



DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-3-373-392

УДК 613.31

Научная статья / Research article

## 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 

*Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация*

 cristian\_salazarf@hotmail.com

**Аннотация.** Исследовано качество воды, выходящей со станции водоподготовки в кантоне Педро Висенте Мальдонадо (Республика Эквадор), в соответствии с методическими указаниями по расчету индекса качества воды (ИКВ) и оценке риска для здоровья населения. Ежемесячно с января 2017 г. по декабрь 2019 г. проводился мониторинг качества воды до и после очистки. Определены физико-химические и микробиологические показатели, такие как: температура, рН, мутность, цветность, взвешенные вещества, электропроводность, остаточный хлор, нитраты, нитриты, аммонийный азот, сульфаты, фториды, марганец, железо, колиформы фекальные и общие колиформные бактерии. Для оценки воздействия исследуемой воды на здоровье человека проведен анализ риска для здоровья по неканцерогенным веществам, включая индекс опасности, и риска ольфакторно-рефлекторных эффектов по органолептическим показателям согласно российским и зарубежным рекомендациям. При сопоставлении результатов параметров качества воды со стандартами ВОЗ выявлено, что вода, поступающая на станцию водоподготовки, загрязнена микробиологически, а также параметры, такие как цветность, мутность и содержание железа, превышали предельно допустимые концентрации. По рассчитанным значениям индекса качества воды установлено, что вода после очистки пригодна для питья (I класс – очень чистая). По значениям индексов опасности выявлено, что изученные неканцерогенные вещества имеют низкий риск как для взрослых, так и для детей (<1). Риск появления ольфакторно-рефлекторных эффектов охарактеризован как приемлемый для всех отобранных проб очищенной воды.

**Ключевые слова:** Эквадор, питьевая вода, индекс качества воды, оценка риска для здоровья населения, неканцерогенный риск, риск ольфакторно-рефлекторных эффектов

© Саласар Флорес К.А., Курбатова А.И., Михайличенко К.Ю., 2022



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License  
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

**Благодарности и финансирование:** Исследование выполнено при поддержке Программы стратегического академического лидерства РУДН.

**Вклад авторов:** Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**История статьи:** поступила в редакцию 12.02.2022; принята к публикации 25.03.2022.

**Для цитирования:** Саласар Флорес К.А., Курбатова А.И., Михайличенко К.Ю. Оценка качества питьевой воды с помощью индекса качества воды и оценки риска для здоровья населения: на примере кантона Педро Висенте Мальдонадо, Республика Эквадор // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2022. Т. 30. № 3. С. 373–392. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-373-392>

## Drinking water quality assessment according to water quality index and health risk assessment: a case study of Pedro Vicente Maldonado canton, Ecuador

Cristian A. Salazar Flores  , Anna I. Kurbatova ,

Kseniya Yu. Mikhaylichenko 

*Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation*  
 cristian\_salazarf@hotmail.com

**Abstract.** The effluent water quality of a treatment plant in a canton of Ecuador according to water quality index (WQI) and health risk assessment was investigated in this study. The quality of the influent and effluent water of the treatment plant was monitored monthly from January 2017 to December 2019. Physicochemical and microbiological parameters, such as temperature, pH, turbidity, color, suspended solids, electrical conductivity, free chlorine, nitrates, nitrites, ammonia nitrogen, sulfates, fluorides, manganese, iron, fecal coliforms and total coliforms were determined. To evaluate the impacts of studied water on human health, health risk assessment for non-carcinogenic elements, including hazard index (HI) and risk of olfactory-reflex effects for organoleptic indicators were performed in accordance with Russian and foreign guidelines. Water quality parameter results were compared with WHO drinking water standards, revealing that the influent was contaminated microbiologically and other parameters such as color, turbidity, and iron were also above the limit values. The WQI results showed that water after purification is suitable for drinking (I class – excellent). Hazard Index (HI) results showed that the non-carcinogenic substances studied had a low risk for both adults and children (<1). Additionally, the risk of olfactory-reflex effect was characterized as acceptable for all the collected purified water samples.

**Keywords:** Ecuador, drinking water, water quality index, health risk assessment, non-carcinogenic risk, risk of olfactory-reflex effect

**Acknowledgements and Funding:** The study has been supported by the RUDN University Strategic Academic Leadership Program.

**Authors' contributions:** All authors made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

**Article history:** received 12.02.2022; accepted 25.03.2022.

**For citation:** Salazar Flores CA, Kurbatova AI, Mikhaylichenko KYu. Drinking water quality assessment according to water quality index and health risk assessment: a case study of Pedro Vicente Maldonado canton, Ecuador. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2022;30(3):373–392. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2022-30-3-373-392>

## Введение

Согласно докладу совместной программы ВОЗ/ЮНИСЕФ по мониторингу водоснабжения, санитарии и гигиены, 5,3 миллиарда человек во всем мире имеют доступ к надежно управляемым услугам питьевого водоснабжения; кроме того, 1,4 млрд человек пользуются по крайней мере базовыми услугами; 206 млн человек – ограниченными; 435 млн используют небезопасные источники воды и 144 млн по-прежнему используют источники поверхностных вод [1]. Исследования, проведенные в развивающихся странах показывают, что в большинстве поверхностных вод отмечаются уровни загрязнения, которые должны быть оценены и урегулированы в процессах очистки и дезинфекции потребляемой человеком воды [2]. За последнее столетие было совершено много технологических достижений для улучшения защиты источников воды и очистки воды для питья, однако многие страны по-прежнему сталкиваются с препятствиями, которые со временем снижают их способность обеспечивать доставку безопасной питьевой воды по всей стране [3]. Очистка воды осуществляется с использованием различных методов, таких как ионный обмен, обратный осмос, адсорбция активированным углем, а также добавление дезинфицирующих средств с использованием хлора, озона или УФ-излучения [4]. Обратный осмос в сочетании с обработкой активированным углем является одним из самых эффективных способов очистки воды.

Основными источниками воды в Эквадоре являются реки горного происхождения, впадающие в Тихий океан на западе и в реку Амазонку на востоке. По данным Экономической комиссии для Латинской Америки и Карибского бассейна (ЭКЛАК), процессы очистки воды в Эквадоре являются традиционными, обычно осуществляющимися путем аэрации, коагуляции, флокуляции, седиментации, фильтрации и дезинфекции хлором; эти процессы регулируются в зависимости от состояния сырой воды или сезонных изменений [5].

