

УДК 628.162:613.34.:502.65+546.134

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15066102>

ОГЛЯД ПОТОЧНОЇ ПРАКТИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ОБРОБКИ ТА БЕЗПЕЧНОГО ЗБЕРІГАННЯ ВОДИ В КРАЇНАХ, ЩО РОЗВИВАЮТЬСЯ

**Гринзовський А.М.¹, Мокієнко А.В.², Солтик С. М.³, Дубовик С. Л.³,
Герасименко О.А.³, Совірда О.С.³, Садовий К.К.³**

¹Київський національний медичний університет

імені О.О. Богомольця, ²Національний університет «Острозька академія»,

³Одеський національний медичний університет

E-mail: mokienkoav56@gmail.com

REVIEW OF CURRENT PRACTICE OF IMPLEMENTATION OF PROCESSING AND SAFE STORAGE OF WATER IN DEVELOPING COUNTRIES

**Hrynzovskyi A.M.¹, Mokienko A.V.², Soltyk S.M.³, Dubovyk S. L.³,
Gerasymenko O.A.³, Sovirda O.S.³, Sadoviy K.K.³**

¹Bogomolets National Medical University,

²National University «Ostroh Academy»,

³Odessa National Medical University

Summary/Резюме

The analysis of the literature data showed that the decades of the UN and WHO global initiatives on general access to safe drinking water and sanitation have not reached their goal. The goals of the Millennium Development (CRT) of the UN provide for the “safety” of drinking water from “improved” sources, such as wells, leaving the safety of drinking water at the household level, that is, in a glass of consumer. This literature review is the basic tested methods for improving water quality at the use of water treatment and safe storage (HWTS). The five most common HWTS options are described by the implementation strategy for each variant: chlorination, filtration (biofilms and ceramics), solar disinfection, combining filtration/chlorination and combining flocculation/chlorination. The sequential evaluation scheme for each of the HWTS options discussed is used: removal or inactivation of water pathogens in laboratory conditions; acceptability in terms of proper use to reduce the disease among users; The possibility of zoom. The prospect of using HWTS to obtain safe water in the near future and, therefore, a significant reduction in the risk of water-conditioned diseases and improving quality of life is substantiated.

Key words: *drinking water, microbial contamination, treatment, decontamination, household treatment, safe storage.*

Аналіз даних літератури показав, що десятиліття глобальних ініціатив ООН та ВООЗ щодо загального доступу до безпечної питної води та санітарії не досягли своєї мети. Цілі розвитку тисячоліття (ЦРТ) ООН передбачають «безпечність» питної води з «вдосконалених» джерел, наприклад свердловин, залишаючи поза увагою

безпечність питної води на рівні домогосподарства, тобто у склянці споживача. Даний огляд літератури представляє основні апробовані методи покращення якості води в точці використання за допомогою побутової обробки води та безпечного зберігання (HWTS). Розглянуто п'ять найпоширеніших варіантів HWTS із описом стратегії впровадження для кожного варіанту: хлорування, фільтрація (біопісок та кераміка), сонячна дезинфекція, комбінування фільтрування/хлорування та комбінування флокуляції/хлорування. Використано послідовну схему оцінювання для кожного з обговорених варіантів HWTS: видалення або інактивація водних патогенів в лабораторних умовах; прийнятність з точки зору правильного використання для зменшення захворювання серед користувачів; можливість масштабування. Обґрунтовано перспективність застосування HWTS для отримання безпечної води в найближчій перспективі і, таким чином, значного зниження ризику водно-обумовлених хвороб та покращення якості життя.

Ключові слова: питна вода, мікробне забруднення, очистка, знезараження, побутова обробка, безпечне зберігання.

