

Гігієна, епідеміологія,
екологія

Hygiene, Epidemiology,
Ecology

УДК 614.777:628.1.033:616-056

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10888562>

ОБГРУНТУВАННЯ НЕОБХІДНОСТІ МОНІТОРИНГУ ТА ПОЛІПШЕННЯ СТАНУ ВОДОПОСТАЧАННЯ СІЛЬСЬКОГО НАСЕЛЕННЯ

Валькевич Д.В., Бабієнко В.В., ¹Мокієнко А.В.

Одеський національний медичний університет

¹Національний університет «Острозька академія»

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ МОНИТОРИНГА И УЛУЧШЕНИЯ СОСТОЯНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ

Валькевич Д.В., Бабиенко В.В., ¹Мокиенко А.В.

Одесский национальный медицинский университет

¹Национальный университет «Острожская академия»

JUSTIFICATION OF THE NEED MONITORING AND IMPROVEMENT OF WATER SUPPLY OF THE RURAL POPULATION

Valkevich D.V., Babienko V.V., ¹Mokienko A.V.

Odessa National Medical University

¹Ostroh Academy National University

Summary/Резюме

Introduction. According to the National reports on the quality of drinking water and the state of drinking water supply in 2015-2021, the deterioration of the quality of drinking water from rural centralized water supply systems is determined. The rest of the rural population consumes water from wells and individual wells, which are mostly in an unsatisfactory sanitary and technical condition.

The above indicates the urgent need to improve the monitoring system and improve the state of water supply for the rural population.

The goal of the work. Justification of the need to monitor and improve the state of water supply of the rural population based on the analysis of literature data on the current state of water supply of the rural population in developing countries.

Materials and methods. Bibliometric, analytical.

Research results and their discussion. It was found that the WHO-recommended risk management approach to ensure safe drinking water in small drinking water systems can be difficult for rural communities with limited human, financial and administrative resources.

It is shown that awareness of the obvious necessity of water disinfection requires its correct, consistent and constant use, which according to real estimates is at a low level. Dependence on individual acceptance, level of awareness, intellectual, cultural and mental

factors determines the negative impact on the effectiveness of decentralized water supply compared to centralized in low and middle income countries. The success of the implementation of water disinfection technology depends on the preliminary study of the structural features of the water supply system.

The prospect of implementing the SODIS solar disinfection technology for the disinfection of drinking water in rural communities is substantiated.

Key words: *water, water quality, monitoring, water supply, rural population.*

Введение. В соответствии с Национальным докладом о качестве питьевой воды и состоянии питьевого водоснабжения в 2015-2021 годах отмечается ухудшение качества питьевой воды из сельских централизованных систем водоснабжения. Остальное сельское население потребляет воду из колодцев и индивидуальных скважин, которые в подавляющем большинстве находятся в неудовлетворительном санитарно-техническом состоянии. Вышеуказанное свидетельствует об острой необходимости усовершенствования системы мониторинга и улучшения состояния водоснабжения сельского населения.

Цель работы. Обоснование необходимости мониторинга и улучшения состояния водоснабжения сельского населения на основе анализа данных литературы по современному состоянию водоснабжения сельского населения в развивающихся странах.

Материалы и методы. Библиометрические, аналитические.

Результаты исследований и их обсуждение. Установлено, что рекомендованный ВОЗ подход к управлению рисками для обеспечения безопасной питьевой воды в небольших системах питьевого водоснабжения может быть сложным для сельских общин с ограниченными человеческими, финансовыми и административными ресурсами.

Показано, что осознание очевидной необходимости обеззараживания воды требует его правильного, последовательного и постоянного использования, по настоящим оценкам находится на низком уровне. В зависимости от индивидуального принятия, уровня осведомленности, интеллектуальных, культурных и ментальных факторов обуславливает негативное влияние на эффективность децентрализованного водоснабжения по сравнению с централизованным в странах с низким и средним уровнем доходов. Успех внедрения технологии обеззараживания воды зависит от предварительного изучения конструктивных особенностей водоснабжения.

Обоснована перспективность внедрения технологии солнечной дезинфекции SODIS для обеззараживания питьевой воды в сельских общинах.