Источники питьевой воды в Эквадоре подвергаются чрезмерной эксплуатации и усиленному антропогенному поступлению загрязнителей из-за различных видов деятельности человека, таких как добыча полезных ископаемых, добыча сырой нефти, сброс сточных вод, а также сельскохозяйственная и животноводческая деятельность. Недавние исследования подчеркивают наличие металлов, таких как Ва и Мо, в источниках питьевой воды в северных амазонских регионах Орельяна и Сукумбиос, где широко распространены добыча и переработка нефти [6, 7]. При исследовании четырех рудников в Портовело-Сарума, Набиха, Понсе-Энрикес и Санта-Роза было выявлено критическое содержание металлов (Pb, Hg, Cu) и биоаккумуляция других

загрязнителей личинками мух и рыб [8]. Из-за отсутствия финансовых и технических возможностей по всей стране в местные водоемы регулярно сбрасываются неочищенные сточные воды. При исследовании речной системы провинции Пичинча обнаружен высокий уровень загрязнения 18 рек и значительное разнообразие микробных загрязнителей, включая два вида паразитов (*Cryptosporidium* и *Giardia spp.*) и патотипы кишечной палочки. Кроме того, наблюдались отклонения физико-химических параметров, таких как pH, ХПК, общая минерализация и концентрации металлов, в частности Zn, Cu и Mn, Al и Fe [9]. Внесение удобрений и животноводческие стоки также изучались в регионах, где навоз и другие вещества могут привносить фекальные колиформы в водосборные бассейны. Два исследования качества воды в бассейнах рек Якуамби и Куэнка на юге Эквадора показали растущую распространенность фекальных кишечных палочек и то, что увеличение концентрации связано с животноводческими стоками [10, 11]. Случаи загрязнения питьевой воды были зарегистрированы в крупных городах Эквадора. В городе Кито, в районе Тумбако, в 2004 г. были выявлены уровни мышьяка, в десять раз превышающие допустимое значение, установленное ВОЗ [12]. В 2020 г. высокие уровни свинца были обнаружены в трех районах Кито, а высокие уровни содержания меди и цинка были зарегистрированы в городе Ибарра [13]. В другом исследовании, проведенном в 2018 г., были рассчитаны такие индексы стабильности воды, как индекс Ланжелье, индекс Рызнара и индекс Пукориуса. Результаты показали, что вода в городе Азогес обладает высокой коррозионной активностью [14]. Между тем в небольших кантонах, таких как Педро Висенте Мальдонадо, наблюдается недостаток научных исследований касающихся качества воды, поставляемой для потребления человеком.

Основными задачами данного исследования являлись мониторинг качества воды до очистки, оценка эффективности очистки станции водоподготовки и оценка качества очищенной воды. В этом исследовании оценка риска для здоровья населения проводилась как с точки зрения риска ольфакторно-рефлекторных эффектов, так и с точки зрения неканцерогенного риска для здоровья. При оценке неканцерогенного риска для здоровья учитывались эффекты как перорального поступления, так и кожного воздействия. Кроме того, вместо использования значений по умолчанию в расчетах риска для здоровья населения авторы применяли значения, откалиброванные на основе условий и критериев изучаемой области.

### Материалы и методы исследования

Кантон Педро Висенте Мальдонадо площадью 656,5 км<sup>2</sup> занимает 4,92 % территории провинции Пичинча, расположен на высоте от 250 до 1800 м над уровнем моря, что по классификации Холдриджа соответствует зоне влажных лесов [15, 16]. Кантон включает в себя экосистемы туманных лесов, субтропических и влажных тропических лесов со средней температурой от 16 до 25 °С, относительной влажностью более 70 % и среднемесячным

количеством осадков 55,3 мм [15]. Зима (с января по май) характеризуется обильными дождями, теплой температурой и высокой влажностью, а лето (с июня по декабрь) – кратковременными дождями, жарким сухим климатом. Охват территории кантона Педро Висенте Мальдонадо сетями централизованного водоснабжения составляет 58,6 % [15].

Источник питьевой 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. Водоохранилище расположено на трассе E28, в приходе Лос-Банкос. За счет силы тяжести вода по трубопроводу проходит 17 км к станции водоподготовки, которая расположена на восточной стороне окраины города [15]. Станция водоподготовки была открыта в 2012 г.

Мониторинговые пробы воды отбирались с января 2017 г. по декабрь 2019 г. Оценивались физико-химические и микробиологические показатели качества воды в пробах с сырой и очищенной водой, собранной в пластиковые бутылки емкостью один литр и хранившейся в охлаждаемом боксе при транспортировке в лабораторию. Всего было отобрано 36 проб сырой и 36 проб очищенной воды. Сбор и хранение проб воды для анализа физико-химических параметров осуществлялись в соответствии с эквадорским стандартом INEN-ISO 5667<sup>1</sup>. Анализ микробиологических параметров производился согласно рекомендациям, установленным в стандарте Эквадора INEN-ISO 19458<sup>2</sup>. Анализируемые показатели проб воды, использованные методы и средства измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества воды, методы и средства измерений

Параметр	Метод	Средства измерений
Мутность	Турбидиметрия	Турбидиметр Hach 2100Q
Водородный показатель	Потенциометрия	pH-метр Hach PH Basic 20
Электропроводность	Кондуктометрия	Кондуктометр Hach HQ14D
Взвешенные вещества	Гравиметрия	–
Цветность	Спектрофотометрия	Спектрофотометр Hach DR 2800
Нитраты (NO <sub>3</sub> )	– “ –	– “ –
Нитриты (NO <sub>2</sub> )	– “ –	– “ –
Азот аммонийный (NH <sub>3</sub> -N)	– “ –	– “ –
Фториды (F)	– “ –	– “ –
Сульфаты (SO <sub>4</sub> )	– “ –	– “ –
Марганец (Mn)	Атомно-абсорбционная спектрометрия	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800
Железо (Fe)	– “ –	– “ –
Остаточный хлор	DPD (Диэтил-п-фенилендиамин)	Спектрофотометр Hach DR 2800
Колиформы фекальные	Титрование	–
Общие колиформные бактерии	– “ –	–

Примечание. – “ – – знак повтора.

<sup>1</sup> Эквадорский институт по стандартизации 5667 «Вода: качество воды, отбор проб» (язык оригинала – испанский)

<sup>2</sup> Эквадорский институт по стандартизации 19458 «Качество воды. Отбор проб для микробиологического анализа» (язык оригинала – испанский).

Water quality parameters, methods and measuring instruments

Parameter	Method	Measuring instrument
Turbidity	Turbidimetry	Hach 2100Q Turbidimeter
pH	Potentiometry	Hach PH Basic 20 pH meter
Electrical conductivity	Conductometry	Hach HQ14D conductivity meter
Suspended Solids	Gravimetry	–
Color	Spectrophotometry	Hach DR 2800 spectrophotometer
Nitrates	– “ –	– “ –
Nitrites	– “ –	– “ –
Ammonia nitrogen	– “ –	– “ –
Fluorides	– “ –	– “ –
Sulfate	– “ –	– “ –
Manganese	Atomic absorption spectrometry	Perkin Elmer 100 AA + graphite furnace HG 800
Iron	– “ –	– “ –
Free chlorine	DPD (N,N-diethyl-p-phenylenediamine)	Спектрофотометр Hach DR 2800
Fecal coliforms	Titration	–
Total coliforms	– “ –	–

Note. – “ – – ditto mark.

### Индекс качества воды

С целью получения полного представления о качестве анализируемой воды был рассчитан индекс качества воды (ИКВ), который отражает влияние нескольких комбинированных параметров на общее качество воды [17]. В данном исследовании был учтен подход, предложенный Al-Omran и др. [18], в котором вода без каких-либо расчетов классифицируется как непригодная для питья при наличии в ней бактерий группы кишечной палочки. Для расчета ИКВ учитывались предельно допустимые концентрации, установленные ВОЗ<sup>3</sup>. Как правило, ИКВ рассчитывается с использованием следующих уравнений:

$$W_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}; \quad (1)$$

$$q_i = \frac{C_i}{S_i} \times 100; \quad (2)$$

$$SI_i = W_i \times q_i; \quad (3)$$

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i, \quad (4)$$

где  $W_i$  – относительный вес (табл. 2);  $w_i$  – вес каждого параметра в соответствии с его относительной важностью для качества питьевой воды (минимальный вес 1 был присвоен параметрам низкой значимости, а 5 – параметрам высокой значимости);  $n$  – общее количество параметров;  $q_i$  – шкала оценки качества по каждому параметру;  $C_i$  – концентрация каждого параметра;  $S_i$  – нормативное значение питьевой воды по каждому параметру;  $SI_i$  – субиндекс качества воды  $i$ -го параметра;  $WQI$  – индекс качества воды (ИКВ).

