

МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ, ПОСТУПАЮЩЕЙ НА СТАНЦИЮ ВОДОПОДГОТОВКИ ГОРОДА ЛАТАКУНГА (РЕСПУБЛИКА ЭКВАДОР)

Научная статья

Саласар Флорес К.^{1,*}, Самбрано С.², Парреньо К.³¹ ORCID : 0000-0002-6927-7863;^{1,2,3} Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (cristian_salazarf[at]hotmail.com)

Аннотация

Микробиологическое качество воды, поступающей на главную станцию водоподготовки города Латакунга, изучалось в течение 24 месяцев с целью получения исходных данных о составе данной воды. Общие колиформные бактерии и колиформы фекальные определяли методом мембранной фильтрации. С целью выявления сезонных колебаний образцы собирались ежемесячно. В 27% и 44% проб воды, собранных в 2018 и 2019 годах соответственно, концентрация фекальных колиформных бактерий превышала допустимый предел. В то время как все полученные значения общих колиформных бактерий были ниже допустимого предела для хозяйственно-бытовых и питьевых вод, требующих обычной обработки. Как средняя концентрация общих колиформных бактерий, так и средняя концентрация фекальных колиформных бактерий были выше в сухой сезон по сравнению с дождливым сезоном. Однако сезонные колебания не были значительными, что подтверждается статистическим тестированием.

Ключевые слова: Республика Эквадор, качество воды, общие колиформные бактерии, колиформы фекальные.

MICROBIOLOGICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF WATER SUPPLIED TO THE LATACUNGA WATER TREATMENT PLANT (REPUBLIC OF ECUADOR)

Research article

Salazar Flores C.^{1,*}, Zambrano C.², Parreno C.³¹ ORCID : 0000-0002-6927-7863;^{1,2,3} Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (cristian_salazarf[at]hotmail.com)

Abstract

The microbiological quality of water coming to the main water treatment plant of the city of Latacunga was studied for 24 months in order to obtain baseline data on the composition of the water in question. Total coliform bacteria and fecal coliforms were determined by membrane filtration. Samples were collected monthly to detect seasonal variations. In 27% and 44% of the water samples collected in 2018 and 2019, respectively, fecal coliform bacteria concentrations exceeded the acceptable limit, while all the total coliform bacteria values obtained were below the limit for domestic and drinking water requiring routine treatment. Both the average concentration of total coliform bacteria and the average concentration of fecal coliform bacteria were higher in the dry season compared to the rainy season. However, seasonal variations were not significant, as confirmed by statistical testing.

Keywords: Republic of Ecuador, water quality, total coliform bacteria, fecal coliforms.

Введение

Загрязнение воды вредными микроорганизмами в настоящее время является общенациональной проблемой развивающихся стран, таких как Эквадор [1]. Свободные взвешенные бактерии в воде и бактерии, связанные с взвешенными веществами, относятся к числу загрязняющих веществ [2]. Патогенные организмы являются нормальными компонентами всех экосистем, но микробиологическое загрязнение фекальными бактериями в результате антропогенной деятельности считается важнейшей проблемой на всех реках [2], [3]. Существует большая потребность в мониторинге качества воды, поэтому оценка наличия патогенных бактерий в воде представляет собой серьезную проблему для защиты здоровья людей и животных [4]. Патогены человека и животных кишечного происхождения считаются важными загрязнителями окружающей среды, которые передаются через почву, сельское хозяйство, воду и осадочные породы [2], [4]. Для того чтобы контролировать качество воды в реках, в настоящее время используются различные методы микробиологического анализа [5]. Индикаторные организмы обычно используются для оценки микробиологического качества поверхностных вод, а фекальные кишечные палочки являются наиболее часто используемым бактериальным индикатором фекального загрязнения [4], [6]. Они содержатся в воде, загрязненной фекальными отходами человеческого и животного происхождения [7]. Общие колиформные бактерии включают виды бактерий фекального происхождения, а также другие группы бактерий (например, бактерии, обычно встречающиеся в почве) [4]. Высокое содержание фекальных и общих колиформных бактерий в воде обычно проявляется в виде диареи, а иногда лихорадки и других вторичных осложнений [8].

