ЭКОЛОГИЯ/ECOLOGY

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44

МУТНОСТЬ КАК ОСНОВНОЙ ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ ИЗ ПОВЕРХНОСТНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Научная статья

Парреньо К.[1,] *, Саласар Флорес К.[2], Слабоспицкая А.С.[3], Адарченко И.А.[4]
[2] ORCID : 0000-0002-6927-7863;
[1] Технологический институт Сукре, Кито, Эквадор
[2, 3, 4] Российский университет дружбы народов, Москва, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (cparreno[at]tecnologicosucre.edu.ec)

Аннотация

Мутность оценивалась как индикаторный параметр процесса очистки питьевой воды на муниципальной станции кантона Педро Висенте Мальдонадо (Республика Эквадор) путем определения уровня корреляции между мутностью и физико-химическими и микробиологическими параметрами в период с 2018 по 2019 год. Путем отбора проб воды на входе и выходе из станции очистки питьевой воды были определены параметры качества воды и рассчитаны коэффициенты линейной корреляции Спирмена между ними. Было установлено, что мутность имеет значительную положительную линейную корреляцию с фекальными колиформами (r=0,6), цветностью (r=0,6) и общим количеством взвешенных веществ (r=0,7). Эти корреляции позволяют предположить, что исследуемая станция очистки воды Педро Висенте Мальдонадо может рассмотреть возможность использования значения мутности в качестве индикатора фекальных колиформных бактерий, общего количества взвешенных веществ и цветности, а также разработать механизм использования значений мутности в качестве инструмента для управления отбором поверхностных вод в городские резервуары питьевой воды.

Ключевые слова: мутность, качество питьевой воды, поверхностный водоисточник, Республика Эквадор.

TURBIDITY AS A PRIMARY INDICATOR OF WATER QUALITY FROM SURFACE WATER SOURCES

Research article

Parreño C.[1,] *, Salazar Flores C.[2], Slabospitskaya A.S.[3], Adarchenko I.A.[4]
[2] ORCID : 0000-0002-6927-7863;
[1] Instituto Superior Universitario Sucre, Quito, Ecuador
[2, 3, 4] Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russian Federation

* Corresponding author (cparreno[at]tecnologicosucre.edu.ec)

Abstract

Turbidity was evaluated as an indicator parameter of the drinking water treatment process in the municipal station of the canton of Pedro Vicente Maldonado (Republic of Ecuador) by determining the level of correlation between turbidity and physico-chemical and microbiological parameters between 2018 and 2019. By taking water samples at the inlet and outlet of the drinking water treatment plant, water quality parameters were determined, and Spearman linear correlation coefficients were calculated between them. Turbidity was found to have a significant positive linear correlation with faecal coliforms (r=0.6), colour (r=0.6) and total suspended solids (r=0.7). These correlations suggest that the studied Pedro Vicente Maldonado Water Treatment Plant could consider using turbidity values as an indicator of faecal coliform bacteria, total suspended solids and chromaticity, and develop a mechanism to use turbidity values as a tool to manage surface water withdrawals to municipal drinking water reservoirs.

Keywords: turbidity, drinking water quality, surface water source, Republic of Ecuador.

Введение

Согласно докладу Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), опубликованному в конце XX века, диарея, вызванная плохим качеством питьевой воды, является одной из ведущих причин смертности в мире [1]. По данным Организации Объединенных Наций (ООН), ежегодно около 1,8 млн. человек умирают от различных диарейных заболеваний, которые можно предотвратить при надлежащем контроле качества питьевой воды [2].