<sup>3</sup> ВОЗ. Руководство по обеспечению качества питьевой воды. 4-е изд. 2017.

Таблица 2

## Относительный вес параметров качества воды [18; 19]

Параметр	Вес показателя, $w_i$	Относительный вес, $W_i$
pH	4	0,11
Мутность	3	0,08
Цветность	1	0,02
Электропроводность	3	0,08
Fe	2	0,05
NO <sub>3</sub>	5	0,14
NO <sub>2</sub>	5	0,14
SO <sub>4</sub>	4	0,11
Mn	2	0,05
F	3	0,08
Остаточный хлор	2	0,05

Table 2

## Relative weight for water quality parameters [18; 19]

Parameter	Weight, $w_i$	Relative weight, $W_i$
pH	4	0.11
Turbidity	3	0.08
Color	1	0.02
Electrical conductivity	3	0.08
Fe	2	0.05
NO <sub>3</sub>	5	0.14
NO <sub>2</sub>	5	0.14
SO <sub>4</sub>	4	0.11
Mn	2	0.05
F	3	0.08
Free chlorine	2	0.05

Рассчитанные значения ИКВ классифицируются по пяти категориям, как показано в табл. 3.

Таблица 3

## Классификация качества воды в зависимости от ИКВ

Значения ИКВ	Качественное состояние воды
0–25	Очень чистая
26–50	Чистая
51–75	Умеренно загрязненная
76–100	Грязная
> 100	Очень грязная

Table 3

## Water quality classification based on WQI value

WQI values	Water quality
0–25	Very clean
26–50	Clean
51–75	Moderately polluted
76–100	Polluted
> 100	Dirty

*Оценка риска для здоровья населения*

Оценка риска в отношении показателей, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, была проведена при помощи методологии, представленной в российских рекомендациях МР 2.1.4.0032-11<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Методические рекомендации МР 2.1.4.0032-11 «Интегральная оценка питьевой воды централизованных систем водоснабжения по показателям химической безвредности».

Влияние химических веществ на органолептические свойства воды может проявиться в изменении ее запаха, привкуса, окраски, мутности, а также в образовании поверхностной пленки или опалесценции. Принципиальное значение имеет взгляд на перечисленные показатели не как на физические свойства, а как на органолептические. Таким образом, ощущение изменений органолептических свойств воды, которое воспринято человеком, может учитываться при решении вопросов регламентации содержания вещества в воде.

В целом воздействие микроэлементов в воде на человека может происходить тремя основными путями: пероральным, ингаляционным и кожной абсорбции. В водной среде наиболее важными и распространенными путями воздействия являются пероральный и кожная абсорбция [19, 20], доза воздействия от двух упомянутых путей может быть рассчитана с использованием уравнений (5) и (6) согласно руководству по оценке рисков Агентства по охране окружающей среды США<sup>5</sup>:

$$ADD_{ing} = \frac{C_w * IR * EF * ED}{BW * AT}; \quad (5)$$

$$ADD_{der} = \frac{C_w * SA * K_p * ET * EF * ED * 10^{-3}}{BW * AT}, \quad (6)$$

где  $ADD_{ing}$  и  $ADD_{der}$  – средние суточные дозы воздействия при поступлении пероральным путем и кожной абсорбции, мг/кг/день, соответственно;  $C_w$  – средняя концентрация вещества в воде, мг/л;  $IR$  – скорость поступления потребляемой питьевой воды, л/день;  $EF$  – частота воздействия (дней/год);  $ED$  – продолжительность воздействия, год;  $SA$  – открытая площадь кожи, см<sup>2</sup>;  $K_p$  – коэффициент абсорбции, см/ч, – в этом исследовании 0,001 для F, Mn, Fe и NO<sub>3</sub> [19];  $ET$  – время экспозиции, ч/день;  $BW$  – масса тела (кг);  $AT$  – период усреднения экспозиции, дней. Значения, присвоенные вышеуказанным переменным, показаны в табл. 4 [21; 22].

Для характеристики неканцерогенного риска были использованы уравнения (7) и (8) [20]. Потенциальный неканцерогенный риск был оценен с помощью коэффициента опасности ( $HQ$ ). Индекс опасности ( $HI$ ) представляет собой общий неканцерогенный риск микроэлементов при всех путях воздействия (например, при поступлении пероральным путем и кожной абсорбции). Если  $HQ$  или  $HI < 1$ , неканцерогенный риск для здоровья низкий, но если  $HQ$  или  $HI > 1$ , следует учитывать неканцерогенные эффекты.

$$\text{Коэффициент опасности (HQ)} = \frac{ADD}{RfD}; \quad (7)$$

$$\text{Индекс опасности (HI)} = \sum_{i=1}^n (HQ_{ingestion} + HQ_{dermal}), \quad (8)$$

где  $ADD$  – средняя суточная доза при поступлении пероральным путем и кожной абсорбции, мг/кг/день;  $RfD$  – референтная доза, мг/кг/день.

<sup>5</sup> Агентство по охране окружающей среды США: руководство по оценке рисков для суперфонда, том. 1. (язык оригинала – английский).

Значения при расчете средней суточной дозы воздействия (ADD) при пероральном поступлении и абсорбции через кожу

Параметр	Взрослые	Дети
<i>IR</i> , л/день	2	0,64
<i>EF</i> , дней/год	350	350
<i>ED</i> , год	30	6
<i>BW</i> , кг	70	15
<i>AT</i> , дней	10950	2190
<i>SA</i> , см <sup>2</sup>	18000	6600
<i>ET</i> , ч/день	0,58	1

Table 4

Values in the calculation of average daily exposure dose through ingestion and dermal absorption

Parameter	Adults	Children
<i>IR</i> , L/day	2	0.64
<i>EF</i> , days/year	350	350
<i>ED</i> , year	30	6
<i>BW</i> , kg	70	15
<i>AT</i> , days	10950	2190
<i>SA</i> , cm <sup>2</sup>	18000	6600
<i>ET</i> , h/day	0.58	1

В этом исследовании авторами был учтен подход, предложенный Aghlmand и др. [19], в котором значения  $RfD_{ingestion}$  и  $RfD_{dermal}$  являются функцией характеристик исследуемой популяции. Следующие уравнения были использованы для расчета референтной дозы, поступающей пероральным путем ( $RfD_{ingestion}$ ) и референтной дозы при кожной абсорбции ( $RfD_{dermal}$ ).

$$RfD_{ingestion} = \frac{C_s}{W_m} * P_{ingestion}; \quad (9)$$

$$RfD_{dermal} = \frac{C_s}{W_m} * P_{dermal}, \quad (10)$$

где  $C_s$  – нормативное значение по каждому ингредиенту;  $W_m$  – средний вес человека;  $P_{ingestion}$  – общее потребление воды на душу населения для приготовления пищи и питья в Эквадоре;  $P_{dermal}$  – общее потребление воды на душу населения при купании, принятии ванн, стирке и уборке в Эквадоре. Среднее  $P_{ingestion}$  в Эквадоре составляет около 12 л/день, а среднее  $P_{dermal}$  – около 118 л/день [23]. В данном исследовании значение  $W_m$  бралось равным 40 кг.