В Эквадоре исследования загрязнения поверхностных вод были в основном сосредоточены на оценке присутствия кишечной палочки (*Escherichia coli*) как показателя биологического загрязнения, связанного с органическим загрязнением [9]. Большинство анализов качества поверхностных вод указывают на наличие кишечной палочки. Исследование, проведенное в 2010 году Национальным секретариатом по водным ресурсам (SENAGUA), посвященное изучению состояния качества поверхностных источников воды для потребления человеком, показывает, что 67% проб, проанализированных в бассейне реки Гуаяс, превышают максимально допустимый уровень содержания фекальных колиформных бактерий, установленный эквадорскими нормативами (значения достигали 16000 КОЕ/100мл

в реках Дауле, Каньяр, Буллубу и Чимбо) [10]. Levi и др. [11] в своей работе, выполненной на реке в провинции Эсмеральдас, обнаружил вариации кишечной палочки в количестве 200-45000 КОЕ/100мл в засушливый период и 300-45000 КОЕ/100мл в дождливый период. Данная работа указывает на высокий уровень загрязнения поверхностных вод, которые в этом районе являются источником воды для потребления местными общинами. Присутствие фекальных колиформных бактерий широко распространено в поверхностных источниках воды в количестве, варьирующимся в зависимости от землепользования и наличия близлежащих населенных пунктов [1], [11].

В андском регионе Эквадора было проведено несколько исследований, связанных с биологическим состоянием источников поверхностных вод в крупных городах, таких как Кито, Эсмеральдас, и Куэнка [1], [12], [13]. Данные исследования указывают на высокую микробную нагрузку водоемов, на которую в основном влияет интенсивная сельскохозяйственная деятельность и отсутствие надлежащих санитарных условий. Проблема становится более очевидной в небольших городах, удаленных от мегаполисов, в связи с чем возникает необходимость контролировать источники воды данных районов, поскольку вероятность попадания внутрь инфекционной дозы микроорганизма, вызывающего какое-либо заболевание, очень высока [14], [15].

Целью данного исследования является оценка общих бактериологических параметров (общих колиформных бактерий и фекальных колиформ) поступающей воды на главную станцию водоподготовки андского города Латакунга.

Методы и принципы исследования

Станция водоподготовки в городе Латакунга провинции Котопакси, расположена в 6 км в южном направлении от города на высоте 2985 м над уровнем моря [14].

Очистные сооружения забирают воду из лагуны Салаямбо, расположенной на высоте 3364 м над уровнем моря в парамо Капулис Пасо.

Вода из лагуны Салаямбо по открытому каналу поступает на гидроэлектростанцию «Иллучи 1», расположенную на высоте 3364 м над уровнем моря. После процесса выработки электроэнергии вода под силой тяжести выходит из турбин станции и перемещается по стальным трубам 3 км ко второй гидроэлектростанции «Иллучи 2», расположенной на высоте 2985 метров над уровнем моря. После использования воды одна часть сбрасывается в русло реки Ильучи, а другая по трубе направляется на станцию водоподготовки «Лома де Алкосерес» [14], [15].

Станция водоподготовки была построена в 2002 году, ее средняя производительность составляет 300 л/с, но в настоящее время она обрабатывает только 170 л/с. Это обычная станция, выполняющая следующие процессы: коагуляция-флокуляция, седиментация, фильтрация и обеззараживание [15].

Для микробиологического анализа образцы были доставлены в лабораторию в течение 6 часов и проанализированы. Подсчет фекальных и общих колиформных бактерий проводили с использованием стандартной методики мембранной фильтрации [16]. Образец воды объемом 100 мл был отфильтрован с использованием фильтрующей мембраны диаметром 47 мм с размером пор 0,45 мм, как описано АРНА [17]. Для подсчета наиболее вероятного числа (НВЧ) колиформных бактерий использовали метод множественных пробирок [16].

Концентрации фекальных и общих колиформных бактерий в пробах воды, взятых из очистных сооружений, контролировались с января 2018 по декабрь 2019 года. В ходе исследования было взято в общей сложности 20 проб воды.