Ключевые слова: *вода, качество воды, мониторинг, водоснабжение, сельское население.*

Вступ. Відповідно Національних доповідей про якість питної води та стан питного водопостачання у 2015-2021 роках визначається погіршення якості питної води з сільських централізованих систем водопостачання. Решта сільського населення споживає воду з колодязів та індивідуальних свердловин, які у переважній більшості знаходяться у незадовільному санітарно-технічному стані. Вищезазначене свідчить про гостру необхідність вдосконалення системи моніторингу та поліпшення стану водопостачання сільського населення.

Мета роботи. Обґрунтування необхідності моніторингу та поліпшення стану водопостачання сільського населення на основі аналізу даних літератури щодо су-

часного стану водопостачання сільського населення у країнах, що розвиваються.

Матеріали і методи. Бібліометричні, аналітичні.

Результати досліджень та їх обговорення. Встановлено, що рекомендований ВООЗ підхід до управління ризиками для забезпечення безпечної питної води в невеликих системах питного водопостачання може бути складним для сільських громад з обмеженими людськими, фінансовими та адміністративними ресурсами.

Показано, що усвідомлення очевидної необхідності знезараження води вимагає його правильного, послідовного та постійного використання, яке за реальними оцінками знаходиться на низькому рівні. Залежність від індивідуального прийняття, рівня обізнаності, інтелектуальних, культурних та ментальних чинників обумовлює негативний вплив на ефективність децентралізованого водопостачання у порівнянні із централізованим у країнах із низьким та середнім рівнем доходів. Успіх впровадження технології знезараження води залежить від попереднього вивчення конструктивних особливостей системи водопостачання.

Обґрунтовано перспективність впровадження технології сонячної дезинфекції SODIS для знезараження питної води у сільських громадах.

Ключові слова: вода, якість води, моніторинг, водопостачання, сільське населення.

Вступ

За офіційними статистичними даними (<https://vue.gov.ua>) станом на 2020 рік кількість населення України становила 41,9 млн осіб, із них міського населення — 29,1 млн осіб, сільського — 12,7 млн осіб. Спостерігалася стійка динаміка скорочення населення в міських і сільських населених пунктах, але водночас зростала питома вага міського населення. Із 1991 по 2020 рр. кількість міського та сільського населення скоротилася від 35 085 200 та 16 859 200 до 29 139 346 і 12 763 070 осіб тобто на 5 945 484 та 4 096 130, що майже рівноцінно у процентному відношенні (16,9 % і 17,7 % відповідно).

Відповідно Національних доповідей про якість питної води та стан питного водопостачання (далі Доповіді) у 2015-2017 роках рівень охоплення населення в Україні централізованим водопостачанням становив 87,2 %, 69,1%, 89,1% для селищ міського типу; 29,2 %, 22,2 %, 30% для сіл відповідно.

Вищезазначене свідчить про гостру необхідність вивчення сучасного стану водопостачання, вдосконалення системи моніторингу та поліпшення водозабезпе-

чення сільського населення.

Мета роботи

Обґрунтування необхідності моніторингу та поліпшення стану водопостачання сільського населення на основі аналізу даних літератури щодо сучасного стану водопостачання сільського населення у країнах, що розвиваються.

Матеріали і методи

Бібліометричні, аналітичні.

Результати досліджень та їх обговорення

Впродовж 2015-2021 рр. у Доповідях, зокрема в останній (2021 рік) в розділі «Санітарний стан джерел та систем питного водопостачання у сільських населених пунктах, у тому числі нецентралізованого водопостачання» зазначається наступне: «Особливу занепокоєність викликає стан водопостачання сільського населення. Визначається погіршення якості питної води з сільських централізованих систем водопостачання. Зміна форм власності та передача сільських водопроводів на баланс органів місцевого самоврядування загострили проблему забезпечення населення питною водою гарантованої якості. Водопроводи знаходяться в незадовільному технічному стані, населення змушено

проводити ремонти за свої кошти. На багатьох сільських водопроводах немає очисних споруд та знезаражуючих установок, відсутній виробничий лабораторний контроль якості питної води. Водночас централізованим водопостачанням забезпечено лише четверту частину сіл України. Решта сільського населення споживає воду з колодязів та індивідуальних свердловин, які у переважній більшості знаходяться у незадовільному санітарно-технічному стані».