Мутность – это показатель прозрачности воды. Она обусловлена наличием в воде взвешенных частиц, таких как глина, ил, песок и водоросли [3]. Мутность может препятствовать дезинфекции. Когда вода мутная, дезинфицирующим средствам сложнее уничтожить вредные бактерии и вирусы. Это может повысить риск возникновения заболеваний, передающихся через воду [3], [4]. В 2010 г. ученые Gregory M. и Meyer M. продемонстрировали на различных водосборах бассейна реки Верхний Пекос, что мутность является эффективным индикатором общего количества взвешенных веществ, кишечной палочки и энтерококков [4]. Мутность может затруднить обнаружение загрязняющих веществ в воде. Это затрудняет обнаружение и удаление вредных загрязняющих веществ из питьевой воды. В 2004 году в Аргентине, в городе Консепсьон-дель-Уругвай, группа ученых под руководством профессора Леандро Марко доказала важность мутности как основного показателя качества питьевой воды из поверхностных источников. Энтре-Риос – провинция, в которой протекает ряд крупных рек, включая реки Парана и Уругвай. Эти реки имеют важное значение для транспорта, ирригации и питьевого водоснабжения [5].

Основной целью данного исследования являлся анализ мутности как индикаторного параметра качества воды, поступающей на очистные сооружения кантона Педро Висенте Мальдонадо (Республика Эквадор), в физико-химическом и микробиологическом аспектах.

Методы и принципы исследования

Исследование проводилось на северо-западе Эквадора в кантоне Педро Висенте Мальдонадо. Кантон расположен у западного подножия Андских гор, в гидрографическом суббассейне реки Гуайллабамба. Данная местность, расположенная на высоте от 250 до 1 800 метров над уровнем моря, относится к экосистеме облачных лесов (влажных субтропических и влажных тропических) со средней температурой от 16° до 25°C и относительной влажностью более 70%. В кантоне имеется только одна станция очистки питьевой воды, которая в основном поступает из реки горного происхождения, называемой Талала. Для дезинфекции на станции используется жидкий хлор (гипохлорит натрия). Полиалюминий хлорид используется в установках коагуляции и флокуляции.

Мониторинговые пробы воды отбирались с января 2018 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 24 проб сырой и 24 проб очищенной воды. Сбор и хранение проб воды для анализа физико-химических параметров осуществлялись в соответствии с эквадорским стандартом I NEN-ISO 56671. Анализ микробиологических параметров производился согласно рекомендациям, установленным в стандарте Эквадора INEN-ISO19458. Анализируемые показатели проб воды и средства измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Показатели качества воды и средства измерений

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44.1

Параметр	Средства измерений
Мутность	Турбидиметр Hach 2100Q
pH	pH-метр Hach PH Basic 20
Электропроводность	Кондуктометр Hach HQ14D
Общее количество взвешенных твердых частиц	Гравиметрия*
Цветность	Спектрофотометр Hach DR2800
Нитраты (NO_3)	Спектрофотометр Hach DR2800
Сульфаты (SO_4)	Спектрофотометр Hach DR2800
Марганец (Mn)	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800
Железо (Fe)	Perkin Elmer 100 AA + графитовая печь HG 800
Колиформы фекальные	Титрование*
Общие колиформные бактерии	Титрование*

*Примечание: * Метод измерения*

Корреляционный анализ – это предварительный описательный метод, позволяющий оценить степень связи между несколькими переменными, участвующими в исследовании. В работе была рассчитана корреляционная матрица, которая показывает степень линейной связи между любыми двумя параметрами и измеряется степенью корреляции в виде коэффициента (r). Значение R используется для выявления высококоррелированных и взаимосвязанных параметров, которые могут оказывать влияние на качество воды в данном районе. Значение r, колеблющееся от -1 до +1, r = +1 или близко к 1, указывает на сильнейшую положительную линейную корреляцию между двумя сравниваемыми параметрами, а r = -1 или близко к -1 выявляет сильнейшую отрицательную линейную корреляцию.

Основные результаты и обсуждение

Значения среднемесячных концентраций мутности в пробах воды до и после очистки показаны на рис. 1.