Достоверность данных была проверена путем проведения статистического анализа измеренных данных с использованием пакета статистических компьютерных программ SPSS. Дисперсионный анализ (ANOVA) был проведен, чтобы определить, была ли какая-либо существенная разница в концентрации фекальных и общих колиформных бактерий между дождливым и сухим сезонами. Все статистические тесты были выполнены с уровнем достоверности 95%.

Основные результаты

Качество воды оценивалось на основе эквадорских стандартов качества TULSMA, устанавливающих ПДК для хозяйственно-бытовых и питьевых вод, требующих обычной обработки [18].

В 2018 году общие колиформные бактерии варьировались от 18,5 до 396,8 КОЕ/100мл, при среднегодовом значении 142,3. В 2019 году общие колиформные бактерии находились в диапазоне 27,9–376,2 КОЕ/100мл, при среднегодовом значении 168,11 КОЕ/100мл. Все собранные пробы воды показали концентрацию общих колиформных бактерий ниже допустимого предела, установленного эквадорским стандартом (1000 КОЕ/100мл).

Результаты показывают, что как в 2018, так и в 2019 году некоторые пробы воды были загрязнены фекальными колиформными бактериями. В 2018 году количество фекальных колиформных бактерий находилось в диапазоне 9,7–260,3 КОЕ/100мл, при среднегодовом значении 66,2 КОЕ/100мл. В то время как в 2019 году их количество варьировалось от 7,5 до 136,6 КОЕ/100мл, при среднегодовом значении 41,6 КОЕ/100мл. В 2018 году 27% от общего числа собранных проб показали значения, превышающие ПДК. В 44% проб, взятых из сырой воды в 2019 году, концентрация фекальных колиформных бактерий превышала допустимый предел (200 КОЕ/100мл).

Martin и др. [19] заявили, что наличие общих колиформных бактерий не всегда может указывать на фекальное загрязнение. Исследование, проведенное Ekhaize и Omoigberale [20], показало, что 19% бактерий, связанных с загрязнением фекалиями, оказались *E. coli*, которые являются преобладающим транспортом для распространения генов устойчивости и векторов из-за их обилия в водных экосистемах [21]. Городские и сельские районы являются поверхностными источниками фекальных колиформных бактерий, главным образом из-за фекалий птиц, грызунов, диких животных и даже домашних животных [22]. По данным Cabral J. [4], колиформы фекальные могут загрязнять поверхностные и рекреационные воды в большинстве развивающихся стран.

Обнаружение фекальных и общих колиформных бактерий в стоке станций водоподготовки является убедительным доказательством загрязнения лагуны Салаямбо и реки Иллучи в результате деятельности человека, а также фекального загрязнения, исходящего от людей, жвачных животных и птиц. Buitron-Cisneros R. [23] утверждает, что в Эквадоре существует серьезная проблема загрязнения и разрушения источников воды. Считается, что большинство рек, расположенных в экосистеме парамо, загрязнены с микробиологической точки зрения, что объясняется тем, что в 92%

муниципалитетов страны отсутствуют системы очистки сточных вод, по этой причине сбросы осуществляются непосредственно в водоемы [23].

Чтобы выявить сезонные изменения в составе воды, поступающей на очистные сооружения, с микробиологической точки зрения, исследуемые месяцы были разделены на сухой и дождливый сезоны, где первый сезон включал июнь – ноябрь, а второй – декабрь – май (рис. 1).

