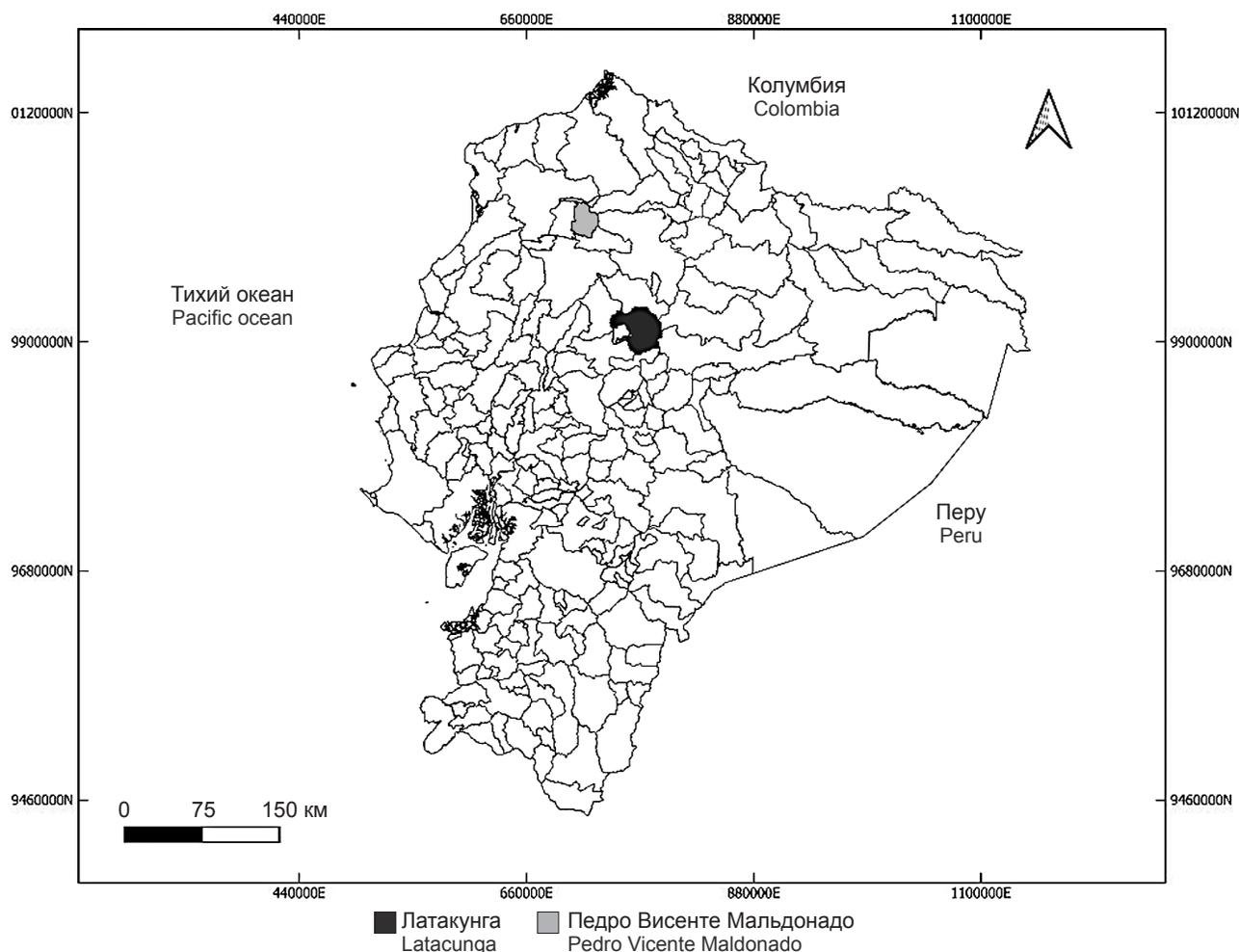
<sup>5</sup> Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду» (утв. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 5 марта 2004 г.).

<sup>6</sup> Методические рекомендации МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 31 июля 2011 г.).

Таблица 1 / Table 1

**Показатели качества питьевой воды и методы измерения****Drinking water quality indicators and measurement methods**

Показатель / Indicator	Метод / Method	Средства измерений / Laboratory equipment
Мутность / Turbidity	Турбидиметрия / Turbidimetry	Турбидиметр Hach 2100Q / Hach 2100Q turbidimeter
pH	Потенциометрия / Potentiometry	pH-метр Hach PH / Hach PH pH-meter
Электропроводность Electrical conductivity	Кондуктометрия / Conductometry	Кондуктометр Hach HQ14D Hach HQ14D conductivity meter
Кальций / Calcium	Комплексонометрия / Complexometry	
Магний / Magnesium	Комплексонометрия / Complexometry	
Общая минерализация Total dissolved solids	Гравиметрия / Gravimetry	
Общее количество взвешенных твёрдых частиц Total suspended solids	Гравиметрия / Gravimetry	
Цветность / Color	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Нитраты / Nitrates	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Нитриты / Nitrites	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Азот аммонийный / Ammonia nitrogen	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Фториды / Fluorides	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Фосфаты / Phosphates	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Сульфаты / Sulphates	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Фосфор / Phosphorus	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Спектрофотометр Hach DR 2800 / Hach DR 2800 Spectrophotometer
Марганец / Manganese	Атомно-абсорбционная спектрометрия Atomic absorption spectrometry	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800 Perkin Elmer 100 AA + HG 800 graphite furnace
Железо / Iron	Атомно-абсорбционная спектрометрия Atomic absorption spectrometry	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800 Perkin Elmer 100 AA + HG 800 graphite furnace
Никель / Nickel	Атомно-абсорбционная спектрометрия Atomic absorption spectrometry	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800 Perkin Elmer 100 AA + HG 800 graphite furnace
Кобальт Cobalt	Атомно-абсорбционная спектрометрия Atomic absorption spectrometry	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800 Perkin Elmer 100 AA + HG 800 graphite furnace
Остаточный хлор Free chlorine	Метод DPD (N,N-диэтил-п-фенилендиамин) N,N-diethyl-p-phenylenediamine	Спектрофотометр Hach DR 2800 Hach DR 2800 Spectrophotometer
Общие колиформные бактерии Total coliforms	Титрование / Titration	
Колиформы фекальные Fecal coliforms	Титрование / Titration	
Хлороформ Chloroform	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Бромдихлорметан Bromodichloromethane	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Дибромхлорметан Dibromochloromethane	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Бромоформ / Bromoform	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
1,2-Дихлорэтан 1,2-Dichloroethane	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
1,2-Дибром-3-хлорпропан 1,2-Dibromo-3-chloropropane	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Трихлорэтилен Trichlorethylene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Тетрахлорэтилен Tetrachlorethylene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Гексахлорбутadiен Hexachlorobutadiene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Бензол / Benzene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Толуол / Toluene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Ксилол / Xylene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)
Стирол / Styrene	Газовая хроматография Gas chromatography	Газовый хроматограф Ceres 800 Plus (газ-носитель – азот) Ceres 800 Plus gas chromatograph (carrier gas: nitrogen)



Географическое расположение города Латакунга и кантона Педро Виценте Мальдонадо.  
Geographical location of the city of Latacunga and the canton of Pedro Vicente Maldonado.