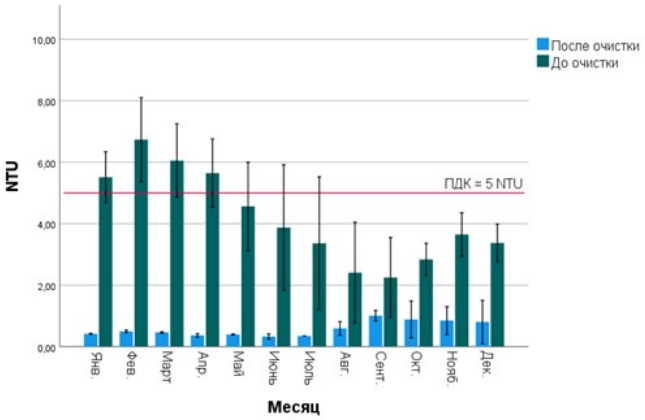

Рисунок 1 - Среднемесячные концентрации мутности в течение 2018-2019 гг.
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44.2

Концентрация мутности в пробах воды, поступающих на очистные сооружения, варьировалась от 2,4 до 6,7 нефелометрических единиц мутности (NTU), при этом средняя концентрация составила 4,1 NTU (рис. 1). Самые высокие концентрации были зафиксированы в период с января по апрель. В январе средняя концентрация мутности превышала в 1,1 раз максимально допустимую концентрацию в сравнении с эквадорским стандартом питьевой воды (5 NTU) (Стандарт Эквадора INEN 1108), а в феврале, марте и апреле значения превышали допустимую концентрацию в 1,3, 1,2 и 1,1 раза. В эти месяцы в кантоне Педро Висенте Мальдонадо наблюдается сезон дождей [6], поэтому высокие концентрации мутности можно объяснить постоянными осадками. Предыдущие исследования показали корреляцию между мутностью и осадками [7], [8] и мутностью и стоком [7]. Периоды с высокой мутностью обычно связаны с влажным сезоном, когда поверхностный сток переносит осадки с почвы в реку и когда поток воды обычно выше и более турбулентен, что не позволяет частицам оседать на дне реки (Maillard and Pinheiro Santos, 2008) [9].

Согласно рисунку 1, все средние концентрации мутности в пробах воды после очистки соответствуют требованиям к концентрации для питьевой воды в соответствии со стандартами Эквадора.

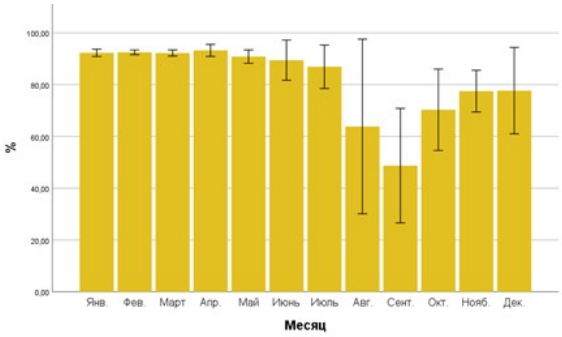

Рисунок 2 - Динамика эффективности снижения мутности
DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44.3

Процент снижения мутности превышает 70% во все исследуемые месяцы, за исключением сентября, где процент снижения составил около 50% (рис. 2). Этот месяц характеризуется малым количеством осадков в кантоне Педро Висенте Мальдонадо [6], поэтому в этот период на станции проводились профилактические работы, ввиду отсутствия дождей, которые, возможно, повлияли на процесс очистки питьевой воды.

В таблице 2 представлены значения коэффициентов линейной корреляции Спирмена, полученные за анализируемый период.