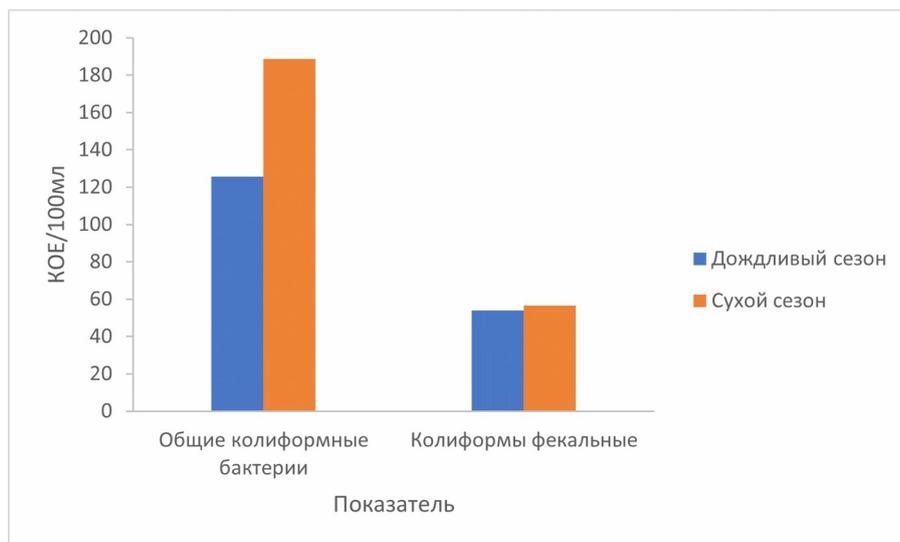


Рисунок 1 - Сезонное изменение концентрации общих колиформных бактерий и фекальных колиформных бактерий в воде, поступающей на станцию водоподготовки

Средняя концентрация общих колиформных бактерий в сухой сезон (188,5 КОЕ/100 мл) была выше по сравнению с сезоном дождей (125,5 КОЕ/100 мл). Средняя концентрация фекальных колиформных бактерий в сезон дождей (53,9 КОЕ/100 мл) была аналогична концентрации в сухой сезон (56,1 КОЕ/100 мл) (рис. 1). Разница между средними концентрациями как общих и фекальных колиформных бактерий в засушливый и дождливый периоды не была статистически значимой ($p > 0,05$). Некоторые исследования показывают, что микробная нагрузка в водоемах Анд выше в дождливый период по сравнению с сухим сезоном [1], [13]. Хорошо известно, что близость вулканов, окружающих город Латакунга, играет важную роль для отложений и плодородия почвы, что приводит к богатству микробной нагрузки и разнообразию, о чем сообщается в нескольких исследованиях [24], [25]. Кроме того, постоянные дожди, характерные для экосистемы парамо могут привести к увеличению микробной нагрузки. Предыдущие исследования показали, что дожди могут привести к притоку высоких концентраций питательных веществ, а также к большому количеству бактерий [26], [27]. Однако в других исследованиях сообщалось о более высокой концентрации общих колиформных бактерий в сухой сезон по сравнению с дождливым сезоном [28], [29] как в данном исследовании, что говорит о том, что перенос материалов из плювиальной эрозии не существенно влияет на микробиологическое загрязнение по сравнению с воздействием сточных вод.

Levy и др. [1], [11], Pauta-Calle и др. [13] утверждают, что концентрация колиформных бактерий варьируется в зависимости от разных сезонов года (засуха и дожди), отмечая, что плотность и разнообразие фекальных колиформных бактерий варьируется в зависимости от наносов с земель, прилегающих к реке, физических условий данных мест – наличия каналов, стоков в результате выпадения осадков или сброса сточных вод.

В поверхностных источниках воды других городов, входящих в провинцию Котопакси, таких, как Сальседо и Пухили были зарегистрированы концентрации микробиологических загрязнителей, аналогичные полученным в этом исследовании. В реке Яняяку, основном источнике воды для города Сальседо, значения фекальных кишечных палочек были зарегистрированы в диапазоне от 50 до 250 КОЕ/100мл [29], в то время как в реке Тиотан, источнике воды для потребления человеком в городе Пухили, были отмечены концентрации фекальных колиформных бактерий в диапазоне от 200 до 400 КОЕ/100мл и концентрации фекальных колиформных бактерий в диапазоне от 50 до 150 КОЕ/100мл [30]. Эти результаты указывают на необходимость внедрения дополнительной обработки к обычной очистке в провинции Котопакси, чтобы получить безопасную воду с микробиологической точки зрения.

Заключение

В данном исследовании изучалась концентрация различных бактерий в воде, поступающей на главную станцию водоподготовки города Латакунга, с целью определения уровня загрязнения в результате деятельности человека или природных явлений. Для оценки микробного загрязнения в качестве индикаторов были выбраны общие и фекальные колиформные бактерии. Измерения показали, что концентрация общих колиформных бактерий превысила пороговое значение, предусмотренное эквадорским стандартом TULSMA для хозяйственно-бытовых и питьевых вод, требующих обычной обработки. В связи с этим 27% и 44% от общего числа проб в 2018 и 2019 году превысили ПДК, соответственно.