Таблица 2 / Table 2

**Технологический процесс производства питьевой воды на станциях водоподготовки в г. Латакунге и в кантоне Педро Виценте Мальдонадо**

**Drinking water treatment process in the city of Latacunga and Pedro Vicente Maldonado**

Процесс Unit Process	Станция водоподготовки в г. Латакунге Drinking water treatment plant in Latacunga city		Станция водоподготовки в кантоне Педро Виценте Мальдонадо Drinking water treatment plant in Pedro Vicente Maldonado canton	
	Оборудование Equipment	Реактивы Chemical agents	Оборудование Equipment	Реактивы Chemical agents
Коагуляция-флокуляция Coagulation-Flocculation	Гидравлический флокулятор с горизонтальным потоком Horizontal flow hydraulic flocculator	Сульфат алюминия (коагулянт), гидроксид натрия (стабилизатор pH) Aluminum sulfate (coagulant), sodium hydroxide (pH stabilizer)	Гидравлический флокулятор с горизонтальным потоком Horizontal flow hydraulic flocculator	Полиалюминия хлорид (коагулянт), гидроксид натрия (стабилизатор pH) Polyaluminum chloride (coagulant), sodium hydroxide (pH stabilizer)
Седиментация Settling	Отстойник с асбестоцементными листами Settling tank constructed with asbestos cement sheets	—	Отстойник с восходящим потоком Upflow settling tank	—
Фильтрация Filtration	3 фильтра с восходящим потоком из песка и гравия 3 upflow sand/gravel filters	—	4 фильтра с восходящим потоком из песка и гравия 4 upflow sand/gravel filters	—
Дезинфекция Disinfection	Баллоны для хранения газообразного хлора Chlorine gas cylinders	Газообразный хлор Chlorine gas	Баллоны для хранения газообразного хлора Chlorine gas cylinders	Газообразный хлор Chlorine gas

Таблица 3 / Table 3

Средние значения физико-химических и микробиологических параметров питьевой воды в г. Латакунге в 2018–2019 гг.

Mean values of physicochemical and microbiological parameters in drinking water in the city of Latacunga in 2018–2019

Параметр Parameter	ПДК / TLV		Год / Year	
	INEN 1108*	СанПиН 2.1.4.1074-01** SanPiN 2.1.4.1074-01**	2018	2019
Цветность, Pt-Co Color, Pt-Co	15.00	< 20.00	7.100	7.200
Мутность, NTU Turbidity, NTU	5.00	< 2.600	1.100	1.300
pH	6.50–8.50	6.00–9.00	6.700	6.500
Электропроводность, µСм/см Electrical conductivity, µS/cm	500.00	–	78.900	81.100
Кальций, мг/л Calcium, mg/L	75.00	130.00	6.100	5.100
Магний, мг/л Magnesium, mg/L	50.00	50.00	3.400	3.500
Общая минерализация, мг/л Total dissolved solids, mg/L	300.00	1000.00	42.600	38.300
Нитраты, мг/л Nitrates, mg/L	50.00	45.00	0.600	0.200
Нитриты, мг/л Nitrites, mg/L	3.00	3.00	0.300	0.010
Фториды, мг/л Fluorides, mg/L	1.50	1.50	0.070	0.100
Фосфаты, мг/л Phosphates, mg/L	0.10	3.50	0.110	0.130
Никель, мг/л Nickel, mg/L	0.07	0.10	0.003	0.004
Кобальт, мг/л Cobalt, mg/L	0.07	0.10	0.004	0.010
Остаточный хлор, мг/л Free chlorine, mg/L	0.30–1.50	0.80–1.20	0.860	0.820
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл Total coliforms, CFU/100 mL	< 1.00	Отсутствие Absence	< 1.000	< 1.000
Колиформы фекальные, КОЕ/100 мл Fecal coliforms, CFU/100mL	< 1.00	–	< 1.000	< 1.000

Примечание. Здесь и в табл. 4–6: \* – Эквадорский институт по стандартизации 1108 «Питьевая вода. Требования» (язык оригинала – испанский). \*\* – На момент проведения исследования данный СанПиН действовал. В настоящее время действует новый СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания», который введён в действие с 01.03.2021 г.

Note. Here and in Table 4–6: \* – Ecuadorian Institute for Standardization 1108 "Drinking water. Requirements" (the original language is Spanish). \*\* – At the time of the study, this SanPiN was in effect. Currently, there is a new SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic standards and requirements for ensuring the safety and/or harmlessness of environmental factors for humans", which entered into force on 03.01.2021.

Таблица 4 / Table 4

Средние значения органических веществ питьевой воды в г. Латакунге в 2018–2019 гг.

Mean values of organic compounds in drinking water in the city of Latacunga in 2018–2019

Параметр Parameter	ПДК / TLV		Год / Year	
	INEN 1108	СанПиН 2.1.4.1074-01 SanPiN 2.1.4.1074-01	2018	2019
Хлороформ, мг/л Chloroform, mg/L	0.30	0.20	0.012	0.016
Бромдихлорметан, мг/л Bromodichloromethane, mg/L	0.06	0.03	0.029	0.023
Дибромхлорметан, мг/л Dibromochloromethane	0.10	0.03	0.120	0.110
Бромформ, мг/л Bromoform, mg/L	0.10	0.10	0.160	0.140

Таблица 5 / Table 5

Средние значения физико-химических и микробиологических параметров питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо в 2018–2019 гг.

Mean values of physicochemical and microbiological parameters in drinking water in the canton of Pedro Vicente Maldonado in 2018–2019

Параметр Parameter	ПДК / TLV		Год / Year	
	INEN 1108	СанПиН 2.1.4.1074-01 SanPiN 2.1.4.1074-01	2018	2019
Цветность (Color), Pt-Co	15.00	< 20.00	5.500	5.170
Мутность (Turbidity), NTU	5.00	< 2.60	0.680	0.410
pH	6.50–8.50	6.00–9.00	7.080	7.130
Электропроводность, µСм/см Electrical conductivity, µS/cm	500.00	–	24.820	24.140
Общее количество взвешенных твёрдых частиц, мг/л Total suspended solids, mg/L	25.00	–	9.840	6.000
Нитраты, мг/л Nitrates, mg/L	50.00	45.00	0.010	0.020
Нитриты, мг/л Nitrites, mg/L	3.00	3.00	0.050	0.040
Фториды, мг/л Fluorides, mg/L	1.50	1.50	0.053	0.050
Азот аммонийный, мг/л Ammonia nitrogen, mg/L	0.50	2.00	0.180	0.140
Железо, мг/л (Iron, mg/L)	0.30	0.30	0.240	0.130
Сульфаты, мг/л Sulphates, mg/L	250.00	500.00	8.580	10.580
Фосфор, мг/л Phosphorus, mg/L	2.20	–	1.120	1.020
Марганец, мг/л Manganese, mg/L	0.15	0.10	0.032	0.030
Остаточный хлор, мг/л Free chlorine, mg/L	0.30–1.50	0.80–1.20	0.800	0.800
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл Total coliforms, CFU/100 mL	< 1.00	Отсутствие Absence	< 1.000	< 1.000
Колиформы фекальные, КОЕ/100 мл Fecal coliforms, CFU/100mL	< 1.00	–	< 1.000	< 1.000