Таблица 2 - Корреляционная матрица Спирмена

DOI: https://doi.org/10.23670/IRJ.2024.141.44.4

Параметр	Мутность	Цвет	pH	Электропроводность	ОКВТЧ	SO_4	Mn	NO_3	Fe	КФ	ОКБ
Мутность	1										

Параметр	Мутность	Цвет	pH	Электропроводность	ОКВТЧ	SO_4	Mn	NO_3	Fe	КФ	ОКБ
Цвет	**0,6**	1									
pH	**-0,5**	-0,2	1								
Электропроводность	**0,4**	**0,50**	**-0,4**	1							
ОКВТЧ	**0,7**	**0,72**	-0,1	0,2	1						
SO_4	**-0,3**	-0,04	0,3	**-0,3**	0,3	1					
Mn	**0,4**	-0,04	-0,1	0,1	-0,01	-0,7	1				
NO_3	**0,4**	**0,40**	-0,2	0,2	**0,4**	0,1	0,02	1			
Fe	**0,3**	0,10	**-0,4**	0,1	0,2	-0,1	0,03	**0,48**	1		
КФ	**0,6**	0,07	**-0,6**	0,3	0,06	-0,2	0,2	0,3	0,3	1	
ОКБ	0,1	-0,10	-0,3	-0,08	-0,07	-0,08	0,08	**0,3**	**0,6**	**0,7**	1

Примечание: ОКВТЧ: Общее количество взвешенных твердых частиц; КФ: Колиформы фекальные; ОКБ: Общие колиформные бактерии. Значимые корреляции на уровне 0,05 выделены жирным шрифтом

Согласно значениям, приведенным в таблице 2, видно, что мутность имеет статистически значимые корреляции ($p < 0,05$) с цветом, pH, электропроводностью, общим количеством взвешенных веществ, сульфатами, нитратами, марганцем, железом и фекальными колиформами. Такие параметры, как общее количество взвешенных веществ ($r = 0,7$), цвет ($r = 0,6$) и фекальные колиформы ($r = 0,6$), показали сильную положительную корреляцию с мутностью.

Значительные корреляции между мутностью и общим количеством взвешенных веществ, а также разумные корреляции между мутностью и бактериями в воде были получены Huey и Meyer при относительно низких NTU [10]. Следует отметить, что при очень высоких нагрузках взвешенных частиц (несколько г/л) линейные зависимости уже не работают. Например, Grayson и др. сообщают о различных корреляциях для общего количества взвешенных веществ выше и ниже 1 г/л [11], а Gentile и др. фактически сообщают о снижении мутности во время паводков, когда нагрузка взвешенных частиц приближается к 100 г/л и выше из-за эффекта «ослепления» мутномера [12].

Мутность и общее количество взвешенных твердых частиц относятся к частицам, присутствующим в толще воды. Мутность и прозрачность воды – это визуальные свойства воды, основанные на рассеянии и ослаблении света. Все три параметра связаны с частицами в толще воды, прямо или косвенно. Известно, что на соотношение между общим количеством взвешенных частиц и мутностью влияют плотность, размер и форма частиц, а также цвет воды [7].

Мутность определяется по количеству света, рассеянного этими частицами. Хотя это измерение может быть использовано для оценки общей концентрации растворенных твердых веществ, оно не будет точным. Мутность не включает осевшие твердые частицы или донную нагрузку. Кроме того, на измерения мутности может повлиять окрашенное растворенное органическое вещество. Хотя это растворенное вещество не включается в измерения общего количества взвешенных частиц, оно может вызвать искусственно заниженные показания мутности, поскольку поглощает свет, а не рассеивает его. С другой стороны, общее количество взвешенных твердых веществ – это измерение общего количества твердого материала в объеме воды [3], [5]. Это означает, что общее количество взвешенных твердых частиц – есть конкретное измерение всех взвешенных твердых частиц (органических и неорганических) по массе. Общее количество взвешенных твердых веществ включает оседающие твердые вещества и является прямым измерением общего количества твердых веществ, присутствующих в водоеме [3]. Таким образом, общее количество взвешенных твердых частиц можно использовать для расчета скорости седиментации, в то время как мутность – нет [13]. Однако некоторые авторы отмечают, что если между общим количеством взвешенных твердых частиц и мутностью установлена хорошая корреляция, то мутность может служить косвенным показателем концентрации взвешенных твердых частиц и загрязняющих веществ в выбранном бассейне [10], [13], [14].