Концентрации общих и фекальных колиформных бактерий, как правило, была выше в сухой сезон. Однако сезонные колебания не были значительными, что подтверждается статистическим тестированием.

На основании полученных результатов следует полагать, что обычная обработка недостаточна для обеспечения биологической безопасности воды, предоставляемой жителям города Латакунга.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Levy K. Rethinking indicators of microbial drinking water quality for health studies in tropical developing countries: case study in northern coastal Ecuador / K. Levy, K. Nelson, A. Hubbard et. al // *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*. — 2012. — Vol. 86. — p. 499-507.
2. Knobelsdorf Miranda J. Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable / J. Knobelsdorf Miranda, R. Mujeriego Sahuquillo // *Ingeniería del agua*. — 1997. — Vol. 4. — p. 17-28.
3. Cangelosi G.A. From outside to inside: environmental microorganisms as human pathogens / G.A. Cangelosi, N.E. Freitag, M.R. Buckley. — Washington DC: American Academy of Microbiology, 2004. — p. 1-6.
4. Cabral J.P. Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water // J.P. Cabral // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. — 2010. — Vol. 7. — p. 3657-3703.
5. Тымчук С.Н. Наиболее значимые санитарно-микробиологические показатели оценки качества питьевой воды / С.Н.Тымчук, В.Е. Ларин, Д.М. Соколов // *Водоснабжение и санитарная техника*. — 2013. — 11. — с. 8-14.
6. Pachepsky Y.A. Escherichia coli and fecal coliforms in freshwater and estuarine sediments / Y.A. Pachepsky, D.R. Shelton // *Critical reviews in environmental science and technology*. — 2011. — Vol. 41. — p. 1067-1110.
7. Anderson K.L. Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments / K.L. Anderson, J.E. Whitlock, V.J. Harwood // *Applied and environmental microbiology*. — 2005. — Vol. 71. — p. 3041-3048.
8. Gruber J.S. Coliform bacteria as indicators of diarrheal risk in household drinking water: systematic review and meta-analysis / J.S. Gruber, A. Ercumen, Jr. Colford // *PloS one*. — 2014. — Vol. 9.
9. Izurieta R. Calidad del Agua en las Américas: Ecuador / R. Izurieta, A. Campaña, J. Calles et al. // *Calidad del Agua en las Américas*. — 2019. — p. 284-306.
10. Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas / Secretaría Nacional del Agua. — 2010.
11. Levy K. Drivers of Water Quality Variability in Northern Coastal Ecuador / K. Levy, K. Nelson, J. Eisenberg // *Environmental science & technology*. — 2009. — 43. — p. 1788-1797.
12. Borja-Serrano P. Determination of the microbial and chemical loads in rivers from the Quito capital province of Ecuador (Pichincha) — A preliminary analysis of microbial and chemical quality of the main rivers / P. Borja-Serrano, V. Ochoa-Herrera, L. Maurice et al. // *International journal of environmental research and public health*. — 2020. — Vol. 17.
13. Pauta-Calle G. Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador / G. Pauta-Calle, G. Vázquez, A. Abril et al. // *Maskana*. — 2020. — Vol. 11. — p. 46-57.
14. Саласар Флорес К.А. Оценка риска для здоровья населения при употреблении питьевой воды города Лагакунги и кантона Педро Висенте Мальдонадо (Республика Эквадор) // К.А. Саласар Флорес, А.И. Курбатова, К.Ю. Михайличенко и др. // *Гигиена и санитария*. — 2022. — 101. — с. 344-356.
15. Саласар Флорес К.А. Оценка качества питьевой воды с помощью индекса качества воды и оценки риска для здоровья населения: на примере кантона Педро Висенте Мальдонадо, Республика Эквадор / К.А. Саласар Флорес, А.И. Курбатова, К.Ю. Михайличенко // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности*. — 2022. — 30. — с. 373-392.
16. Gaudy F.A. Microbiology for environmental scientists and engineers / F.A. Gaudy // London: McGraw Hill International Book Company, 1998.
17. Standards methods for the examination of water and wastewater / American public health association. — Washington DC, 1998. — Vol. 20.
18. Texto Unificado de Legislación secundario / Ministerio del ambiente del Ecuador. — 2015. — Anexo I. — Libro VI.
19. Martin N.H. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods / N.H. Martin, A. Trmčić, T.H. Hsieh et al. // *Frontiers in microbiology*. — 2016. — Vol. 7.
20. Ekhaise F.O. Bacteriological and physicochemical qualities of Ebutte River in Ebutte Community, Uhumwonde local government area, Edo State, Nigeria / F.O. Ekhaise, M.O. Omoigberale // *J. Appl. Sci. Environ. Manag.* — 2011. — Vol. 15. — p. 663-673.
21. Alpay-Karaoglu S. Investigation of antibiotic resistance profile and TEM-type β -lactamase gene carriage of ampicillin-resistant Escherichia coli strains isolated from drinking water / S. Alpay-Karaoglu, O.B. Ozgumus, E. Sevim et al. // *Ann. Microbiol.* — 2007. — Vol. 57. — p. 281-288.
22. Whitlock J.E. Identification of the sources of fecal coliforms in an urban watershed using antibiotic resistance analysis / J.E. Whitlock, D.T. Jones, V.J. Harwood // *Water Res.* — 2002. — Vol. 36. — p. 4273-4282.
23. Buitrón Cisneros R. Derecho humano al agua en el Ecuador / R. Buitrón Cisneros // *Informe sobre derechos humanos Ecuador*. — 2009. — p. 139-162.
24. Barraza F. Distribution, contents and health risk assessment of metal(loid)s in small-scale farms in the Ecuadorian Amazon: An insight into impacts of oil activities / F. Barraza, L. Maurice, G. Uzu et al. // *Sci. Total Environ.* — 2018. — p. 106-120.