Ступінь «незадовільності» та «переважної більшості» невідома, але, з Доповідей за 2018-2021 рр, принаймні, можна зробити висновок щодо кількісних характеристик (табл. 1).

Згідно Доповіді «Цілі сталого розвитку: Україна» станом на 2017 рік зареєстровано 1,3 тис. сільських населених пунктів, які користуються привізною водою з населенням 950 тис. осіб в 16 регіонах України.

Сьогодні є все більше зрозумілим недосяжність загального доступу до безпечної води до 2030 року, як це декларувалося Цілями Сталого Розвитку 6. Як показує аналіз деяких джерел літератури, для сільської місцевості це взагалі примара.

Результати моніторингу якості питної води в національно-репрезентативних обстеженнях домогосподарств у країнах з низьким і середнім рівнем доходу (перехресний аналіз 27 кластерних обстежень за багатьма індикаторами за 2014–2020 рр.) [1] показав наступне.

Автори зазначають, що Цілі сталого розвитку до 2030 року (ЦСР) встановлюють новий амбітний стандарт для безпечного управління послугами з питної

води (SMDWs), але багатьом країнам бракує національних даних щодо наявності та якості питної води.

Проведено кількісну оцінку доступності і мікробіологічної якості питної води, відповідність SMDWs і дослідження факторі ризику зараження *Escherichia coli* (*E. coli*) у 27 країнах з низьким і середнім рівнем доходу (LMICs).

Впроваджено новий модуль якості води для обстежень домогосподарств в 27 багатоіндикаторних кластерних обстеженнях. Команди використовували портативне обладнання для вимірювання *E. coli* в резервуарах (PoC, n=61 170n=61 170) і в місці використання (PoU, n=64 900n=64 900) і запитували респондентів про наявність і доступність води для пиття.

Кишкову паличку зазвичай виявляли на PoC (діапазон 16–90%) і більш часто на PoU (діапазон 19–99%). У середньому 84% домогосподарств використовували покращене джерело питної води, а 31% відповідали всім критеріям SMDW. Зараження кишковою паличкою було основною причиною невиконання критеріїв SMDW (15 з 27 країн). Поширеність *E. coli* у зразках PoC була нижчою серед домогосподарств, які використовували покращені джерела води [коефіцієнт ризику (RR)=0,74; 95% довірчий інтервал (ДІ): 0,64, 0,85]. Зараження *E. coli* зразків PoU було менш поширеним для більш багатих домогосподарств порівняно з біднішими (RR=0,70; 95% ДІ: 0,55, 0,88) і в громадах з (>75%) покращеною санітарією (BP=0,94; 95% ДІ: 0,90, 0,97). Володіння худобою (RR=1,08; 95% ДІ: 1,04, 1,13), проживання в сільській місцевості у порівнянні з містом (RR=1,10; 95% ДІ: 1,04, 1,16) та переважно вологий

клімат проти сухого (RR =1,07; 95% ДІ: 1,01, 1,15) були позитивно пов'язані із забрудненням на PoU.

Динаміка зниження чисельності джерел децентралізованого водопостачання сільських населених пунктів

	2018	2019	2020	2021
Джерела нецентралізованого водопостачання	70 830	58 780	38 522	36 893
Шахтні колодязі	59 821	47 824	31 927	29 717
Артезіанські свердловини	7 183	7 318	4 625	4 989
Каптажі	713	534	438	465

Перехресні дані про якість води можуть бути зібрані під час обстежень домогосподарств і використані для оцінки нерівності в рівнях обслуговування, відстеження показника ЦСР для SMDWs та вивчення факторів ризику забруднення. Існує нагальна потреба в кращому управлінні ризиками для зменшення фекального забруднення через служби питної води в SMDWs.