#### Статистический анализ

Статистическое программное обеспечение IMB-SPSS применялось как для базового, так и расширенного статистического анализа.

### Результаты и обсуждение

Значения параметров качества сырой воды представлены в табл. 5.

При анализе полученных данных по воде до очистки были выявлены превышения мутности, железа, фекальных колиформ и общих колиформных бактерий (табл. 5).

Концентрации мутности колебались от 0,43 до 7,70 NTU при среднем значении  $3,45 \pm 0,08$  NTU. 26% проанализированных проб воды превышали

предельно допустимую концентрацию (5 NTU). Среднее значение цветности составило  $22,79 \pm 8,39$  Pt-Co и имело диапазон от 10 до 40 Pt-Co. 72% проб имели значения цветности выше допустимого (15 Pt-Co). Мутность можно интерпретировать как меру относительной прозрачности воды, которая, как правило, указывает на наличие частиц, не находящихся в истинном растворе, органических веществ и других мелких частиц. Высокие значения мутности могут быть связаны с такими гидроклиматическими условиями, как проливные дожди, которые регистрируются в этом районе из-за его тропического климата. Обильные осадки могут переносить из почвы песок, ил, глину и органические частицы в поверхностные воды. Изменение скорости течения реки также может повлиять на мутность. Увеличение скорости или изменение направления течения воды может привести к повторному ресуспендированию частиц осадка [24].

В результате повышенной мутности ухудшается не только внешний вид воды, но и бактериологическая загрязненность, поскольку высокие уровни мутности могут защищать микроорганизмы от действия обеззараживателей, стимулировать рост бактерий и обуславливать значительное хлорпотребление [25]. Кроме того, высокие содержания взвешенных веществ недопустимы по эстетическим соображениям и могут мешать проведению химических и биологических испытаний. Аналогичные значения мутности и взвешенных веществ были зарегистрированы в пробах воды в реках, расположенных вблизи района исследования, таких как река Миндо (мутность – 1,76 NTU; взвешенные вещества – 8,33 мг/л) и река Бланко (мутность – 1,23; взвешенные вещества – 6,67 мг/л) [9].

Таблица 5

Значения параметров качества воды, поступающей на станцию водоподготовки кантона Педро Висенте Мальдонадо в течение 2017–2019 гг.

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение	ВОЗ, 2017
Температура, °C	21,2	25,4	22,81	1,07	–
pH	6,90	7,70	7,15	0,16	6,5-8,5
Мутность, NTU	0,43	7,70	3,45	2,08	5
Цветность, Pt-Co	10,00	40,00	22,79	8,39	15
Взвешенные вещества, мг/л	1,00	27,00	11,05	8,17	–
Электропроводность, $\mu\text{S}/\text{cm}$	21,20	25,50	24,13	1,41	1000
$\text{NO}_3$ , мг/л	0,01	1,15	0,11	0,24	50
$\text{NO}_2$ , мг/л	0,004	0,950	0,090	0,240	3
$\text{NH}_3\text{-N}$ , мг/л	0,00	0,60	0,27	0,16	–
$\text{SO}_4$ , мг/л	1,00	107,00	19,94	21,52	250
F, мг/л	0,04	0,08	0,06	0,007	1,5
Mn, мг/л	0,004	0,070	0,032	0,014	0,4
Fe, мг/л	0,11	0,75	0,32	0,16	0,3
Колиформы фекальные, КОЕ/100 мл	4,00	23,00	11,47	4,80	0
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	4,00	32,00	15,77	6,47	0

**Water quality parameters values of influent of the water treatment plant in Pedro Vicente Maldonado canton in 2017–2019**

Parameter	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard deviation	WHO, 2017
Temperature, °C	21.2	25.4	22.81	1.07	–
pH	6.90	7.70	7.15	0.16	6.5-8.5
Turbidity, NTU	0.43	7.70	3.45	2.08	5
Color, Pt-Co	10.00	40.00	22.79	8.39	15
Suspended solids, mg/L	1.00	27.00	11.05	8.17	–
Electrical conductivity, $\mu$ S/cm	21.20	25.50	24.13	1.41	1000
NO <sub>3</sub> , mg/L	0.01	1.15	0.11	0.24	50
NO <sub>2</sub> , mg/L	0.004	0.950	0.090	0.240	3
NH <sub>3</sub> -N, mg/L	0.00	0.60	0.27	0.16	–
SO <sub>4</sub> , mg/L	1.00	107.00	19.94	21.52	250
F, mg/L	0.04	0.08	0.06	0.007	1.5
Mn, mg/L	0.004	0.070	0.032	0.014	0.4
Fe, mg/L	0.11	0.75	0.32	0.16	0.3
Fecal coliforms, CFU/100 ml	4.00	23.00	11.47	4.80	0
Total coliforms, CFU/100 ml	4.00	32.00	15.77	6.47	0

Диапазоны концентрации железа составляли от 0,11 до 0,75 мг/л при среднем значении  $0,32 \pm 0,16$  мг/л. 39% от общего количества отобранных проб воды показали концентрации выше рекомендуемого значения (0,3 мг/л). На исследуемой территории, за исключением малоактивной сельскохозяйственной и животноводческой деятельности, не ведется никакой другой важной антропогенной деятельности. Естественные процессы, такие как просачивание дождя через почву, камни и минералы, могут быть признаны потенциальными источниками загрязнения железом [26]. Исследование, проведенное для оценки качества воды водоисточника в районе эквадорской Амазонии, выявило высокие концентрации железа (до 0,4 мг/мл), связывая их с тропическими ферралитовыми почвами этого района [6]. В исследовании, проведенном в 2020 г. в провинции Пичинча – Эквадор, указано, что в нескольких реках провинции были обнаружены высокие концентрации алюминия и железа. Авторы пришли к выводу, что реки, расположенные вблизи вулканических районов, обычно содержат более высокие концентрации металлов [9]. Учитывая, что район исследования расположен в вулканической зоне и имеет тип почвы, характерный для тропических регионов, можно сделать вывод о том, что это может служить объяснением показателей железа, превышающих предельно допустимые значения.

Присутствие железа в воде не представляет потенциального риска для здоровья, однако может способствовать росту бактерий в системе водоснабжения, вызывая проблемы с засорением. Кроме того, некоторые эстетические проблемы с водой, такие как неприятный вкус, обесцвечивание, появление пятен и высокая мутность также связаны с присутствием железа в повышенных концентрациях [27].

Средняя концентрация фекальных колиформ, измеренная в пробах воды, составила  $11,47 \pm 4,8$  КОЕ/100 мл с диапазоном от 4 до 23 КОЕ/100 мл, в то время как диапазоны значений, измеренных для общих колиформных бактерий, варьировались от 4 до 32 КОЕ/100 мл, при средней концентрации  $15,77 \pm 6,47$  КОЕ/100 мл. Из 36 собранных проб в 100% концентрации фекальных колиформ и общих колиформных бактерий превышали гигиенические нормативы установленные ВОЗ (0 КОЕ/100 мл). Высокая микробная нагрузка в образцах, отобранных из сырой воды, соответствует результатам исследований, посвященных качеству воды водоисточников в нескольких сельских кантонах Эквадора, расположенных в тропических районах, таких как река Кукарача – кантон Санто-Доминго, река Каяпас – кантон Колон Элой Альфаро, река Конгуиме – кантон Пакиша [28–30]. Другое исследование, проведенное для мониторинга качества воды в реке Якауумби (основной источник питьевой воды в кантоне Якауумби), также показало, что 100 % проб воды были загрязнены фекальными колиформами [10]. Авторы указывают, что одной из причин высокой микробной нагрузки водоемов является увеличение сброса неочищенных сточных вод в сочетании с сельскохозяйственным и животноводческим стоками и плохой очисткой сточных вод в основном в сельских кантонах Эквадора.