25. Vargas-Solano S.V. Heavy metals in the volcanic and peri-urban terrain watershed of the River Yautepec, Mexico / S.V. Vargas-Solano, F. Rodríguez-González, M.L. Arenas-Ocampo et al. // *Environ. Monit. Assess.* — 2019.
26. Kaushik R. Microbial quality and phylogenetic diversity of fresh rainwater and tropical freshwater reservoir / R. Kaushik, R. Balasubramanian, H. Dunstan // *PLoS ONE.* — 2014. — Vol. 9.
27. Merz J. Rainfall-runoff events in a middle mountain catchment of Nepal / J. Merz, P.M. Dangol, M.P. Dhakal et al. // *J. Hydrol.* — 2006. — Vol. 331. — p. 446-458.
28. Fábrega J. Contaminación por coliformes y evaluación físicoquímica del agua en las cercanías de la desembocadura del río Mariato, Veraguas, Panamá / J. Fábrega, K. Núñez, A. González // *Revista Colegiada de Ciencia.* — 2022. — Vol. 3. — p. 90-101.
29. Ávila de Navia S.L. Calidad sanitaria del agua del Parque Natural Chicaque / S.L. Ávila de Navia, S.M. Estupiñán Torres // *Nova.* — 2013. — Vol. 11. — p. 39-44.
30. Abril R. Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo / R. Abril, L. Rodríguez, D. Sucoshañay et al. // *Ingeniería Hidráulica y Ambiental.* — 2017. — Vol. 38. — p. 59-72.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Levy K. Rethinking indicators of microbial drinking water quality for health studies in tropical developing countries: case study in northern coastal Ecuador / K. Levy, K. Nelson, A. Hubbard et. al // *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene.* — 2012. — Vol. 86. — p. 499-507.
2. Knobelsdorf Miranda J. Crecimiento bacteriano en las redes de distribución de agua potable [Bacterial growth in drinking water distribution networks] / J. Knobelsdorf Miranda, R. Mujeriego Sahuquillo // *Ingeniería del agua [Water engineering].* — 1997. — Vol. 4. — p. 17-28. [in Spanish]
3. Cangelosi G.A. From outside to inside: environmental microorganisms as human pathogens / G.A. Cangelosi, N.E. Freitag, M.R. Buckley. — Washington DC: American Academy of Microbiology, 2004. — p. 1-6.
4. Cabral J.P. Water Microbiology. Bacterial Pathogens and Water // J.P. Cabral // *Int. J. Environ. Res. Public Health.* — 2010. — Vol. 7. — p. 3657-3703.
5. Tymchuk S.N. Naibolee znachimye sanitarno-mikrobiologicheskie pokazateli otsenki kachestva pitevoi vody [Most significant sanitary microbiological parameters of drinking water quality assessment] / S.N. Tymchuk, V.E. Larin, D.M. Sokolov // *Vodosnabjenie i sanitarnaia tehnika [Water supply and sanitary engineering].* — 2013. — Vol. 11. — p. 8-14. [in Russian]
6. Pachepsky Y.A. Escherichia coli and fecal coliforms in freshwater and estuarine sediments / Y.A. Pachepsky, D.R. Shelton // *Critical reviews in environmental science and technology.* — 2011. — Vol. 41. — p. 1067-1110.
7. Anderson K.L. Persistence and differential survival of fecal indicator bacteria in subtropical waters and sediments / K.L. Anderson, J.E. Whitlock, V.J. Harwood // *Applied and environmental microbiology.* — 2005. — Vol. 71. — p. 3041-3048.
8. Gruber J.S. Coliform bacteria as indicators of diarrheal risk in household drinking water: systematic review and meta-analysis / J.S. Gruber, A. Ercumen, Jr. Colford // *PloS one.* — 2014. — Vol. 9.