Історія глобальних ініціатив щодо загального доступу до безпечної питної води та санітарії налічує понад 40 років. Перша програма Організації Об'єднаних Націй «Водопостачання та санітарія десятиліття» (1981-1990) не досягла своєї мети. Навіть незважаючи на те, що за цей період рівні доступності зросли на більш ніж 10 %, в 1990 році 1,1 мільярда людей не вистачало доступу до покращених запасів води та 2,4 мільярда не мали адекватної санітарії [1]. Причини невдачі включають зростання населення, обмеження ресурсів, неадекватну експлуатацію та технічне обслуговування та продовження традиційного підходу «бізнес як завжди» [2].

Цілі розвитку тисячоліття (ЦРТ), прийняті Генеральною Асамблеєю ООН у 2000 році та переглянуті після Всесвітнього саміту сталого розвитку в Йоганнесбурзі, передбачали до 2015 року зменшення вдвічі частки людей без стійкого доступу до безпечної питної води та основної санітарії [3, 4]. Однак у 2015 році все ще понад 600 мільйонів людей залишалися без доступу до безпечної води. Ціль ЦРТ конкретно зазначає надання «безпечної» питної води з «вдосконалених» джерел, таких як свердловини або домогосподарські системи, тоді як важко оцінити, чи є безпечна вода на рівні домашнього господарства, тобто у склянці споживача [1]. Таким чином, набагато

більше людей можуть пити небезпечну воду з вдосконалених джерел.

Обробка побутової води та безпечне зберігання

Щоб подолати труднощі в отриманні безпечної води та впровадженні санітарії потрібно відійти від «бізнесу як завжди» та досліджувати нові втручання та ефективні стратегії обробки води, які можуть збільшити прийняття технологій та покращити перспективи стійкості. Незважаючи на загальну підтримку водопостачання та санітарії, найбільш підходящі та ефективні втручання в країнах, що розвиваються, підлягають значній дискусії. Слабкі зв'язки між водою, охороною здоров'я та фінансовими секторами можуть бути вдосконалені за допомогою мікро- та макроекономічних програм.

Спрямованість на нові втручання змусила дослідників переоцінити домінуючу парадигму щодо води та санітарії з 1980-х років. Огляд літератури 144 досліджень Esrey et al. [5] є старою парадигмою із висновком, що санітарія та гігієна разом сприяють більшому зниженні діареї (36 % та 33 % відповідно), ніж покращення якості води (39 % відповідно), тоді як надання санітарії та водопостачання тільки 24 % та 23 % відповідно [6]. Невідповідність між цими висновками пояснюється різницею в методології втручання. Esrey et al. [5] розглянули дослідження, які головним чином вимірювали вплив

поліпшення якості води на джерелі (тобто, свердловина або кран громади). Починаючи з 1996 року, велика кількість робіт вивчала вплив на здоров'я втручань, що покращують якість води в точці використання за допомогою побутової обробки води та безпечного зберігання (HWTS) [6]. Ці дослідження, багато з яких контрольовані випробування, підкреслили роль забруднення питної води під час збору, транспортування та зберігання [7] та значення для здоров'я ефективних HWTS [8-13].

У 2003 році, коли зросли докази користі для здоров'я методів HWTS, було створено Міжнародну мережу BOOЗ для сприяння обробці води та безпечного зберігання. Заявлена мета - «сприяти значному зменшенню водних захворювань, особливо серед вразливих груп населення, шляхом обробки побутових вод та безпечного зберігання як ключового компонента програм води, санітарії та гігієни» [14].

Сьогодні є п'ять найпоширеніших варіантів HWTS із описом стратегії впровадження для кожного варіанту: хлорування, фільтрація (біопісок та кераміка), сонячна дезінфекція, комбінування фільтрування/хлорування та комбінування флокуляція/хлорування. При цьому враховуються джерела фінансування та потенціал для розповсюдження і підтримки кожного варіанту у великих масштабах, а також цілей для подальших досліджень та впровадження.

Даний огляд зосереджено на обробці питної води в точці використання та безпечних варіантах зберігання, що може поліпшити здоров'я у зв'язку із покращеною якістю води поки не буде досягнуто універсального доступу до централізованих систем водопостачання.