Декілька ключових уроків із цього досвіду масштабного тестування води можуть стати основою для розробки та впровадження майбутніх досліджень. Тестування питної води в підвибірці домогосподарств на обмежену кількість пріоритетних параметрів має вирішальне значення для ефективності витрат і практичності цього підходу. Потрібна подальша робота для підтримки рекомендацій щодо вибору 3–5 домогосподарств на кластер. Наполегливо рекомендується залучати регулюючі органи, враховуючи їхні повноваження щодо нагляду за наданням послуг водопостачання. Заходи контролю якості є важливими під час польових робіт і зміцнення впевненості в результатах. Подальша робота може вивчити зв'язок між позитивними тестами та факторами ризику зараження. Особливу увагу необхідно приділяти тренінгу, який, залежно від кількості команд і виконавців, має тривати 3–5 днів і включати достатню практику (бажано принаймні 15 тестів) для кожного кроку процесу. Слід визнати необхідним покращене інформування про якість води з домогосподарствами та їх громадами.

Автори [2] мали на меті дослідити забруднення джерел питної води, порівнюючи вдосконалені та непокращені джерела в міських і сільських умовах. Використано дані кластерних досліджень за кількома індикаторами для аналізу зразків джерела води та очищеної води на забруднення *Escherichia coli* у 38 країнах. Забруднення було широко поширеним і тривожно високим майже в усіх країнах, місцях і джерелах води із значною нерівністю між країнами та всере-

дині них. У 51,7% домогосподарств виявлено забруднення води у джерелі та 70,8% у питній воді. Деякі покращені джерела (наприклад, захищені колодязі та дощова вода) мали таку ж імовірність забруднення, як і непокращені джерела. Встановлено значно більшу ймовірність забруднення водопроводу в сільській місцевості, ніж у містах, тоді як для інших індикаторів не спостерігалось жодної різниці. Моніторинг забруднення води разом із подальшими дослідженнями збирання, зберігання та класифікації джерел води є важливим і має бути розширений для досягнення універсального доступу до безпечної води.

У роботі [3] констатується повсюдна деградація джерел води в сільській місцевості Індії. Розроблено модель прогнозування ризику для здоров'я сільського населення на основі кількісних і якісних факторів. Було відібрано 2370 сільських домогосподарств у трьох районах Карнатаки. Дослідження показало, що оцінка ризику для здоров'я, передбачена моделлю, має вищу значущу кореляцію (0,8) з різними існуючими факторами забруднювача. Для джерел питної води та якості питної води виявлено більш високу позитивну кореляцію (0,87 та 0,81 відповідно) зі здоров'ям мешканців сільських домогосподарств.

Проведено оцінку якості підземних і поверхневих вод у типовій шахтарській громаді із застосування індексів якості води та ієрархічного кластерного аналізу [4]. Мова йде про гірничодобувний район у південно-західній частині Гани. Якість води 82% джерел води вздовж потоку Кавере була низькою (класи III і IV). Головними забруднювачами були важкі метали Fe, As і Mn. Встановлено високий ризик водно-обумовлених хвороб у місцевих жителів. Результати цього дослідження є важливими для визначення швидкості зниження якості питної води в країнах, що розвиваються, і потенційним впливом на здоров'я людей.

Вивчення потенційного ризику для здоров'я мешканців сільських громад у

Південній Африці від вживання підземної води із свердловин показав наступне [5]. Всього було обстежено 125 свердловин, з яких лише 12 були функціонуючими. Із них вода із семи свердловин дала позитивний результат на загальну кількість коліформ і *E. coli*, чотирьох (33,3%) - на діарейну *E. coli*. Встановлено, що 58% проб води не становили ризику для здоров'я, 17% мали низький ризик і 25% могли спричинити інфекцію відповідно до стандартів якості води Південної Африки. Це дослідження показало важливість ролі муніципалітетів і планів технічного обслуговування, які повинні гарантувати, що всі свердловини функціонують і забезпечують безпечну питну воду для сільських громад.

Відомо, що політичні та регуляторні інструменти є критично важливими рушійними силами для впровадження планів безпеки питної води (WSP) BOOЗ (WHO, 2017a). У дослідженні Н. van den Berg et al. [6] розроблено інтегрований підхід до планування безпеки водопостачання та санітарії (iWSSP) разом із керівництвом та навчальним матеріалом для практичного застосування цього нового підходу. Зазначено позитивність міждисциплінарності та залучення багатьох зацікавлених сторін для оцінки всього циклу водопостачання, включаючи постачання питної води та санітарію. Показано, що відсутність співпраці між різними зацікавленими сторонами може бути перешкодою для впровадження iWSSP. Завдяки присутності різноманітних зацікавлених сторін у командах iWSSP спостерігалось покращення зв'язку та співпраці між часто відокремленими сферами питної води та санітарії, що також є перевагою впровадження WSP.