9. Izurieta R. Calidad del Agua en las Américas: Ecuador [Water quality: Ecuador] / R. Izurieta, A. Campaña, J. Calles et al. // *Calidad del Agua en las Américas [Water quality in America].* — 2019. — p. 284-306. [in Spanish]
10. Línea base para el monitoreo de la calidad del agua de riego en la Demarcación Hidrográfica del Guayas [Baseline for monitoring the quality of irrigation water in the Guayas Hydrographic Demarcation] / National secretary of water. — 2010. [in Spanish]
11. Levy K. Drivers of Water Quality Variability in Northern Coastal Ecuador / K. Levy, K. Nelson, J. Eisenberg // *Environmental science & technology.* — 2009. — 43. — p. 1788-1797.
12. Borja-Serrano P. Determination of the microbial and chemical loads in rivers from the Quito capital province of Ecuador (Pichincha) — A preliminary analysis of microbial and chemical quality of the main rivers / P. Borja-Serrano, V. Ochoa-Herrera, L. Maurice et al. // *International journal of environmental research and public health.* — 2020. — Vol. 17.
13. Pauta-Calle G. Indicadores bacteriológicos de contaminación fecal en los ríos de Cuenca, Ecuador [Bacteriological indicators of fecal contamination in the rivers of Cuenca, Ecuador] / G. Pauta-Calle, G. Vazquez, A. Abril et al. // *Maskana.* — 2020. — Vol. 11. — p. 46-57. [in Spanish]
14. Salazar Flores C.A. Otsenka riska dlia zdorovia naselenia pri ýpotrebieni pitevoi vody goroda Latakýngi i kantona Pedro Visente Maldonado (Respýblika Ekvador) [Assessment of the risk to public health when drinking water in Latacunga and the Canton of Pedro Vicente Maldonado (Republic of Ecuador)] // C.A. Salazar Flores, A.I. Kurbatova, K.Yu. Mikhaylichenko et al. // *Gigiena i sanitariya [Hygiene and Sanitation].* — 2022. — 101. — p. 344-356. [in Russian]
15. Salazar Flores C.A. Otsenka kachestva pitevoi vody s pomoiý indeksa kachestva vody i otsenki riska dlia zdorovia naseleniya: na primere kantona Pedro Visente Maldonado, Respýblika Ekvador [Drinking water quality assessment according to water quality index and health risk assessment: a case study of Pedro Vicente Maldonado canton, Ecuador] / C.A. Salazar Flores, A.I. Kurbatova, K. Yu. Mikhaylichenko // *Vestnik Rossiiskogo ýniversiteta drýjby narodov. Seria: Ekologiya i bezopasnost jiznedeiatelnosti [RUDN Journal of Ecology and Life Safety].* — 2022. — 30. — p. 373-392. [in Russian]
16. Gaudy F.A. Microbiology for environmental scientists and engineers / F.A. Gaudy // London: McGraw Hill International Book Company, 1998.
17. Standards methods for the examination of water and wastewater / American public health association. — Washington DC, 1998. — Vol. 20.
18. Texto Unificado de Legislación secundario [Unified Text of the Ministry of the Environment's Secondary Legislation] / Ministry of the environment of Ecuador. — 2015. — Annex I. — Book VI. [in Spanish]
19. Martin N.H. The evolving role of coliforms as indicators of unhygienic processing conditions in dairy foods / N.H. Martin, A. Trmčić, T.H. Hsieh et al. // *Frontiers in microbiology.* — 2016. — Vol. 7.