Колиформы фекальные и общие колиформные бактерии являются индикатором наличия возбудителей в питьевой воде, и такая вода непригодна для питья. Если в пробе воды присутствует большое количество колиформных бактерий, существует высокая вероятность того, что в воде также будут присутствовать другие патогенные бактерии, вызывающие заболевания, передающиеся через воду, как это видно из проб воды из андских регионов провинции Пичинча [9].

Значения параметров очищенной воды представлены в табл. 6. При анализе полученных данных по воде после очистки были выявлены превышения железа и остаточного хлора.

Концентрация железа в среднем составляла  $0,2 \pm 0,1$  мг/л с диапазоном от 0,01 до 0,53 мг/л. 19% от общего количества проанализированных проб воды превышала установленный предел (0,3 мг/л). Максимальное значение железа (0,53 мг/л) превышало максимально допустимую концентрацию в 1,76 раза. Эти результаты близки к значениям, зарегистрированным в кантонах Эквадора, расположенных в тропических регионах, таких как Кеведо (0,83 мг/л), Санта-Лусия (0,74 мг/л), Бабахойо (0,6 мг/л), где на станциях водоподготовки используются традиционные способы очистки [31–33].

Во всех отобранных пробах по содержанию остаточного хлора было зарегистрировано значение 0,8 мг/л, что превышает допустимый предел от 0,2 до 0,5 мг/л. Однако данный ПДК остаточного хлора рекомендуется на месте использования, а не на выходе из станции водоподготовки. ВОЗ предлагает остаточную концентрацию свободного хлора более 0,5 мг/л после 30-минутного контакта при рН менее 8, в то время как в стандарте качества

питьевой воды Эквадора INEN 1108<sup>6</sup> указано, что допустимое значение остаточного хлора должно быть в пределах от 0,3 до 1,5 мг/л. Следует отметить, что микробная нагрузка сырой воды после обеззараживания существенно снизилась, поэтому исследуемая вода в микробиологическом отношении безопасна.

Таблица 6

**Значения параметров качества воды, выходящей  
со станции водоподготовки кантона Педро Висенте Мальдонадо в течение 2017-2019 гг.**

Параметр	Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Стандартное отклонение	ВОЗ, 2017
Температура, °C	21,2	25,3	22,80	1,07	–
pH	6,90	7,70	7,10	0,13	6,5-8,5
Мутность (NTU)	0,27	1,31	0,59	0,30	5
Цветность (Pt-Co)	2,50	10,00	5,50	1,65	15
Взвешенные вещества, мг/л	1,00	17,00	6,71	4,34	–
Электропроводность, µS/cm	21,10	25,30	24,06	1,27	1000
Остаточный хлор, мг/л	0,8	0,8	0,8	0,0	0,5
NO <sub>3</sub> , мг/л	0,02	0,50	0,05	0,07	50
NO <sub>2</sub> , мг/л	0,003	0,800	0,085	0,213	3
NH <sub>3</sub> -N, мг/л	0,02	0,40	0,15	0,09	–
SO <sub>4</sub> , мг/л	1,00	19,00	8,08	4,47	250
F, мг/л	0,04	0,06	0,05	0,005	1,5
Mn, мг/л	0,002	0,04	0,02	0,01	0,4
Fe, мг/л	0,01	0,53	0,20	0,10	0,3
Колиформы фекальные, КОЕ/100 мл	0	0	0	0	0
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100 мл	0	0	0	0	0

Table 6

**Water quality parameters values of effluent of the water treatment plant  
in Pedro Vicente Maldonado canton in 2017-2019**

Parameter	Minimum value	Maximum value	Mean value	Standard deviation	WHO, 2017
Temperature, °C	21.2	25.3	22.80	1.07	–
pH	6.90	7.70	7.10	0.13	6.5-8.5
Turbidity (NTU)	0.27	1.31	0.59	0.30	5
Color (Pt-Co)	2.50	10.00	5.50	1.65	15
Suspended solids, mg/L	1.00	17.00	6.71	4.34	–
Electrical conductivity, µS/cm	21.10	25.30	24.06	1.27	1000
Free chlorine, mg/L	0.8	0.8	0.8	0.0	0.5
NO <sub>3</sub> , mg/L	0.02	0.50	0.05	0.07	50
NO <sub>2</sub> , mg/L	0.003	0.800	0.085	0.213	3
NH <sub>3</sub> -N, mg/L	0.02	0.40	0.15	0.09	–
SO <sub>4</sub> , mg/L	1.00	19.00	8.08	4.47	250
F, mg/L	0.04	0.06	0.05	0.005	1.5
Mn, mg/L	0.002	0.04	0.02	0.01	0.4
Fe, mg/L	0.01	0.53	0.20	0.10	0.3
Fecal coliforms, CFU/100 mL	0	0	0	0	0
Total coliforms, CFU/100 mL	0	0	0	0	0

<sup>6</sup> Эквадорский институт по стандартизации 1108 «Питьевая вода. Требования» (язык оригинала – испанский).

### Индекс качества воды

При анализе ежемесячной динамики значений индекса качества воды было отмечено, что 100 % проб очищенной воды соответствовали категории «очень чистая» (1 класс). Среднее значение индекса качества воды для всех проб составило  $18,1 \pm 2,7$  с диапазоном от 12,1 до 26,2, что соответствует категории «очень чистая» (рис. 1).

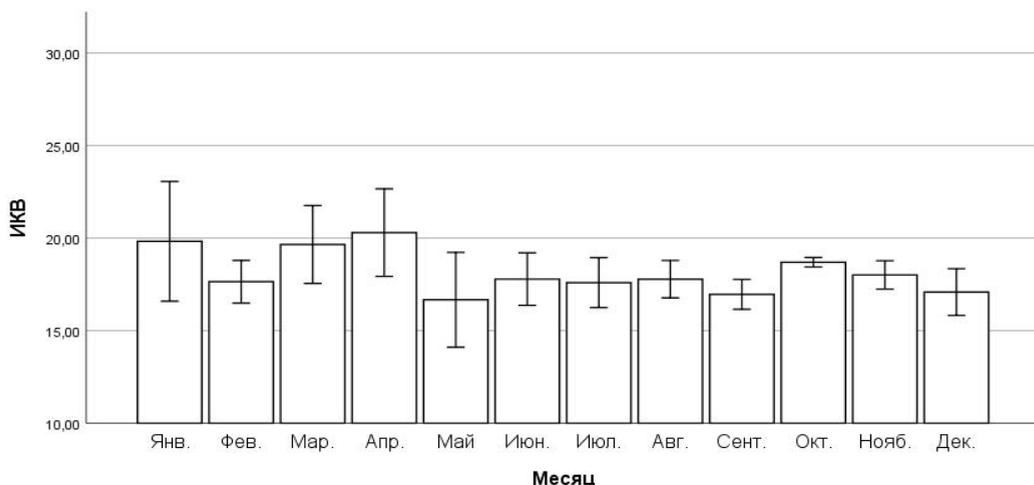


Рис. 1. Динамика изменения качества воды, выходящей со станции водоподготовки по индексу качества воды в 2019 г.