Коэффициент линейной корреляции между мутностью и фекальными колиформами, полученный в данном исследовании, схож с данными, полученными в исследованиях, проведенных на станциях очистки питьевой воды, расположенных в тропических экосистемах, таких как Богота, Колумбия (r=0, 6) [15], Монтерия, Колумбия (r=0,7) [14], Валье де лос Чиллос, Эквадор (r=0,6) [16], и ниже, чем на водоочистной станции в городе Консепсьон, Уругвай (r=0,98) [5]. Это подтверждает данные Jung A. и др., которые рекомендовали использовать мутность в качестве косвенного качественного показателя риска микробиологического загрязнения воды, взятой из поверхностных источников [17].

Несмотря на недостаточную чувствительность (отсутствует прямая зависимость между плотностью патогенов в воде и мутностью), выбор этого параметра важен, поскольку: (i) взвешенные частицы являются безопасной и

благоприятной средой для патогенов и местом защиты от дезинфицирующих средств; (ii) мутность снижает эффективность процессов дезинфекции из-за наличия окисляемых сопутствующих органических веществ; (iii) мутность в водной сети создает осаждение частиц и способствует росту биопленок с потенциальным присутствием патогенов (*Legionella*, *Pseudomonas*, *Aeromonas*, *Mycobacterium* и др.) [18]. В течение 10 лет интерес к использованию мутности для непрерывного мониторинга качества сточных вод был широко продемонстрирован [19], [20]. В постоянных условиях соблюдение строгих процедур позволяет получать точные и надежные данные о мутности как в лаборатории, так и на месте [19], с высокой частотой регистрации (с точностью до минуты).

Некоторые авторы пытались установить корреляцию между мутностью и такими параметрами, как уровень воды, скорость течения или интенсивность дождя [21], [22], но безуспешно, за исключением случая, когда явление разбавления происходит после короткого сухого периода перед дождем [23].

Page и др. попытались соотнести непрерывные физико-химические измерения (температура, электропроводность, мутность, спектральный коэффициент поглощения (СКП) и плотность частиц) с количеством фекальных индикаторных бактерий, таких как *Escherichia coli* и *Enterococcus sp*., отобранных в водной среде. Индивидуального прокси-индикатора бактериального загрязнения обнаружено не было. Однако по электропроводности, температуре и показателям СКП можно судить о том, насколько полно просачиваются речные воды [24].

Заключение

На основании полученных результатов было установлено, что работа станции очистки питьевой воды Педро Висенте Мальдонадо является эффективной с точки зрения достижения рекомендуемых значений мутности очищенной воды. Выявлено, что существует средняя или сильная положительная линейная корреляция между мутностью и следующими параметрами: фекальными колиформами (r = 0,6), цветностью (r = 0,6) и общим количеством взвешенных веществ (0,7). Эти параметры могут рассматриваться как индикаторы при оперативной оценке водоочистных сооружений с характеристиками, аналогичными исследуемым. То есть для очистного потока 300 л/с, полихлорида алюминия в качестве коагулянта, модуля осветления для флокуляции и седиментации и восходящих песчаных фильтров. В среднем эффективность удаления мутности на станции водоподготовки составила 81,2%. В целом, очищенная вода соответствует эквадорским стандартам питьевой воды. Обнаруженная корреляция между мутностью и фекальными колиформами позволяет использовать мутность в качестве косвенного качественного показателя риска микробиологического загрязнения воды, взятой из поверхностных источников.