Таблица 6 / Table 6

Средние значения органических веществ питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо в 2018–2019 гг.  
Mean values of organic compounds in drinking water in the canton of Pedro Vicente Maldonado in 2018–2019

Параметр Parameter	ПДК / TLV	Год / Year		
		INEN 1108	СанПиН 2.1.4.1074-01 SanPiN 2.1.4.1074-01	2018
Хлороформ, мг/л Chloroform, mg/L	0.3000	0.200	0.01800	0.02000
Бромдихлорметан, мг/л Bromodichloromethane, mg/L	0.0600	0.030	0.00400	0.00500
Дибромхлорметан, мг/л Dibromochloromethane, mg/L	0.1000	0.030	0.00400	0.00500
Бромформ, мг/л Bromoform, mg/L	0.1000	0.100	0.00400	0.00500
1,2-Дихлорэтан, мг/л 1,2-Dichloroethane, mg/L	0.0300	0.003	0.00020	0.00025
1,2-Дибром-3-хлорпропан, мг/л 1,2-Dibromo-3-chloropropane, mg/L	0.0010	0.010	0.00020	0.00025
Трихлорэтилен, мг/л Trichlorethylene, mg/L	0.0200	0.005	0.00020	0.00025
Тетрахлорэтилен, мг/л Tetrachlorethylene, mg/L	0.0400	0.005	0.00020	0.00025
Гексахлорбутадиен, мг/л Hexachlorobutadiene, mg/L	0.0006	0.010	0.00020	0.00025
Бензол, мг/л Benzene, mg/L	0.0100	0.010	0.00400	0.00500
Толуол, мг/л Toluene, mg/L	0.7000	0.500	0.00400	0.00500
Ксилол, мг/л Xylene, mg/L	0.5000	0.050	0.01200	0.01500
Стирол, мг/л Styrene, mg/L	0.0200	0.100	0.00400	0.00500

Таблица 7 / Table 7

Средние значения биологического потребления кислорода и химического потребления кислорода воды, поступающей на станции водоподготовки в 2018–2019 гг.

Mean concentrations of biological oxygen demand and chemical oxygen demand in water supplied to treatment plants in 2018–2019

Показатель Indicator	Город Латакунга Latacunga city		Кантон Педро Висенте Мальдонадо Pedro Vicente Maldonado cantón	
	Год / Year			
	2018	2019	2018	2019
БПК <sub>5</sub> , мг/л Biochemical oxygen demand (BOD <sub>5</sub> ), mg/L	25.20	21.36	3.01	3.70
ХПК, мг/л Chemical oxygen demand (COD), mg/L	40.32	51.21	5.08	14.41

чем концентрация ХПК воды в водохранилище г. Латакунги (40,32 мг/л – 2018 г., 51,21 мг/л – 2019 г.) (см. табл. 7).

Результаты расчёта риска, полученные на основании МР 2.1.4.0032-11<sup>6</sup>, для показателей и химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, представлены в табл. 8 и 9.

По данным табл. 8, риск рефлекторных реакций при потреблении исследуемой воды равен 0,006 (основной фактор оценки – остаточный хлор). Согласно критериям оценки величины риска [32], риск немедленного действия в пределах до 0,02 в долях единицы соответствует приемлемому уровню, в связи с чем состояние дискомфорта может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.

Согласно данным табл. 9, риск рефлекторных реакций при потреблении исследуемой воды в 2018 г. равнялся 0,01 (основной фактор оценки – железо), в 2019 г. – 0,005 (основной фактор оценки – остаточный хлор). Полученные значения риска немедленного действия также являются приемлемыми для населения, а состояние дискомфорта может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.

Таблица 8 / Table 8

Результаты оценки суммарного риска по показателям, характеризующимся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, для питьевой воды в г. Латакунге

Results of risk assessment with respect to indicators of the olfactory-reflex effect of exposure to drinking water in the city of Latacunga

Анализируемый критерий Criteria	Год / Year					
	2018			2019		
	Значение, мг/л Value, mg/L	Риск Prob	Риск Risk	Значение, мг/л Value, mg/L	Риск Prob	Риск Risk
Цветность / Color	7.10	–2.854	0.025	7.20	–2.848	0.003
Мутность / Turbidity	1.10	–2.725	0.004	1.30	–2.675	0.004
pH	6.70	–2.700	0.004	6.50	–2.500	0.006
Остаточный хлор / Free chlorine	0.86	–2.480	0.006	0.82	–2.529	0.006
Значение суммарного риска, Риск <sub>по</sub> / Total risk value, Risk <sub>то</sub>	–	–	0.006	–	–	0.006

Таблица 9 / Table 9

Результаты оценки суммарного риска по показателям, характеризующимся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, для питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо

Results of risk assessment with respect to indicators of the olfactory-reflex effect of exposure to drinking water in the canton of Pedro Vicente Maldonado

Анализируемый критерий Criteria		Год / Year					
		2018			2019		
		Значение, мг/л Value, mg/L	Prob	Риск Risk	Значение, мг/л Value, mg/L	Prob	Риск Risk
Цветность	Color	5.50	-2.962	0.001	5.17	-2.984	0.001
Мутность	Turbidity	0.68	-2.830	0.003	0.41	-2.898	0.002
pH	pH	7.08	-3.920	< 0.001	7.13	-3.870	< 0.001
Железо	Iron	0.24	-2.322	0.010	0.13	-3.206	< 0.001
Марганец	Manganese	0.03	-3.736	< 0.001	0.03	-3.736	< 0.001
Сульфаты	Sulphates	8.58	-7.861	< 0.001	10.58	-7.559	< 0.001
Остаточный хлор	Free chlorine	0.80	-2.563	0.005	0.80	-2.563	0.005
1,2-дибром-3-хлорпропан	1,2-Dibromo-3-chloropropane	0.00020	-7.641	< 0.001	0.00025	-7.319	< 0.001
Гексахлор-бутадиен	Hexachloro-butadiene	0.00020	-7.641	< 0.001	0.00025	-7.319	< 0.001
Толуол	Toluene	0.004	-8.962	< 0.001	0.005	-8.640	< 0.001
Ксилол	Xylene	0.012	-4.058	< 0.001	0.015	-3.736	< 0.001
Стирол	Styrene	0.004	-6.641	< 0.001	0.005	-6.319	< 0.001
Значение суммарного риска, Risk <sub>po</sub> Total risk value, Risk <sub>o</sub>		-	-	0.010	-	-	0.005

При помощи модели оценки неканцерогенного риска беспороговым методом для оценки ожидаемого роста заболеваемости населения патологиями, возникающими в результате особенностей токсического действия химических веществ, загрязняющих питьевую воду, рассчитывали неканцерогенный риск. Результаты для питьевой воды в г. Латакунге в 2019 г. приведены в табл. 10.