Інтегрований підхід був апробований у трьох невеликих системах у сільській місцевості Сербії. Мета полягала у підвищенні рівня знань і розумінні систем питного водопостачання та санітарії серед персоналу. Раніше описано, що впровадження WSP сприяло кращому розумінню постачання питної води.

Інтегруючи планування безпеки питної води та санітарії, можна досягти покращеної безпеки за рахунок кращого розуміння обох систем, того, як вони взаємопов'язані та як вони можуть впливати одна на одну.

Виявлено складність інтегрування постачання питної води та каналізації, оскільки системами керують по-різному. Спостерігається відсутність комплексної та інтегрованої оцінки питного водопостачання та водовідведення на пілотних ділянках. Це було спричинено існуючою організацією систем у комунальних підприємствах, у яких роботи з питної води та водовідведення розділені. Більше того, у деяких сільських районах системами громадського питного водопостачання управляє не комунальне підприємство, а місцеві громади, і ніхто не несе відповідальності за функціонування каналізації на місці. На пілотних об'єктах було недостатньо інформації про санітарію та спостерігалось менше заходів, пов'язаних із санітарією. В одній із громад (Соколовиці) впровадження iWSSP було складним через відсутність повноважень для інспектування систем санітарії на місці для спостереження за системою та виявлення небезпек і небезпечних подій. У цьому дослідженні автори не оцінювали вплив на якість води, санітарні практики та управління, що доцільно зробити у майбутньому.

У Сербії зміна клімату була визначена як суттєва загроза для безпечності питної води, враховуючи високу частоту повеней за останні 15 років і кількість постраждалих річкових басейнів. Невеликі системи питного водопостачання в сільській місцевості особливо вразливі до зміни клімату. Оскільки ці джерела часто залежать від одного джерела води, вони чутливі до проливних дощів, повеней або засух. Включення цього фактору ризику в iWSSP є необхідним для створення стійкості до зміни клімату. Це передбачає вільний доступ до кліматичної інформації. У цьому дослідженні повторне використання очищених стічних вод

не було враховано, оскільки це не застосовувалося на пілотних ділянках. Однак, коли дефіцит води зростає через зміну клімату або урбанізацію, можна розглянути повторне використання води.

Перед розширенням впровадження iWSSP у Сербії рекомендується переглянути та оновити шаблони на основі відгуків та досвіду цього пілотного проєкту. Рекомендується, щоб шаблони були специфічними для малих систем. Вони також повинні залишатися достатньо гнучкими, щоб дозволити інтеграцію таких ресурсів, як фотографії, таблиці та письмовий текст. Шаблони мають бути узагальненими, що дозволить краще вирішувати проблеми малих систем сільського водопостачання.

Централізоване хлорування води історично сприяло значному зниженню захворювань, що передаються через воду. У місцях без ефективної централізованої очистки води широко пропагується хлорування в місцях використання (POU) для домогосподарств з метою покращення якості питної води та мінімізації її впливу на здоров'я населення.

Мета роботи [7] полягала у визначенні ефективності впровадження хлорування на місці застосування, тобто окремими споживачами. Проведено систематичний огляд програм хлорування у домогосподарствах з 1990 по 2021 рр. з кількісними показниками впровадження в країнах з низьким і середнім рівнем доходу.

Визначено 36 досліджень побутового хлорування питної води, які відповідали заздалегідь визначеним критеріям прийнятності, і 46 груп втручання з різноманітними хлорними реагентами. Найпоширенішим показником була частка проб води, що зберігалася в домогосподарствах, із залишковим вмістом вільного хлору $>0,1 - 0,2$ мг/л.

Виявлено надзвичайне різноманіття використання хлорних реагентів в POU: діапазон 1,5%–100%; медіана, зва-

жена за розміром вибірки = 47%; незважена медіана = 58%). Середня тривалість спостереження серед груп втручання становила 3 місяці. У середньому рівень використання зменшувався з часом і був позитивно пов'язаний із частотою контактів між респондентами та персоналом дослідження.