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. World Health Organization WHO. Water Quality And Health-Review Of Turbidity: Information for regulators and water suppliers / WHO. World Health Organization. — Usa: WHO, 2017. — 180 p.
2. United Nation UNO. Water in a Changing World / UNO. United Nation. — Usa: UN, 2009. — 65 p.
3. Tomperi J. Functionality of Turbidity Measurement under Changing Water Quality and Environmental Conditions. / J. Tomperi, A. Isokangas, T. Tuuttila et al. // Environmental Technology. — 2022. — 7.
4. Gregory H. Turbidity as an Indicator of Water Quality in Diverse Watersheds of the Upper Pecos River Basin. / H. Gregory, M. Meyer // Water. — 2010. — 2.
5. Marcó L. Turbidity as a Basic Quality Factor of Drinking Water from Surface Sources. Proposals from Distribution and Treatment System Studies in the City of Concepción del Uruguay (Entre Rios, Argentina). / L. Marcó, R. Azario, C. Metzler et al. // Hig. Sanid. Ambient. — 2004. — 4.
6. Gobierno de la provincia de Pichincha GAD. Estudio de vulnerabilidad y plan de adaptación del cantón Pedro Vicente Maldonado / GAD. Gobierno de la provincia de Pichincha. — 2019 — URL: http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/diseno_paginas/archivos/Estudio%20Vulnerabilidad%20Pedro%20Vicente%20Maldonado.pdf (acceso: 03.01.2024)
7. Hamilton J.L. Precipitation, Pathogens, and Turbidity Trends in the Little River, Tennessee. / J.L. Hamilton, I. Luffman // Phys. Geogr.. — 2009. — 30.
8. Lopez-Tarazon J.A. Suspended Sediment Transport in a Highly Erodible Catchment: The River Isabena (Southern Pyrenees). / J.A. Lopez-Tarazon, R.J. Batalla, D. Vericat et al. // Geomorphology. — 2009. — 109.
9. Maillard P. A Spatial-statistical Approach for Modeling the Effect of Non-point Source Pollution on Different Water Quality Parameters in the Velhas Rver Watershed – Brazil. / P. Maillard, N.A. Pinheiro Santos // J. Environ. Manage. — 2008. — 86.
10. Huey G. Turbidity as an Indicator of Water Quality in Diverse Watersheds of the Upper Pecos River Basin. / G. Huey, M. Meyer // Water. — 2010. — 2.
11. Grayson R. The Potential of Field Turbidity Measurements for the Computation of Total Phosphorus and Suspended Solids Loads. / R. Grayson, B. Finlayson, C. Gippel et al. // J Environ Manag. — 1996. — 47.

12. Gentile F. Monitoring and Analysis of Suspended Sediment Transport Dynamics in the Carapelle Torrent (Southern Italy). / F. Gentile, T. Bisantino, R. Corbino et al. // Catena. — 2010. — 80.
13. Boyd C. Suspended Solids, Color, Turbidity, and Light. / C. Boyd // Water Quality. — 2020. — 3.
14. Martínez-Orjuela M. Evaluation of Turbidity as a Parameter Indicator of Treatment in a Drinking Water Treatment Plant. / M. Martínez-Orjuela, J. Mendoza-Coronado, B. Medrano-Solís et al. // UIS Ingenierías. — 2019. — 19.
15. Lopez A. Evaluación De La Calidad Del Agua En La Planta Potabilizadora El Dorado (Bogotá D.C.) A Través Del Análisis Estadístico De Series De Tiempo / A. Lopez, E. Redondo // Universidad Distrital Francisco José De Caldas. — 2016. — 9.
16. Hinojoza N. Evaluación de la calidad del agua del río San Pedro, sector Valle de los Vhillos, mediante el índice de calidad de agua (ICA-NSF) / N. Hinojoza // UCE. — 2019. — 9.
17. Jung A. Microbial Contamination Detection in Water Resources: Interest of Current Optical Methods, Trends and Needs in the Context of Climate Change. / A. Jung, P. Le Cann, B. Roig et al. // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2014. — 11.
18. Beaudeau P. Health Risks Associated with Drinking Water in a Context of Climate Change in France: A review of surveillance requirements. / P. Beaudeau, M. Pascal, D. Mouly et al. // J. Water Clim. Change. — 2011. — 2.
19. Kitchener B. A Review of the Principles of Turbidity Measurement. / B. Kitchener, J. Wainwright, A. Parsons // Progress in Physical Geography. — 2017. — 5.
20. Muoio R. Water Safety Plans and Risk Assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. / R. Muoio, C. Caretti, L. Rossi et al. // International Journal of Hygiene and Environmental Health. — 2020. — 223.
21. Henckens G. On Monitoring of Turbidity in Sewers. Global Solutions for Urban Drainage. / G. Henckens, R. Veldkamp, T. Schuit // Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Drainage (9ICUD). — 2002. — 9.
22. Langeveld J. Suspended Solids Transport: An Analysis Based on Turbidity Measurements and Event Based Fully Calibrated Hydrodynamic Models. / J. Langeveld, R. Veldkamp, F. Clemens // Water Sci. Technol. — 2005. — 52.
23. Grüning H. Investigations of the Dynamic Behaviour of the Composition of Combined Sewage Using On-line Analyzers. / H. Grüning, H. Orth // Water Sci. Technol. — 2002. — 45.
24. Page R. Faecal Indicator Bacteria: Groundwater Dynamics and Transport Following Precipitation and River Water Infiltration. / R. Page, S. Scheidler, E. Polat et al. // Water Air Soil Pollut. — 2012. — 223.