Значение суммарного неканцерогенного риска равно 0,1071. Согласно критериям оценки величины риска [32], риск хронического воздействия от 0,05 до 0,16 в долях единицы, оцениваемый по эффектам неспецифического дей-

ствия, может рассматриваться как вызывающий опасение, и в этом случае появляется тенденция к росту неспецифической патологии. Основной вклад в уровень риска вносит дибромхлорметан.

Как видно из табл. 11, значение суммарного неканцерогенного риска составляет 0,0223. Основной вклад в уровень риска вносит бензол. Согласно критериям оценки величины риска [32], риск хронического воздействия до 0,05 в долях единицы, оцениваемый по эффектам неспецифического действия, может рассматриваться как приемлемый, в этом случае практически отсутствует вероятность неблагоприятных эффектов.

Таблица 10 / Table 10

Результаты расчёта неканцерогенного риска питьевой воды в г. Латакунге в 2019 г.

Results of calculation of non-carcinogenic risk of drinking water in the city of Latacunga in 2019

Показатель Indicator	Значение, мг/л Value, mg/L	Риск Risk
Кальций / Calcium	5.1	0.0007
Магний / Magnesium	3.5	0.0012
Нитраты / Nitrates	0.2	0.0001
Нитриты / Nitrites	0.01	0.0001
Фториды / Fluorides	0.1	0.0012
Фосфаты / Phosphates	0.13	0.0007
Никель / Nickel	0.004	0.0007
Кобальт / Cobalt	0.01	0.0017
Хлороформ / Chloroform	0.016	0.0014
Бромдихлорметан / Bromodichloromethane	0.023	0.0133
Дибромхлорметан / Dibromochloromethane	0.11	0.0619
Бромформ / Bromoform	0.14	0.0241
Значение суммарного риска, Risk <sub>нек</sub> Total risk value, Risk <sub>non-car</sub>		0.1071

Таблица 11 / Table 11

Результаты расчёта неканцерогенного риска питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо в 2019 г.

Results of calculation of non-carcinogenic risk of drinking water in the canton of Pedro Vicente Maldonado in 2019

Показатель Indicator	Значение, мг/л Value, mg/L	Риск Risk
Нитраты / Nitrates	0.02	0.00001
Нитриты / Nitrites	0.04	0.0002
Фториды / Fluorides	0.050	0.0006
Азот аммонийный / Ammonia nitrogen	0.14	0.0012
Хлороформ / Chloroform	0.02	0.0017
Бромдихлорметан / Bromodichloromethane	0.005	0.0029
Дибромхлорметан / Dibromochloromethane	0.005	0.0029
Бромформ / Bromoform	0.005	0.0009
1,2-Дихлорэтан / 1,2-Dichloroethane	0.00025	0.0014
Трихлорэтилен / Trichloroethylene	0.00025	0.0009
Тетрахлорэтилен / Tetrachloroethylene	0.00025	0.0009
Бензол / Benzene	0.005	0.0087
Значение суммарного риска, Risk <sub>нек</sub> Total risk value, Risk <sub>non-car</sub>		0.0223

Таблица 12 / Table 12

**Результаты расчёта канцерогенного риска питьевой воды в г. Латакунге в 2019 г.**  
**Results of calculation of carcinogenic risk of drinking water in the city of Latacunga in 2019**

Показатель Indicator	Значение показателя, мг/л Indicator value, mg/L	LADD, мг/(кг · день) mg/(kg · day)	SF <sub>0</sub> , (мг/(кг · день)) <sup>-1</sup> (mg/(kg · day)) <sup>-1</sup>	Риск <sub>канц</sub> Risk <sub>car</sub>
Хлороформ / Chloroform	0.016	0.00069	0.0061	4.2 · 10 <sup>-6</sup>
Бромдихлорметан / Bromodichloromethane	0.023	0.00099	0.000061	6.1 · 10 <sup>-5</sup>
Дибромхлорметан / Dibromochloromethane	0.11	0.00471	0.084	4.0 · 10 <sup>-4</sup>
Бромформ / Bromoform	0.14	0.00600	0.0079	4.7 · 10 <sup>-5</sup>
Значение суммарного риска, Риск <sub>канц</sub> / Total risk value, Risk <sub>car</sub>				5.1 · 10 <sup>-4</sup>

Таблица 13 / Table 13

**Результаты расчёта канцерогенного риска питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо в 2019 г.**  
**Results of calculation of carcinogenic risk of drinking water in the canton of Pedro Vicente Maldonado in 2019**

Показатель Indicator	Значение показателя, мг/л Indicator value, mg/L	LADD, мг/(кг · день) mg/(kg · day)	SF <sub>0</sub> , (мг/(кг · день)) <sup>-1</sup> (mg/(kg · day)) <sup>-1</sup>	Риск <sub>канц</sub> Risk <sub>car</sub>
Хлороформ / Chloroform	0.02	0.00086	0.0061	5.2 · 10 <sup>-6</sup>
Бромдихлорметан / Bromodichloromethane	0.005	0.00021	0.062	1.3 · 10 <sup>-5</sup>
Дибромхлорметан / Dibromochloromethane	0.005	0.00021	0.084	1.8 · 10 <sup>-5</sup>
Бромформ / Bromoform	0.005	0.00021	0.0079	1.7 · 10 <sup>-6</sup>
1,2-Дихлорэтан / 1,2-Dichloroethane	0.00025	0.000011	0.091	9.8 · 10 <sup>-7</sup>
Трихлорэтилен / Trichlorethylene	0.00025	0.000011	0.011	1.2 · 10 <sup>-7</sup>
Тетрахлорэтилен / Tetrachlorethylene	0.00025	0.000011	0.052	5.7 · 10 <sup>-6</sup>
Бензол / Benzene	0.005	0.00021	0.055	1.2 · 10 <sup>-5</sup>
Стирол / Styrene	0.005	0.00021	0.03	6.3 · 10 <sup>-6</sup>
Значение суммарного риска, Риск <sub>канц</sub> / Total risk value, Risk <sub>car</sub>				5.8 · 10 <sup>-5</sup>

На следующем этапе оценки интегрального показателя выполняли расчёт канцерогенного риска при употреблении питьевой воды. Результаты приведены в табл. 12 и 13.

При оценке канцерогенного риска используется его общепризнанная классификация по четырём диапазонам в соответствии с Руководством Р 2.1.10.1920-04<sup>5</sup>. Согласно произведённым расчётам канцерогенного риска для питьевой воды, в г. Латакунге значения входят в третий диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-4}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-3}$ ). В этом случае риск для населения считается неприемлемым и требует разработки и проведения мероприятий по снижению, которые должны основываться на результатах более углублённой оценки различных аспектов существующих проблем и установлении степени их приоритетности по отношению к другим гигиеническим, экологическим, социальным и экономическим проблемам на данной территории. Основной вклад в уровень канцерогенного риска вносит дибромхлорметан. Канцерогенный риск от воздействия питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо входит во второй диапазон (индивидуальный риск в течение всей жизни более  $1 \cdot 10^{-6}$ , но менее  $1 \cdot 10^{-4}$ ), являющийся предельно допустимым уровнем риска, однако ВОЗ рекомендует использовать для питьевой воды величину

$1 \cdot 10^{-5}$  в качестве допустимого риска. В связи с этим существует необходимость регулярной оценки канцерогенного риска от воздействия питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо. Иногда при таких уровнях риска для их снижения необходимо осуществлять специальные мероприятия.

Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безопасности предусматривает расчёт интегрального показателя на основе полученных ранее значений риска (риск рефлекторно-ольфакторных эффектов, неканцерогенный и канцерогенный). Если превышения значения приемлемого риска хотя бы по одному из его видов отсутствуют и он равен единице, то показатель не превышает приемлемого уровня.

Согласно данным табл. 14, интегральный показатель для питьевой воды г. Латакунги превышает единицу (и неканцерогенный, и канцерогенный риск превышают приемлемое значение), что указывает на отсутствие химической безопасности анализируемой питьевой воды и низкую эффективность работы станции водоподготовки.

Интегральный показатель для воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо также превышает единицу, что связано с некоторыми отклонениями от норм по канцерогенному риску (см. табл. 14).

Таблица 14 / Table 14

**Интегральный показатель качества питьевой воды для г. Латакунги и кантона Педро Висенте Мальдонадо в 2019 г.**  
**Integrated water quality index in the city of Latacunga and in the canton of Pedro Vicente Maldonado in 2019**

Вид риска Type of risk	Значение по суммарной оценке Total value		Величина приемлемого значения Acceptable value		Отношение риска к приемлемому значению Risk in relation to acceptable value	
	г. Латакунги Latacunga city	кантон Педро Висенте Мальдонадо canton of Pedro Vicente Maldonado	г. Латакунги Latacunga city	кантон Педро Висенте Мальдонадо canton of Pedro Vicente Maldonado	г. Латакунги Latacunga city	кантон Педро Висенте Мальдонадо canton of Pedro Vicente Maldonado
Риск рефлекторно-ольфакторных эффектов Risk of olfactory-reflex effect	0.006	0.005	0.1	0.1	0.06	0.06
Неканцерогенный риск Non-carcinogenic risk	0.1071	0.0223	0.05	0.05	2.142	0.45
Канцерогенный риск Carcinogenic risk	0.00051	0.000058	0.00001	0.00001	51	5.8
Интегральный показатель / Integral indicator					53.2	6.31

## Обсуждение

Если следовать критериям российского нормативного документа по качеству питьевой воды СанПиН 2.1.4.1074-01, значения всех анализируемых физико-химических и микробиологических параметров воды, полученные в нашем исследовании, соответствуют гигиеническим нормативам (см. табл. 3, 5). Это связано с более низкими обязательными требованиями к показателям качества питьевой воды, предъявляемыми в России, по сравнению с Эквадором. Это прежде всего указывает на региональные особенности разработанных методик.

На водоочистой станции в г. Латакунге используется сульфат алюминия в качестве коагулянта, а гидроксид натрия – в качестве стабилизатора pH [33]. Сульфат алюминия при определённом pH осаждает фосфаты металлов, которые труднорастворимы в воде. Р. Rütz [34] указывает, что одна из основных причин высокой концентрации фосфатов заключается в добавлении недостаточного количества коагулянта. D. Ibaña [35] в своём исследовании указал на необходимость изменения дозы коагулянта и стабилизатора pH на водоочистой станции в г. Латакунге для улучшения очистки от загрязнителей, присутствующих в поступающей воде. L. Puente [36] отмечает, что основными проблемами в процессах флокуляции и коагуляции на очистной станции в г. Латакунге являются ненадлежащие условия быстрого смешивания и плохое техническое обслуживание оборудования. Согласно Kumar M. и соавт. [37], фосфаты не токсичны для людей или животных до тех пор, пока их концентрации не достигают очень высоких уровней. По мнению Willhite и соавт. [38], повышенные дозы монофосфатов могут привести к острой нефропатии, в то время как Markowitz и соавт. [39] утверждают, что поступление в организм избыточных доз солей фосфатов может вызвать гиперфосфатемиию.

Спектрофотометр, используемый для измерения концентрации фосфата, имеет диапазон измерения от 0,02 до 2,5 мг/л. Однако 95%-й доверительный интервал находится между нижним пределом 1,98 мг/л и верхним пределом 2,02 мг/л. Поскольку полученные значения выходят за пределы диапазона, действительно есть основания полагать, что результаты могут быть смещёнными. Таким образом, для последующих исследований рекомендуется использовать более точные методы измерения низких концентраций ионов, которые при высоком уровне надёжности добавляют

низкий предел допустимой относительной погрешности. Кроме того, следует подчеркнуть, что некоторые методы, рекомендованные стандартами Эквадора и применённые в данном исследовании, устарели, поэтому полученные результаты могут быть не совсем достоверными, а скорее показательными. Например, в ходе определения концентрации ионов кальция и магния был использован комплексометрический метод. В Российской Федерации подобные исследования проводят более современными методами, например, согласно ГОСТ 31867-2012 Вода питьевая. «Определение анионов методом хроматографии и капиллярного электрофореза». При этом показатель точности (граница допустимой относительной погрешности при вероятности  $P = 95\%$ ), то есть относительное среднее квадратичное отклонение  $\delta = \sigma/\text{Ср.}$  для большинства анионов составляет 15–25%, а для фосфата – 10%.

Высокая концентрация ТГМ, в основном бромированных соединений, присутствующих в питьевой воде г. Латакунги, преимущественно связана с использованием газообразного хлора в качестве дезинфицирующего средства для воды с высоким содержанием органических соединений и концентраций брома.

В системах очистки воды, используемых для неочищенной воды с высокой концентрацией брома, органические прекурсоры могут быть удалены во время процессов очистки, в результате чего концентрация брома будет выше, чем концентрация органических веществ. После процесса дезинфекции это приведёт к изменению разновидностей ТГМ с хлорированных на бромированные. В ряде городов, таких как Цзиньмыньдао (Тайвань), Афины (Греция) и Флорианополис (Бразилия), были получены аналогичные результаты по питьевой воде, в которой преобладали бромированные ТГМ. Хлорирование было единственным методом обеззараживания питьевой воды на всех станциях водоподготовки. Вода, поступающая на очистные сооружения, характеризовалась высоким содержанием брома и природных органических веществ [40–42].

Вождаева М.Ю. и соавт. [43] отмечают, что одной из основных проблем, связанных с процессами обеззараживания воды хлором, является образование побочных продуктов, которые могут представлять опасность для здоровья человека. Органические и неорганические соединения вступают в реакцию с дезинфицирующими средствами и образуют хлорорганические и неорганические побочные

продукты. Дерябкина Л.А. и соавт. [44] указывают, что соединения хлора, являющегося экономичным и эффективным дезинфицирующим средством для уничтожения микроорганизмов в воде, как правило, реагируют с природными органическими веществами, образуя потенциально вредные побочные продукты, такие как ТГМ и галогенуксусные кислоты (ГУК). В связи с этим в странах Евросоюза и США контроль качества питьевой воды, прошедшей дезинфекцию хлорсодержащими агентами, проводят по содержанию четырёх ТГМ и шести ГУК, суммарные предельно допустимые концентрации которых составляют 0,08 и 0,06 мг/л соответственно [45].