20. Ekhaise F.O. Bacteriological and physicochemical qualities of Ebutte River in Ebutte Community, Uhumwonde local government area, Edo State, Nigeria / F.O. Ekhaise, M.O. Omoigberale // *J. Appl. Sci. Environ. Manag.* — 2011. — Vol. 15. — p. 663-673.
21. Alpay-Karaoglu S. Investigation of antibiotic resistance profile and TEM-type β -lactamase gene carriage of ampicillin-resistant *Escherichia coli* strains isolated from drinking water / S. Alpay-Karaoglu, O.B. Ozgumus, E. Sevim et al. // *Ann. Microbiol.* — 2007. — Vol. 57. — p. 281-288.
22. Whitlock J.E. Identification of the sources of fecal coliforms in an urban watershed using antibiotic resistance analysis / J.E. Whitlock, D.T. Jones, V.J. Harwood // *Water Res.* — 2002. — Vol. 36. — p. 4273-4282.
23. Buitrón Cisneros R. Derecho humano al agua en el Ecuador [Human right to water in Ecuador] / R. Buitrón Cisneros // *Informe sobre derechos humanos Ecuador [Report on human rights Ecuador]*. — 2009. — p. 139-162. [in Spanish]
24. Barraza F. Distribution, contents and health risk assessment of metal(loid)s in small-scale farms in the Ecuadorian Amazon: An insight into impacts of oil activities / F. Barraza, L. Maurice, G. Uzu et al. // *Sci. Total Environ.* — 2018. — p. 106-120.
25. Vargas-Solano S.V. Heavy metals in the volcanic and peri-urban terrain watershed of the River Yautepec, Mexico / S.V. Vargas-Solano, F. Rodríguez-González, M.L. Arenas-Ocampo et al. // *Environ. Monit. Assess.* — 2019.
26. Kaushik R. Microbial quality and phylogenetic diversity of fresh rainwater and tropical freshwater reservoir / R. Kaushik, R. Balasubramanian, H. Dunstan // *PLoS ONE*. — 2014. — Vol. 9.
27. Merz J. Rainfall-runoff events in a middle mountain catchment of Nepal / J. Merz, P.M. Dangol, M.P. Dhakal et al. // *J. Hydrol.* — 2006. — Vol. 331. — p. 446-458.
28. Fábrega J. Contaminación por coliformes y evaluación físicoquímica del agua en las cercanías de la desembocadura del río Mariato, Veraguas, Panamá [Coliform pollution and physical-chemical evaluation of the water near the mouth of the Mariato river, Veraguas, Panama] / J. Fábrega, K. Núñez, A. González // *Revista Colegiada de Ciencia [Collegiate Journal of Science]*. — 2022. — Vol. 3. — p. 90-101. [in Spanish]
29. Ávila de Navia S.L. Calidad sanitaria del agua del Parque Natural Chicaque [Sanitary water quality from Chicaque Natural Park] / S.L. Ávila de Navia, S.M. Estupiñán Torres // *Nova*. — 2013. — Vol. 11. — p. 39-44. [in Spanish]
30. Abril R. Caracterización preliminar de calidad de aguas en subcuenca media del río Puyo [Evaluation of the water quality of the Puyo river basin] / R. Abril, L. Rodríguez, D. Sucoshañay et al. // *Ingeniería Hidráulica y Ambiental [Hydraulic and Environmental Engineering]*. — 2017. — Vol. 38. — p. 59-72. [in Spanish]