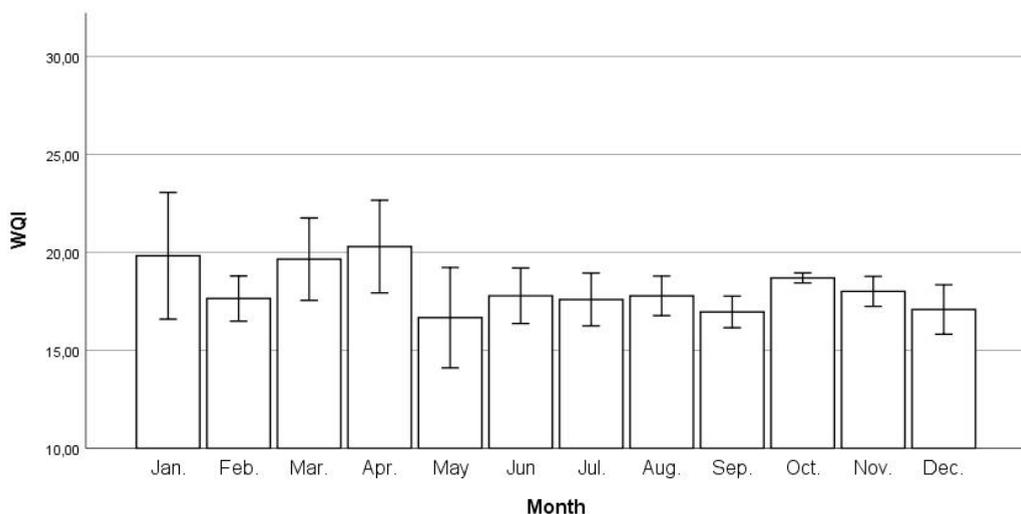


Figure 1. Dynamic change in water quality at effluent of the water treatment plant according to water quality index, 2019

В сухой сезон среднее значение индекса качества воды составило  $17,70 \pm 1,69$ , а в дождливый сезон значение индекса составило  $18,82 \pm 3,95$ . Эта небольшая разница, возможно, связана с динамикой качества сырой воды, поступающей на станцию водоподготовки, на которую в значительной степени влияет наличие или отсутствие поверхностного стока дождевых вод, связанного с увеличением взвешенных частиц, низкого уровня растворенного кислорода и переноса загрязняющих веществ [34, 35].

#### *Оценка риска для здоровья населения*

Результаты расчета риска для показателей и химических веществ, характеризующихся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия, представлены в табл. 7.

По данным табл. 7, риск рефлекторных реакций при потреблении исследуемой воды равен 0,005 (основной фактор оценки – железо). Согласно критериям оценки величины риска [36], риск немедленного действия в пределах до 0,02 в долях единицы является приемлемым уровнем риска, потому что в этом случае практически отсутствует рост заболеваемости населения, возникающей под влиянием анализируемого фактора, а состояние дискомфорта может проявляться лишь в единичных случаях у особо чувствительных людей.

Таблица 7

**Результаты оценки суммарного риска по показателям, характеризующимся ольфакторно-рефлекторным эффектом воздействия для питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо в 2019 г.**

Анализируемый критерий	Значение, мг/л	Prob	Риск
Цветность	5,50	-2,96	0,001
Мутность	0,59	-2,85	0,002
pH	7,10	-3,9	0,001
Fe	0,20	-2,58	0,005
Остаточный хлор	0,80	-2,90	0,002
Значение суммарного риска			0,005

Table 7

**Assessment results of the total risk according to indicators characterized by the olfactory-reflex effect of drinking water in Pedro Vicente Maldonado canton, 2019**

Criteria	Value, mg/L	Prob	Risk
Color	5.50	-2.96	0.001
Turbidity	0.59	-2.85	0.002
pH	7.10	-3.9	0.001
Fe	0.20	-2.58	0.005
Free chlorine	0.80	-2.90	0.002
Total risk value			0.005

В данном исследовании для оценки неканцерогенного риска использовали соответственно коэффициент опасности ( $HQ$ ) и индекс опасности ( $HI$ ). Параметрами, учитываемыми при расчете неканцерогенного риска, были нитраты, фториды, марганец и железо. Результаты коэффициента опасности и индекса опасности для оценки риска для здоровья неканцерогенных химических веществ приведены в табл. 8.

Результаты показывают, что значения индекса опасности (*HI*) для всех параметров, учитываемых при оценке риска для здоровья неканцерогенных химических веществ, ниже единицы, и, следовательно, существует небольшой риск, связанный с приемом пищи и абсорбцией через кожу в исследуемом районе как для взрослых так и детей.

Таблица 8

Референтная доза (RfD) (мг/кг/день), среднесуточная экспозиционная доза (ADD) (мг/кг/день), коэффициент опасности (HQ) и индекс опасности (HI) для оценки риска для здоровья неканцерогенных химических веществ

Параметр	RfD <sub>ing</sub>	RfD <sub>der</sub>	Взрослые					Дети				
			ADD <sub>ing</sub>	ADD <sub>derm</sub>	HQ <sub>ing</sub>	HQ <sub>der</sub>	HI	ADD <sub>ing</sub>	ADD <sub>der</sub>	HQ <sub>ing</sub>	HQ <sub>der</sub>	HI
NO <sub>3</sub>	15	147,50	0,0013	7,1×10 <sup>-6</sup>	9,1×10 <sup>-5</sup>	4,8×10 <sup>-8</sup>	9,1×10 <sup>-5</sup>	0,0020	2,1×10 <sup>-5</sup>	9,1×10 <sup>-3</sup>	1,4×10 <sup>-7</sup>	9,1×10 <sup>-5</sup>
F	0,45	4,42	0,0013	7,1×10 <sup>-6</sup>	3,0×10 <sup>-3</sup>	1,6×10 <sup>-6</sup>	3,0×10 <sup>-3</sup>	0,0020	2,1×10 <sup>-5</sup>	3,0×10 <sup>-3</sup>	4,7×10 <sup>-6</sup>	3,0×10 <sup>-3</sup>
Mn	0,12	1,18	0,0005	2,8×10 <sup>-6</sup>	4,5×10 <sup>-3</sup>	2,4×10 <sup>-6</sup>	4,5×10 <sup>-3</sup>	0,0008	8,4×10 <sup>-6</sup>	4,5×10 <sup>-3</sup>	7,1×10 <sup>-6</sup>	4,5×10 <sup>-3</sup>
Fe	0,09	0,88	0,0054	2,8×10 <sup>-5</sup>	6,0×10 <sup>-2</sup>	3,2×10 <sup>-5</sup>	6,0×10 <sup>-2</sup>	0,0081	8,4×10 <sup>-5</sup>	6,0×10 <sup>-2</sup>	9,5×10 <sup>-5</sup>	6,0×10 <sup>-2</sup>

Table 8

Reference dose (RfD) (mg/kg/day), average daily exposure dose (ADD) (mg/kg/day), hazard quotient (HQ), and hazard index (HI) for health risk assessment of non-carcinogenic chemical substances