Список литературы на английском языке / References in English

1. World Health Organization WHO. Water Quality And Health-Review Of Turbidity: Information for regulators and water suppliers / WHO. World Health Organization. — Usa: WHO, 2017. — 180 p.
2. United Nation UNO. Water in a Changing World / UNO. United Nation. — Usa: UN, 2009. — 65 p.
3. Tomperi J. Functionality of Turbidity Measurement under Changing Water Quality and Environmental Conditions. / J. Tomperi, A. Isokangas, T. Tuuttila et al. // Environmental Technology. — 2022. — 7.
4. Gregory H. Turbidity as an Indicator of Water Quality in Diverse Watersheds of the Upper Pecos River Basin. / H. Gregory, M. Meyer // Water. — 2010. — 2.
5. Marcó L. Turbidity as a Basic Quality Factor of Drinking Water from Surface Sources. Proposals from Distribution and Treatment System Studies in the City of Concepción del Uruguay (Entre Rios, Argentina). / L. Marcó, R. Azario, C. Metzler et al. // Hig. Sanid. Ambient. — 2004. — 4.
6. Gobierno de la provincia de Pichincha GAD. Estudio de vulnerabilidad y plan de adaptación del cantón Pedro Vicente Maldonado [Government of the province of Pichincha GAD. Vulnerability study and adaptation plan for the canton of Pedro Vicente Maldonado] / GAD. Gobierno de la provincia de Pichincha [GAD. Government of the province of Pichincha]. — 2019 — URL: http://sitp.pichincha.gob.ec/repositorio/diseno_paginas/archivos/Estudio%20Vulnerabilidad%20Pedro%20Vicente%20Maldonado.pdf (accessed: 03.01.2024) [in Spanish]
7. Hamilton J.L. Precipitation, Pathogens, and Turbidity Trends in the Little River, Tennessee. / J.L. Hamilton, I. Luffman // Phys. Geogr.. — 2009. — 30.
8. Lopez-Tarazon J.A. Suspended Sediment Transport in a Highly Erodible Catchment: The River Isabena (Southern Pyrenees). / J.A. Lopez-Tarazon, R.J. Batalla, D. Vericat et al. // Geomorphology. — 2009. — 109.
9. Maillard P. A Spatial-statistical Approach for Modeling the Effect of Non-point Source Pollution on Different Water Quality Parameters in the Velhas Rver Watershed – Brazil. / P. Maillard, N.A. Pinheiro Santos // J. Environ. Manage. — 2008. — 86.
10. Huey G. Turbidity as an Indicator of Water Quality in Diverse Watersheds of the Upper Pecos River Basin. / G. Huey, M. Meyer // Water. — 2010. — 2.
11. Grayson R. The Potential of Field Turbidity Measurements for the Computation of Total Phosphorus and Suspended Solids Loads. / R. Grayson, B. Finlayson, C. Gippel et al. // J Environ Manag. — 1996. — 47.
12. Gentile F. Monitoring and Analysis of Suspended Sediment Transport Dynamics in the Carapelle Torrent (Southern Italy). / F. Gentile, T. Bisantino, R. Corbino et al. // Catena. — 2010. — 80.
13. Boyd C. Suspended Solids, Color, Turbidity, and Light. / C. Boyd // Water Quality. — 2020. — 3.
14. Martínez-Orjuela M. Evaluation of Turbidity as a Parameter Indicator of Treatment in a Drinking Water Treatment Plant. / M. Martínez-Orjuela, J. Mendoza-Coronado, B. Medrano-Solís et al. // UIS Ingenierías. — 2019. — 19.
15. Lopez A. Evaluación De La Calidad Del Agua En La Planta Potabilizadora El Dorado (Bogotá D.C.) A Través Del Análisis Estadístico De Series De Tiempo [Evaluation of Water Quality at the El Dorado Water Treatment Plant (Bogotá D.C.) through Statistical Analysis of Time Series] / A. Lopez, E. Redondo // Universidad Distrital Francisco José De Caldas [University Distrital Francisco José De Caldas]. — 2016. — 9. [in Spanish]