У розглянутих дослідженнях не існувало стандартного визначення для хлорування води POU, але частка домогосподарств з залишковим вільним хлором вище порогового значення під час неоголошених відвідувань була показником, який найбільш вірогідно охоплює як правильні, так і послідовні використання. Показано, що вимірювання в один момент часу є більш інформативними, ніж протягом усього дослідження через мінливість і тому, що об'єднані показники в різні моменти часу не дозволяють пов'язати впровадження з результатами, виміряними в окремі моменти часу.

Апробація системи очищення води (електролізер гіпохлориту натрію) в громаді з низькими ресурсами [8] в сільській місцевості Беніну (Західна Африка) показала наступне. Тридцять один резервуар для води було відібрано у співпраці з місцевою владою для установки електрохлораторів (WATA™). Проб води досліджували у двох точках: до хлорування та на найвіддаленішому терміналі після хлорування. Були проведені контрольні випробування залишкового хлору та мікробіологічні контрольні випробування. Зразки води, які дали позитивний результат на наявність мікроорганізмів, аналізували в лабораторії, коли це було можливо. Вода, що надавалася громаді, не завжди була хлорованою, у більше ніж половині резервуарів вода не хлорувалась. 30% (9/31) резервуарів мали структурні проблеми, які перешкоджали належній роботі. Крім того, 60% проб води, відібраних перед хлоруванням, були позитивними на мікробіологічне забруднення. Усі зразки, відібрані з резервуарів, де відбувалося належне хлорування, дали негативний результат

на мікробіологічне забруднення. Проте вода з шести резервуарів із структурними проблемами продовжувала подаватися населенню, незважаючи на забруднення.

Споживання неочищеної забрудненої питної води поширене в багатьох країнах, що розвиваються, і є фактором ризику водно-обумовлених інфекцій. У відповідь на це з'явилися практичні та економічно ефективні рішення у вигляді інноваційних методів обробки води на побутовому рівні, відомих як очищення води в домашніх умовах (HWT). Сонячна дезінфекція води (SODIS) отримала визнання як один із таких методів. В роботі [9] розглядається ефективність SODIS як методу HWT шляхом аналізу надійних наукових доказів, що підтверджують його мікробіологічну ефективність і позитивний вплив на здоров'я серед користувачів.

Проведено загальний огляд різних лабораторних досліджень та польових випробувань щодо оцінки ефективності SODIS для інактивації кишкових патогенів, покращення мікробної якості води та зниження діарейних захворювань. Показано, що SODIS вдалося знизити захворюваність на діарейні хвороби на понад 75% у деяких країнах, що розвиваються. Продемонстровано, що синергетичний ефект, який є наслідком спільного впливу ультрафіолетового світла та підвищення температури води, знищує 99,9% багатьох кишкових мікроорганізмів.

Однак, певні патогени, особливо цисти, можуть бути менш сприйнятливими до сонячної дезінфекції, вимагаючи альтернативних підходів або вищих доз УФ-опромінення для ефективної інактивації. Крім того, важливо ретельно розглянути такі питання, як подовжений час впливу, повторний ріст патогенів та стійкість під час застосування SODIS. Щоб подолати ці обмеження, було запропоновано кілька інноваційних підходів для підвищення ефективності SODIS і скорочення необхідного часу впливу. Такі

технології, як фотокаталіз TiO_2 і сонячна фототермічна дезінфекція за допомогою наноматеріалів, показали багатообіцяючі результати щодо покращення ефективності інактивації та запобігання повторному росту патогенів. Однак, інтеграція цих технологій із SODIS вимагає спеціального обладнання та матеріалів, що нівелює оригінальну концепцію SODIS як недорогого та простого методу дезінфекції води. Дослідницькі зусилля повинні бути зосереджені на розробці економічно ефективних методів виробництва каталізаторів і наноматеріалів, що робить їх більш доступними для спільнот з обмеженими ресурсами. Це може включати дослідження альтернативних матеріалів або модифікацію існуючих для підвищення доступності.