Parameter	RfD <sub>ing</sub>	RfD <sub>der</sub>	Adults					Children				
			ADD <sub>ing</sub>	ADD <sub>derm</sub>	HQ <sub>ing</sub>	HQ <sub>der</sub>	HI	ADD <sub>ing</sub>	ADD <sub>der</sub>	HQ <sub>ing</sub>	HQ <sub>der</sub>	HI
NO <sub>3</sub>	15	147.50	0.0013	7.1×10 <sup>-6</sup>	9.1×10 <sup>-5</sup>	4.8×10 <sup>-8</sup>	9.1×10 <sup>-5</sup>	0.0020	2.1×10 <sup>-5</sup>	9.1×10 <sup>-3</sup>	1.4×10 <sup>-7</sup>	9.1×10 <sup>-5</sup>
F	0.45	4.42	0.0013	7.1×10 <sup>-6</sup>	3.0×10 <sup>-3</sup>	1.6×10 <sup>-6</sup>	3.0×10 <sup>-3</sup>	0.0020	2.1×10 <sup>-5</sup>	3.0×10 <sup>-3</sup>	4.7×10 <sup>-6</sup>	3.0×10 <sup>-3</sup>
Mn	0.12	1.18	0.0005	2.8×10 <sup>-6</sup>	4.5×10 <sup>-3</sup>	2.4×10 <sup>-6</sup>	4.5×10 <sup>-3</sup>	0.0008	8.4×10 <sup>-6</sup>	4.5×10 <sup>-3</sup>	7.1×10 <sup>-6</sup>	4.5×10 <sup>-3</sup>
Fe	0.09	0.88	0.0054	2.8×10 <sup>-5</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>	3.2×10 <sup>-5</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>	0.0081	8.4×10 <sup>-5</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>	9.5×10 <sup>-5</sup>	6.0×10 <sup>-2</sup>

Для правильного и эффективного управления качеством воды следует использовать широкий спектр методов. Другими словами, чтобы точно судить о качестве воды в районе, его необходимо оценивать с разных точек зрения, используя различные индексы. В этом смысле для будущих исследований, в дополнение к рассмотрению индекса качества воды, риска ольфакторно-рефлекторных эффектов и неканцерогенных рисков, рекомендуется оценивать другие риски, такие как канцерогенные риски, с целью расчета более сложных показателей, таких как риск хронического воздействия, который выражает вероятность развития патологии во времени и «неощутим» для населения при контакте с водой. Таким образом, при помощи данной информации можно сделать более точные выводы о качестве питьевой воды в кантоне Педро Висенте Мальдонадо.

## Заключение

Исходя из полученных результатов, было выяснено, что вода, поступающая на станцию водоподготовки в кантоне Педро Висенте Мальдонадо (Республика Эквадор), была микробиологически загрязнена, так как 100 % отобранных проб превышали предельное значение, рекомендованное ВОЗ, а 72, 39 и 26 % проб не соответствовали ПДК по цветности, железу и мутности соответственно. В ходе оценки качества воды, выходящей со станции водоподготовки, при помощи расчета ИКВ было выявлено, что качество воды

может быть охарактеризовано как «отличное». При оценке риска для здоровья населения было установлено, что неканцерогенные вещества имеют низкий риск как для взрослых, так и для детей, значение риска ольфакторно-рефлекторных эффектов является приемлемым.

### References / Список литературы

- [1] Progress on household drinking water, sanitation and hygiene: 2000-2017. Special focus on inequalities: New York, UNICEF and WHO; 2019. Available from: <https://www.unicef.org/media/55276/file/Progress%20on%20drinking%20water,%20sanitation%20and%20hygiene%202019%20.pdf> (accessed: 20.08.2021).
- [2] Gundry S, Wright J, Conroy R. A systematic review of the health outcomes related to household water quality in developing countries. *Journal of water and health*. 2004;2(1):1–13. <https://doi.org/10.2166/wh.2004.0001>
- [3] Hunter PR, Zmirou-Navier D, Hartemann P. Estimating the impact on health of poor reliability of drinking water interventions in developing countries. *Science of the total environment*. 2009;407(8):2621–2624. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.01.018>
- [4] Fedotov RV, Schukin SA, Stepanosyants AO, Chepkasova NI. Modern technologies of purification of natural waters of anthropogenous pollution. *Modern knowledge-intensive technologies*. 2016;9:452–456. (In Russ.)  
*Федотов Р.В., Щукин С.А., Степаносьянц А.О., Чепкасова Н.И.* Современные технологии очистки природных вод от антропогенных загрязнений // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 9. С. 452–456.
- [5] CEPAL. *Water statistics diagnosis in Ecuador*. 2012. Available from: <https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/archivos/download/Diagnostico%20de%20las%20Estadisticas%20del%20Agua%20Producto%20IIIc%202012-2.pdf> (accessed: 9.09.2019).
- [6] Maurice L, López F, Becerra S, Jamhoury H, Le Menach K, Dévier MH. Drinking water quality in areas impacted by oil activities in Ecuador: Associated health risks and social perception of human exposure. *Science of the total environment*. 2019;690:1203–1217. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.089>
- [7] Capparelli MV, Moulatlet GM, Abessa DM, Lucas-Solis O, Rosero B, Galarza E. An integrative approach to identify the impacts of multiple metal contamination sources on the Eastern Andean foothills of the Ecuadorian Amazonia. *Science of the total environment*. 2020;709:136088. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136088>
- [8] Tarras-Wahlberg NH, Flachier A, Fredriksson G, Lane S, Lundberg B, Sangfors O. Environmental impact of small-scale and artisanal gold mining in southern Ecuador. *AMBIO: A Journal of the Human Environment*, 2000;29(8):484–491. <https://doi.org/10.1579/0044-7447-29.8.484>
- [9] Borja-Serrano P, Ochoa-Herrera V, Maurice L, Morales G, Quilumbaqui C, Tejera E, Machado A. 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. *International journal of environmental research and public health*. 2020;17(14):5048. <https://doi.org/10.3390/ijerph17145048>
- [10] Villa-Achupallas M, Rosado D, Aguilar S, Galindo-Riaño MD. Water quality in the tropical Andes hotspot: The Yacuambi river (southeastern Ecuador). *Science of the total environment*. 2018;633:50–58. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.165>
- [11] Jerves-Cobo R, Lock K, Van Butsel J, Pauta G, Cisneros F, Nopens I. Biological impact assessment of sewage outfalls in the urbanized area of the Cuenca