В некоторых исследованиях оценивается связь между воздействием ТГМ, присутствующих в воде для потребления человеком, с заболеваемостью. Прокопов В.А. и соавт. [46] изучали влияние ТГМ на развитие рака ободочной кишки; Юсупова Н.З. и соавт. [47] указывают на взаимосвязь между ТГМ и возникновением колоректального рака; Villanueva и соавт. [48] подчёркивают связь длительного воздействия ТГМ с риском заболевания раком мочевого пузыря. В связи с этим Quintiliani и соавт. [49] отмечают необходимость поддержания достаточно высоких остаточных концентраций хлора и низких концентраций побочных продуктов дезинфекции в водораспределительных системах.

Концентрации ТГМ (хлороформ, бромдихлорметан, дибромхлорметан, бромформ), присутствовавшие в питьевой воде кантона Педро Висенте Мальдонадо как в 2018-м, так и в 2019 г., в отличие от питьевой воды г. Латакунги намного ниже ПДК, установленных российским и эквадорским стандартом (см. табл. 4, 6). Причина такой разницы может быть связана с более низкой концентрацией органического вещества, присутствующего в водохранилище кантона Педро Висенте Мальдонадо, по сравнению с водохранилищем г. Латакунги, что можно подтвердить значениями параметров БПК<sub>5</sub> и ХПК (см. табл. 7). Эти результаты согласуются с данными исследований Хлыстова И.А. и соавт. [50] и Goufopoulos и соавт. [51], в которых показаны низкие средние концентрации ТГМ в хлорированной воде с небольшим содержанием органических веществ.

Интегральная оценка подтвердила приоритетность химических веществ, образующихся в результате хлорирова-

ния питьевой воды, для формирования перечней контролируемых показателей при проведении производственного контроля качества питьевой воды. Интегральная оценка питьевой воды по показателям химической безвредности в Санкт-Петербурге, Тюмени, Уфе также выявила, что величина интегрального показателя в значительной степени обусловлена величиной канцерогенного риска, вклад в который в свою очередь внесли побочные продукты хлорирования [43, 52, 53].

Принимая во внимание вышеописанную неблагоприятную ситуацию в отношении неприемлемости канцерогенного риска, можно сделать вывод о необходимости разработки и проведения мероприятий, направленных на снижение и предупреждение образования побочных продуктов хлорирования на обеих станциях водоподготовки, где проводилось исследование.

## Заключение

Питьевая вода, потребляемая жителями г. Латакунги и кантона Педро Висенте Мальдонадо, представляет собой источник хронического воздействия ТГМ, особенно дибромхлорметана и бромформа, следовательно, существует потенциальная опасность негативного воздействия на здоровье населения. Это объясняется низкой эффективностью процессов очистки воды и неправильным выбором дезинфицирующих средств с высоким содержанием органических веществ. Для обнаружения предельно низких концентраций веществ при определении показателей качества воды требуется серьёзное метрологическое обоснование, подтверждающее достоверность и значимость полученных результатов и последующих выводов. Учитывая это обстоятельство, авторы статьи рекомендуют проводить физико-химический анализ на мониторинговых станциях в Эквадоре более современными методами, используемыми в ЕС, США и России. Результаты проведённого исследования могут быть использованы при оптимизации процессов водоподготовки, например, для выбора дозировки хлора или новых форм дезинфектанта, а также при внедрении новых технологий в целях совершенствования системы очистки.

## Литература

(п.п. 1, 4, 5, 7–14, 16–24, 26–31, 33–42, 45, 48, 49, 51 см. References)

2. Мирошникова Е.П., Аринжанов А.Е. Тяжелые металлы в воде и донных отложениях Ириклинского водохранилища. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2016; (6): 70–3.
3. Боев В.М., Кряжева Е.А., Бегун Д.Н., Борщук Е.Л., Кряжев Д.А. Гигиеническая оценка риска здоровью населения при комбинированном пероральном поступлении тяжелых металлов. *Анализ риска здоровью*. 2019; (2): 35–43. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.04>
6. Гаджиев Г.Э., Омарова Х.Г. Питьевые воды Дагестана и артериальная гипертония. Роль анионов. *Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки*. 2010; (1): 31–5.
15. Мокиенко А.В. Обеззараживание воды: о необходимости взаимосвязанного анализа и решения фундаментальных и прикладных проблем. *Гигиена и санитария*. 2014; 93(1): 15–8.
25. Гагарина О.В. Обзор методов комплексной оценки качества поверхностных вод. *Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле»*. 2005; (11): 45–58.
32. Киселев А.В., Фридман К.Б. *Оценка риска здоровью*. СПб.: Дейта; 1997.
43. Вождаева М.Ю., Холова А.Р., Вагнер Е.В., Кантор Е.А., Кантор Л.И., Труханова Н.В. и др. Оценка качества питьевой воды по результатам расширенных мониторинговых исследований и её химической безвредности. *Гигиена и санитария*. 2018; 97(2): 117–24. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-2-117-124>
44. Дерябкина Л.А., Марченко Б.И., Плугогаренко Н.К., Южно А.И. Оценка эффективности применения преаммонизации в целях снижения канцерогенного риска от тригалогенметанов в питьевой воде. *Анализ риска здоровью*. 2020; (3): 70–7. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.08>
46. Прокопов В.А., Гуленко С.В. Роль хлорированной питьевой воды в развитии онкологической патологии. *Здоровье и окружающая среда*. 2013; (22): 85–9.
47. Юсупова Н.З., Гиниятуллина Л.А. Анализ современных представлений о роли различных факторов риска в развитии колоректального рака (обзор литературы). *Вестник новых медицинских технологий*. 2020; 27(4): 5–10. <https://doi.org/10.24411/1609-2163-2020-16698>
50. Хлыстов И.А., Шукина Д.А., Кузьмина Е.А., Плотко Э.Г., Брунницына Л.А. Подходы к нормированию органического углерода и необходимость его обязательного контроля в питьевой воде. *Здоровье населения и среда обитания*. 2020; (9): 61–6. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-61-66>
52. 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; 96(4): 302–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305>
53. Лапшин А.П., Ванькова А.Н. Интегральная оценка качества питьевой воды. 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*. Пермь; 2020: 129–36.