Необхідно також провести комплексні дослідження для оцінки продуктивності та обмежень інтегрованої системи за різних умов навколишнього середовища та джерел води. Створення практичних рекомендацій для користувачів має вирішальне значення для забезпечення оптимальної роботи та надійних результатів дезінфекції. Співпраця між дослідниками, інженерами та політиками є життєво важливою для збору даних, обміну знаннями та розробки стандартизованих протоколів для реалізації комплексного підходу. Крім того, важливе значення має підвищення обізнаності громадськості та забезпечення освіти щодо інтегрованого підходу. Громади повинні бути проінформовані про переваги, обмеження та правильне використання технології. Навчальні програми та освітні матеріали мають бути надані для розширення можливостей окремих осіб і громад для ефективного прийняття та використання інтегрованої системи, максимізації її переваг та забезпечення довгострокової стійкості.

Висновки

1. Рекомендований BOOЗ підхід до управління ризиками для забезпечення безпечної питної води в невеликих системах питного водопостачан-

ня може бути складним для сільських громад з обмеженими людськими, фінансовими та адміністративними ресурсами.

2. Усвідомлення очевидної необхідності знезараження води вимагає його правильного, послідовного та постійного використання, яке за реальними оцінками знаходиться на низькому рівні. Залежність від індивідуального прийняття, рівня обізнаності, інтелектуальних, культурних та ментальних чинників обумовлює негативний вплив на ефективність децентралізованого водопостачання у порівнянні із централізованим у країнах із низьким та середнім рівнем доходів. Успіх впровадження технології знезараження води залежить від попереднього вивчення конструктивних особливостей системи водопостачання.
3. Враховуючи прогнозовані зміни клімату в Україні [10], слід визнати перспективним впровадження технології сонячної дезинфекції SODIS для знезараження питної води у сільських громадах.

References/Література

1. Monitoring Drinking Water Quality in Nationally Representative Household Surveys in Low- and Middle-Income Countries: Cross-Sectional Analysis of 27 Multiple Indicator Cluster Surveys 2014–2020. R. Bain et al. *Environ Health Perspect* V. 129, N. 9. <https://doi.org/10.1289/EHP8459>
2. E. coli contamination of drinking water sources in rural and urban settings: an analysis of 38 nationally representative household surveys (2014–2021). T. M. Santos et al. *J. Water Health*. 2023. № 21 (12). P. 1834–1846.
3. A health risk model for rural households based on the distribution of multi pollutants. G. V. Rathnamala et al. *Water Sci Technol*. 2023. V. 87 (7). P. 1686–1702. <https://doi.org/10.2166/wst.2023.084>
4. Assessment of groundwater and surface water quality in a typical mining community: application of water quality indices and hierarchical cluster analyses. E. Anang et al. *J. Water Health*. 2023. V. 21 (7)/ P. 925–938.
5. Borehole water: a potential health risk to rural communities in South Africa. S. Taonameso, L. S. Mudau, A. N. Traoré, N. Potgieter. *Water Supply*. 2018. V. 19 (1). P. 128–136. <https://doi.org/10.2166/ws.2018.030>
6. Experiences from integrating water and sanitation safety planning in small systems in rural Serbia H. van den Berg et al. *J. Water Health*. 2023. V. 21 (12). P. 1772–1783.
7. Adoption of Point-of-Use Chlorination for Household Drinking Water Treatment: A Systematic Review. Y. S. Crider et al. *Environmental Health Perspectives*. 2023. V. 131 (1).
8. Novel water treatment system in a low-resource community. R. C. Nogueira et al. *J. Water Health*. 2022. V. 20 (5). P. 863–870. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.064>
9. Phiri D. B., Bavumiragira J. P., Yin H. Efficacy of solar water disinfection treatment system in improving rural and peri-urban household drinking water quality and reducing waterborne diarrhoeal diseases. *AQUA - Water Infrastructure, Ecosystems and Society*. 2023. V.72 (7). P. 1288–1308. <https://doi.org/10.2166/aqua.2023.086>
10. Mokienko A.V., Babienko V.V., Hushchuk Ih. V. Climate, water and infections: new challenges for the south of Ukraine against the background of old problems. *Public Health Journal*. 2023. № 4. P. 41–49.

*Вперше надійшла до редакції 05.11.2023 р.
Рекомендована до друку на засіданні
редакційної колегії після рецензування*