16. Hinojoza N. Evaluación de la calidad del agua del río San Pedro, sector Valle de los Vhillos, mediante el índice de calidad de agua (ICA-NSF) [Evaluation of the Water Quality of the San Pedro river, Valle de los Vhillos Sector, Using the Water Quality Index (ICA-NSF)] / N. Hinojoza // UCE. — 2019. — 9. [in Spanish]

17. Jung A. Microbial Contamination Detection in Water Resources: Interest of Current Optical Methods, Trends and Needs in the Context of Climate Change. / A. Jung, P. Le Cann, B. Roig et al. // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2014. — 11.

18. Beaudeau P. Health Risks Associated with Drinking Water in a Context of Climate Change in France: A review of surveillance requirements. / P. Beaudeau, M. Pascal, D. Mouly et al. // J. Water Clim. Change. — 2011. — 2.

19. Kitchener B. A Review of the Principles of Turbidity Measurement. / B. Kitchener, J. Wainwright, A. Parsons // Progress in Physical Geography. — 2017. — 5.

20. Muoio R. Water Safety Plans and Risk Assessment: A novel procedure applied to treated water turbidity and gastrointestinal diseases. / R. Muoio, C. Caretti, L. Rossi et al. // International Journal of Hygiene and Environmental Health. — 2020. — 223.

21. Henckens G. On Monitoring of Turbidity in Sewers. Global Solutions for Urban Drainage. / G. Henckens, R. Veldkamp, T. Schuit // Proceedings of the Ninth International Conference on Urban Drainage (9ICUD). — 2002. — 9.

22. Langeveld J. Suspended Solids Transport: An Analysis Based on Turbidity Measurements and Event Based Fully Calibrated Hydrodynamic Models. / J. Langeveld, R. Veldkamp, F. Clemens // Water Sci. Technol. — 2005. — 52.

23. Grüning H. Investigations of the Dynamic Behaviour of the Composition of Combined Sewage Using On-line Analyzers. / H. Grüning, H. Orth // Water Sci. Technol. — 2002. — 45.

24. Page R. Faecal Indicator Bacteria: Groundwater Dynamics and Transport Following Precipitation and River Water Infiltration. / R. Page, S. Scheidler, E. Polat et al. // Water Air Soil Pollut. — 2012. — 223.