- River basin (Ecuador) in two different seasons. *Limnologica*, 2018;71:8–28. <https://doi.org/10.1016/j.limno.2018.05.003>
- [12] García A. *Experiences Systematization of the 'Group pro Water Without Arsenic' in the Problem of Water Contamination with Arsenic in the Parish of Tumbaco*. [Dissertation]. Quito; 2012. Available from: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/3365> (accessed: 20.08.2021).
- [13] Cipriani-Avila I, Molinero J, Jara-Negrete E, Barrado M, Arcos C, Mafla S. Heavy metal assessment in drinking waters of Ecuador: Quito, Ibarra and Guayaquil. *Journal of Water and Health*. 2020;18(6):1050–1064. <https://doi.org/10.2166/wh.2020.093>
- [14] 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 in brief*. 2018; 18:111–123. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.03.007>
- [15] GAD Pedro Vicente Maldonado. *Territorial development and planning plan 2009-2017: Pedro Vicente Maldonado, Ecuador*. Available from: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1760009530001\\_PDyOT%20PVM\\_18-04-2015\\_13-49-05.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1760009530001_PDyOT%20PVM_18-04-2015_13-49-05.pdf) (accessed: 20.08.2021).
- [16] Holdridge LR, Grenke WC, Hatheway WH, Liang T. *Forest environments in tropical life zones: a pilot study*. Oxford: Pergamon Press; 1971.
- [17] Mikhaylichenko K, Kurbatova A, Dorontsova A, Paukova A. Assessment of Water Quality and State of Bottom Sediments of the Northern Part of the Rybinsk Reservoir by Emissions of the CherMK PAO “Severstal”. *Ecology and Industry of Russia*. 2019;23(10):39-43. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-10-39-43> (In Russ.)  
*Михайличенко К.Ю., Курбатова А.И., Доронцова А.Ю., Паукова А.А.* Оценка качества воды и состояния донных отложений северной части Рыбинского водохранилища выбросами ЧерМК ПАО «Северсталь» // Экология и промышленность России. 2019. Т. 23. № 10. С. 39–43. <https://doi.org/10.18412/1816-0395-2019-10-39-43>
- [18] Al-Omran A, Al-Barakah F, Altuquq A, Aly A, Nadeem M. Drinking water quality assessment and water quality index of Riyadh, Saudi Arabia. *Water Quality Research Journal of Canada*. 2015; (50)3:287–296. <https://doi.org/10.2166/wqrjc.2015.039>
- [19] Aghlmand R, Rasi Nezami S, Abbasi A. Evaluation of chemical parameters of urban drinking water quality along with health risk assessment: A case study of Ardabil province, Iran. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(10):5179. <https://doi.org/10.3390/ijerph18105179>
- [20] Alver A. Evaluation of conventional drinking water treatment plant efficiency according to water quality index and health risk assessment. *Environmental Science and Pollution Research*. 2019;26(26):27225–27238. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05801-y>
- [21] Wang J, Liu G, Liu H, Lam PKS. Multivariate statistical evaluation of dissolved trace elements and a water quality assessment in the middle reaches of Huaihe River, Anhui, China. *Science of the total environment*. 2017;583:421–431. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.088>
- [22] Liang B, Han G, Liu M, Yang K, Li X, Liu J. Distribution, sources, and water quality assessment of dissolved heavy metals in the Jiulongjiang river water, southeast China. *International journal of environmental research and public health*. 2018;15(12):2752. <https://doi.org/10.3390/ijerph15122752>
- [23] Martínez Moscoso A, Aguilar Feijó VG, Verdugo Silva T. The vital minimum amount of drinking water required in Ecuador. *Resources*. 2018;7(1):15. <https://doi.org/10.3390/resources7010015>
- [24] Wang S, Qian X, Han BP, Luo LC, Ye R, Xiong W. Effects of different operational modes on the flood-induced turbidity current of a canyon-shaped reservoir: case study

- on Liuxihe Reservoir, South China. *Hydrological Processes*. 2013;27(26):4004–4016. <https://doi.org/10.1002/hyp.9534>
- [25] Gorjaeva LI, Lebedeva EL. Development of certified reference material of mineral composition of natural water designed to control of turbidity measurement accuracy. *Measurement Standards. Reference Materials*. 2017;13(1):27–36. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2017-13-1-27-36> (In Russ.)  
*Горяева Л.И., Лебедева Е.Л.* Разработка стандартного образца минерального состава воды природной, предназначенного для контроля точности измерений мутности // Эталоны. Стандартные образцы. 2017. Т. 13. № 1. С. 27–36. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2017-13-1-27-36>
- [26] Khatri N, Tyagi S, Rawtani D. Recent strategies for the removal of iron from water: A review. *Journal of Water Process Engineering*. 2017;19:291–304. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.08.015>
- [27] Beimeng QI, Chongwei C, Yixing Y. Effects of iron bacteria on cast iron pipe corrosion and water quality in water distribution systems. *International Journal of Electrochemical Science*. 2015;10:545–558.
- [28] Osorio-Ortega MA, García-González J, Saquicela-Rojas RA, Cadme ML. Water quality index determination in rivers of Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador. *Ingeniería del agua*; 2021;25(2):115–126. <https://doi.org/10.4995/ia.2021.13921>
- [29] Levy K, Hubbard AE, Nelson KL, Eisenberg JN. Drivers of water quality variability in northern coastal Ecuador. *Environmental science & technology*. 2009;43(6):1788–1797. <https://doi.org/10.1021/es8022545>
- [30] Merizalde MVG, Flores SAB, Erazo CC, Murillo DES. Prevalence of Geohelminths and socio-environmental factors in urban and rural areas, canton Paquisha, Ecuador. *CEDAMAZ*. 2014;4(1).
- [31] Baque-Mite R, Simba-Ochoa L, González-Ozorio B, Suatunce P, Diaz-Ocampo E, Cadme-Arevalo L. Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador. *Revista Ciencia UNEMI*. 2016;9(20):109–117.
- [32] Flores Paredes RS. *Drinking water quality of the Santa Lucía Canton, Guayas Province, Guayaquil-Ecuador* (Dissertation). Guayaquil; 2014. Available from: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8006>
- [33] Crespo JM, Alvarez JR, Bajana FV. Evaluation of the potable water system of the “Cabecera Parroquial Caracol” and proposal of improvements. *Revista Ciencia e Investigación*. 2018;3:50–61. <https://doi.org/10.26910/issn.2528-8083vol3issICCE2018.2018pp61-75p>
- [34] Li D, Wan J, Ma Y, Wang Y, Huang M, Chen Y. Stormwater runoff pollutant loading distributions and their correlation with rainfall and catchment characteristics in a rapidly industrialized city. *PloS one*. 2015;10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118776>
- [35] Delpla I, Baurès E, Jung AV, Thomas O. Impacts of rainfall events on runoff water quality in an agricultural environment in temperate areas. *Science of the total environment*. 2011;409(9):1683–1688. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.01.033>
- [36] Kicelev AV, Fridman RB. *Oценка риска здоровью [Health risk assessment]*. St. Petersburg: Deyta; 1997. (In Russ.)  
*Киселев А.В., Фридман К.Б.* Оценка риска здоровью. СПб.: Дeyта; 1997. 101 с.

### Сведения об авторах:

Саласар Флорес Кристиан Александр, аспирант, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-6927-7863. E-mail: cristian\_salazarf@hotmail.com

*Курбатова Анна Игоревна*, кандидат биологических наук, доцент, Институт экологии, Международный институт стратегического развития отраслевых экономик, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0002-7763-5034. E-mail: kurbatova-ai@rudn.ru

*Михайличенко Ксения Юрьевна*, кандидат биологических наук, доцент, Институт экологии, Российский университет дружбы народов, Российская Федерация, 117198, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6. ORCID: 0000-0001-8051-8528. E-mail: mikhaylichenko-kyu@rudn.ru

### **Bio notes:**

*Cristian A. Salazar Flores*, PhD student, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-6927-7863. E-mail: cristian\_salazarf@hotmail.com

*Anna I. Kurbatova*, PhD in Environmental Sciences, Associate Professor, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0002-7763-5034. E-mail: kurbatova-ai@rudn.ru

*Kseniya Yu. Mikhaylichenko*, PhD in Environmental Sciences, Associate Professor, Institute of Environmental Engineering, Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), 6 Miklukho-Maklaya St, Moscow, 117198, Russian Federation. ORCID: 0000-0001-8051-8528. E-mail: mikhaylichenko-kyu@rudn.ru