## References

- WHO. Guidelines for drinking water quality. Geneva; 2017.
- Miroshnikova E.P., Arinzhano A.E. Heavy metals in water and bottom sediments of the Irikliinskaya reservoir. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2016; (6): 70–3. (in Russian)
- Boev V.M., Kryazheva E.A., Begun D.N., Borshchuk E.L., Kryazhev D.A. Hygienic assessment of population health risks caused by combined oral introduction of heavy metals. *Analiz riska zdorov'yu*. 2019; (2): 35–43. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2019.2.04> (in Russian)
- Lanz B., Provins A. The demand for tap water quality: Survey evidence on water hardness and aesthetic quality. *Water Resour. Econ*. 2016; 16: 52–63. <https://doi.org/10.1016/j.wre.2016.10.001>
- Cai J., Chen S., Yu G., Zou Y., Lu H., Wei Y., et al. Comparisons of major and trace elements in soil, water and residents' hair between longevity and non-longevity areas in Bama, China. *Int. J. Environ. Health Res*. 2021; 31(5): 581–94.
- Gadzhev G.E., Omarova Kh.G. Drinking waters of Dagestan and arterial hypertension. Role of anions. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki*. 2010; (1): 31–5. (in Russian)
- Bain R., Cronk R., Wright J., Yang H., Slaymaker T., Bartram J. Fecal contamination of drinking-water in low- and middle-income countries: a systematic review and meta-analysis. *PLoS Med*. 2014; 11(5): e1001644. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001644>
- Assessment of water statistics in Ecuador. *Informe de la Comisión económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*; 2017. (in Spanish)
- Gamboa M.I., Navone G.T., Orden A.B., Torres M.F., Castro L.E., Oyhenart E.E. Socio-environmental conditions, intestinal parasitic infections and nutritional status in children from a suburban neighborhood of La Plata, Argentina. *Acta. Trop*. 2011; 118(3): 184–9. <https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2009.06.015>
- Zoni A.C., Catalá L., Ault S.K. Schistosomiasis prevalence and intensity of infection in Latin America and the Caribbean Countries, 1942–2014: a systematic review in the context of a regional elimination goal. *PLoS Negl. Trop. Dis*. 2016; 10(3): e0004493. <https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004493>
- De Souza C.F., Lima J.F. Jr., Adriano M.S., de Carvalho F.G., Forte F.D., de Farias Oliveira R., et al. Assessment of groundwater quality in a region of endemic fluorosis in the northeast of Brazil. *Environ. Monit. Assess*. 2013; 185(6): 4735–43. <https://doi.org/10.1007/s10661-012-2900-x>
- Molina-Frecherro N., Gaona E., Angulo M., Sánchez Pérez L., González González R., Nevarez Rascón M., et al. Fluoride exposure effects and dental fluorosis in children in Mexico City. *Med. Sci. Monit*. 2015; 21: 3664–70. <https://doi.org/10.12659/msm.895351>
- Rocha-Amador D., Navarro M.E., Carrizales L., Morales R., Calderón J. Decreased intelligence in children and exposure to fluoride and arsenic in drinking water. *Cad. Saude. Publica*. 2007; 23(Suppl. 4): S579–87. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2007001600018>
- Dórea J.G. Exposure to environmental neurotoxic substances and neurodevelopment in children from Latin America and the Caribbean. *Environ. Res*. 2021; 192: 110199. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110199>
- Mokienko A.V. Disinfection of water: on the need for analysis and solution of fundamental and applied problems. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2014; 93(1): 15–8. (in Russian)
- Villa-Achupallas M., Rosado D., Aguilar S., Galindo-Riaño M.D. Water quality in the tropical Andes hotspot: The Yacuambi river (southeastern Ecuador). *Sci. Total. Environ*. 2018; 633: 50–8. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.165>
- Mora A., Jumbo-Flores D., González-Merizalde M., Bermeo-Flores S.A., Alvarez-Figueroa P., Mahlknecht J., et al. Heavy metal enrichment factors in fluvial sediments of an Amazonian Basin Impacted by Gold Mining. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. 2019; 102(2): 210–7. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02545-w>
- Deknock A., De Troyer N., Houbraken M., Dominguez-Granda L., Nolvios I., Van Echelpoel W., et al. Distribution of agricultural pesticides in the freshwater environment of the Guayas river basin (Ecuador). *Sci. Total. Environ*. 2019; 646: 996–1008. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.185>
- Molinero J., Barrado M., Gujarró M., Ortiz M., Carnicer O., Zuazagoitia D. The Teaone River: a snapshot of a tropical river from the coastal region of Ecuador. *Limnetica*. 2019; 38(2): 587–605. <https://doi.org/10.23818/limn.38.34>
- González-Merizalde M.V., Menezes-Filho J.A., Cruz-Erazo C.T., Bermeo-Flores S.A., Sánchez-Castillo M.O., Hernández-Bonilla D., et al. Manganese and mercury levels in water, sediments, and children living near gold-mining areas of the Nangaritza River Basin, Ecuadorian Amazon. *Arch. Environ. Contam. Toxicol*. 2016; 71(2): 171–82. <https://doi.org/10.1007/s00244-016-0285-5>
- Maurice L., López F., Becerra S., Jamhoury H., Le Menach K., Dévier M.H., et al. Drinking water quality in areas impacted by oil activities in Ecuador: Associated health risks and social perception of human exposure. *Sci. Total. Environ*. 2019; 690: 1203–17. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.089>
- Palacios T.E. Prevalence of Cryptosporidium spp. and Giardia spp. in calves, and their presence in water and in children with digestive problems in San Fernando canton, Ecuador. *Maskana*. 2017; 8(1): 111–9. <https://doi.org/10.18537/mskn.08.01.10> (in Spanish)
- García-Ávila F., Ramos-Fernández L., Pauta D., Quezada D. Evaluation of water quality and stability in the drinking water distribution network in the Azogues city, Ecuador. *Data Brief*. 2018; 18: 111–23. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.03.007>
- Cipriani-Avila I., Molinero J., Jara-Negrete E., Barrado M., Arcos C., Mafla S., et al. Heavy metal assessment in drinking waters of Ecuador: Quito, Ibarra and Guayaquil. *J. Water Health*. 2020; 18(6): 1050–64. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.093>
- Gagarina O.V. The survey of methods of a complex estimation of quality of surface waters. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Nauki o Zemle»*. 2005; (11): 45–58. (in Russian)
- Yanchatipan M. Implementation of a Reforestation Plan for the Water Basins of the Capulis Páramo to Maintain the Drinking Water Catchment in Belisario Quevedo Parish, Latacunga City, Cotopaxi Province [Elaboracion de un plan de reforestacion de las cuencas hidricas del paramo Capulis Páramo para mantener la captacion de agua de consumo humano en la parroquia Belisario Quevedo cantón Latacunga provincia de Cotopaxi]. Latacunga: UTC; 2012. (in Spanish)
- Barahona S., Quezada A. Assessment of Physicochemical and Biological Water Quality of Drinking Water in the Cuatro Esquinas Neighborhood, Eloy Alfaro Parish, Latacunga City, Cotopaxi Province in 2013 [Determinacion de los parametros físicoquímicos y biológicos del agua de consumo humano del barrio Cuatro Esquinas parroquia Eloy Alfaro canton Latacunga, provincia de Cotopaxi en el periodo 2013]. Latacunga: UTC; 2014. (in Spanish)
- Instituto Ecuatoriano de estadísticas y censos. Population and Housing Census 2010. Available at: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/base-datos-censo-de-poblacion-y-vivienda-2010/>
- Enriquez D., Carabali A., Males N., Montenegro K. Situational diagnosis of the modalities and tourist destinations of Pedro Vicente Maldonado canton, province Pichincha [Diagnostico situacional de las modalidades y destinos turisticos del canton Pedro Vicente Maldonado, provincia de Pichincha]. *Siembra*. 2020; 7(1): 80–95. <https://doi.org/10.29166/siembrav7i1.1901> (in Spanish)
- Secretaría Nacional del Agua. Esmeraldas River Hydrographic Demarcation [Demarcacion hidrografica del rio Esmeraldas]. Santo Domingo; 2012; Anexo 6. (in Spanish)
- Carrion D. Design of Rainwater Harvesting and Disposal System in San Vicente de Andoas Village, Pedro Vicente Maldonado Canton [Diseño del sistema de recolección y disposición final de aguas lluvias de la población de San Vicente de Andoas, canton Pedro Vicente Maldonado]. Quito: PUCE; 2014. (in Spanish)
- Kiselev A.V., Fridman K.B. Health Risk Assessment [Ocenka riska zdorov'ju]. St. Petersburg: Deyta; 1997. (in Russian)
- Cando A., Coro M. Evaluation of Drinking Water Treatment Plant Efficiency and Repowering Proposal in the Loma de Alcocerces of the San Martín Neighborhood, Juan Montalvo Parish, Latacunga City, Cotopaxi Province in the Period October 2018–August 2019 [Evaluacion de la eficiencia de la Planta de Tratamiento del Agua Potable y propuesta de repotenciación en la Loma de Alcocerces del Barrio San Martín de la Parroquia Juan Montalvo del canton Latacunga de la provincia de Cotopaxi en el periodo octubre 2018-agosto 2019]. Latacunga: UTC; 2019. (in Spanish)
- Pütz P. Interempresas. Elimination and determination of phosphate; 2010. Available at: <https://www.interempresas.net/Quimica/Articulos/37743-Eliminacion-y-determinacion-de-fosfato.html> (in Spanish)
- Ibarra D. Water Quality Improvement Plan of the Loma de Alcocerces Treatment Plant in Latacunga City, Cotopaxi Province [Propuesta para la mejora de la potabilización de agua de la planta de tratamiento Loma de Alcocerces de la ciudad de Latacunga, provincia de Cotopaxi]. Quito: UISEK; 2018. (in Spanish)
- Puente L. Evaluation of Drinking Water Treatment Plant Efficiency of Belisario Quevedo Water Board Located in Latacunga, Illuchi Parish [Determinacion de la eficiencia de la planta de tratamiento de agua de la junta de agua potable Belisario Quevedo ubicada en el canton Latacunga parroquia de Illuchi]. Quito: EPN; 2017. (in Spanish)
- Kumar M., Puri A. A review of permissible limits of drinking water. *Indian J. Occup. Environ. Med*. 2012; 16(1): 40–4. <https://doi.org/10.4103/0019-5278.99696>
- Willhite C.C., Ball G.L., Bhat V.S. Emergency do not consume/do not use concentrations for blended phosphates in drinking water. *Hum. Exp. Toxicol*. 2013; 32(3): 241–59. <https://doi.org/10.1177/0960327112459207>
- Markowitz G.S., Whelan J., D'Agati V.D. Renal failure following bowel cleansing with a sodium phosphate purgative. *Nephrol. Dial. Transplant*. 2005; 20(4): 850–1. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfh718>
- Wang G.S., Deng Y.C., Lin T.F. Cancer risk assessment from trihalomethanes in drinking water. *Sci. Total. Environ*. 2007; 387(1–3): 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.07.029>
- Budziak D., Carasek E. Determination of trihalomethanes in drinking water from three different water sources in Florianopolis-Brazil using purge and trap and gas chromatography. *J. Braz. Chem. Soc*. 2007; 18(4): 741–7. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532007000400012>
- Golfinopoulos S.K. The occurrence of trihalomethanes in the drinking water in Greece. *Chemosphere*. 2000; 41(11): 1761–7. [https://doi.org/10.1016/s0045-6535\(00\)00062-x](https://doi.org/10.1016/s0045-6535(00)00062-x)
- Vozhdaeva M.Yu., Kholova A.R., Vagner E.V., Kantor E.A., Kantor L.I., Trukhanova N.V., et al. The use of results of expanded monitoring research for the integrated assessment of drinking water according to indices of chemical harmlessness. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2018; 97(2): 117–24. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2018-97-2-117-124> (in Russian)

44. Deryabkina L.A., Marchenko B.I., Plugotarenko N.K., Yukhno A.I. Assessing efficiency of pre-ammonization aimed at reducing carcinogenic risks caused by trihalomethanes in drinking water. *Analiz riska zdorov'yu*. 2020; (3): 70–7. <https://doi.org/10.21668/health.risk/2020.3.08> (in Russian)
45. Adams C., Timmons T., Seitz T., Lane J., Levotch S. Trihalomethane and haloacetic acid disinfection by-products in full-scale drinking water systems. *J. Environ. Eng.* 2005; 131(4): 526–34. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9372\(2005\)131:4\(526\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9372(2005)131:4(526))
46. Prokopov V.A., Gulenko S.V. Role of chlorinated drinking water quality in cancer pathology development. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*. 2013; (22): 85–9. (in Russian)
47. Yusupova N.Z., Giniyatullina L.A. Analysis current understanding of the role of various risk factors in the development of colorectal cancer (literature review). *Vestnik novykh meditsinskikh tekhnologiy*. 2020; 27(4): 5–10. <https://doi.org/10.24411/1609-2163-2020-16698> (in Russian)
48. Villanueva C.M., Cordier S., Font-Ribera L., Salas L.A., Levallois P. Overview of disinfection by-products and associated health effects. *Curr. Environ. Health Rep.* 2015; 2(1): 107–15. <https://doi.org/10.1007/s40572-014-0032-x>
49. Quintiliani C., Di Cristo C., Leopardi A. Vulnerability assessment to trihalomethane exposure in water distribution systems. *Water*. 2018; 10(7): 912. <https://doi.org/10.3390/w10070912>
50. Khlystov I.A., Shchukina D.A., Kuz'mina E.A., Plotko E.G., Brusnitsyna L.A. Approaches to regulating organic carbon and the necessity of its obligatory monitoring in drinking water. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2020; (9): 61–6. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-330-9-61-66> (in Russian)
51. Golfinopoulos S., Nikolaou A. Survey of disinfection by-products in drinking water in Athens, Greece. *Desalination*. 2005; 176(1–3): 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2004.10.029>
52. Rakhmanin Yu.A., Mel'tser A.V., Kiselev A.V., Erastova N.V. 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 Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2017; 96(4): 302–5. <https://doi.org/10.18821/0016-9900-2017-96-4-302-305> (in Russian)
53. Lapshin A.P., Vankova A.N. An integrated evaluation of drinking water quality. In: *Health Risk Assessment – 2020 in Conjunction with the International Meeting on Environment and Health Rise – 2020 and a Round Table on Food Safety. Proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference [Analiz riska zdorov'yu – 2020 sovmestno s mezhdunarodnoy vstrechey po okruzhayushchey srede i zdorov'yu Rise – 2020 i kruglym stolom po bezopasnosti pitaniya. Materialy X Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii]*. Perm': 2020: 129–36. (in Russian)