Тут використано послідовну схему оцінювання для кожного з обговорених варіантів HWTS:

- видалення або інактивація вірусних, бактеріальних та паразитарних збудників у воді в лабораторних умовах;

- прийнятність з точки зору правильного використання для зменшення захворювання серед користувачів;
- можливість масштабування, тобто застосування у великих масштабах.

Хлорування

Хлорування вперше було використано для дезінфекції води в централізованих системах на початку 1900-х років і допомогло суттєво зменшити водні хвороби в містах Європи та США [15]. Успішність пілотних випробувань хлорування в точці використання [16] обумовила в 90-х роках більш масштабні впровадження у рамках Панамериканської організації охорони здоров'я (ПАНО) та американських центрів контролю та профілактики захворювань (CDC) внаслідок епідемічної холери в Латинській Америці [17]. Стратегія безпечної води (SWS), розроблена CDC та ПАНО, включає три елементи: знезараження води розведеним гіпохлоритом натрію в точці використання; зберігання води в безпечній ємності; навчання користувачів для вдосконалення гігієни, практики контролю води та харчування.

Розчин гіпохлориту натрію упаковується в пляшку з ковпачком, що дозволяє користувачам додати один повний ковпачок розчину для очищення води (або двох ковпачків у каламутну воду) у контейнер для зберігання стандартного розміру, подальших перемішування та очікування протягом 30 хвилин перед вживанням для пиття. У чотирьох рандомізованих контрольованих випробуваннях показано, що SWS знизив ризик діареї на 44-84 % [9, 10, 18, 19]. У концентраціях, що використовуються в програмах HWTS, хлор ефективно інактивує бактерії та деякі віруси [20], однак не ефективно інактивує деякі протозоа, такі як *Cryptosporidium*. Початкові дослідження показують, що вода, оброблена SWS, не містить побічні продукти дезінфекції. Оскільки концентрація розчину хлору, що використовується в програмах SWS, низька, вплив його на навколишнє середовище мінімальний.

Реалізація SWS змінювалася залежно від місцевих партнерств та основних соціальних та економічних умов. Дезінфікуючі засоби було розповсюджено на національних та субнаціональних рівнях у 13 країнах через кампанії соціального маркетингу у партнерстві з недержавними організаціями (NGO) Міжнародних послуг населенню (PSI). У Індонезії засоби розподіляється в основному за допомогою зусиль приватного сектору на чолі з місцевою виробничою компанією. У кількох країнах (Еквадор, Лаос, Гаїті та Непал) заклади охорони здоров'я або місцеві NGO керують програмами SWS на рівні громади. В Афганістані SWS надається безкоштовно вагітним жінкам, які отримують антенатальну допомогу. SWS також було розповсюджено безкоштовно при катастрофах, включаючи Індонезію, Індію та М'янму після цунамі 2004 року, а також в Кенії, Болівії, Гаїті, Індонезії та Мадагаскару після інших природних катастрофізмів. Програми SWS із доступністю готового продукту суттєво полегшують вирішення проблем. CDC розробив посібник з впровадження та надає технічну допомогу організаціям, які працюють в проектах SWS [21].

PSI - найбільша NGO соціального маркетингу у світі із офісами в понад 70 країнах. PSI розробляє торгову марку та логотип продуктам для покращення здоров'я; продає їх за низькими цінами; розповсюджує їх через оптові та роздрібні комерційні мережі; генерує попит на продукцію через зміну поведінки, такі як радіо- та телевізійні трансляції, мобільні додатки, пункти продажу, демонстраційні кампанії для комунікації з населенням.

У жовтні 1998 року PSI запустив свій продукт замбійського SWS - пляшку розчину гіпохлориту натрію під назвою «Clorin». Ця програма є однією з найдавніших співпраць PSI/CDC. У жовтні 1998 року продажі стабільно збільшувались з 732 пляшок на місяць до 132 000 пляшок на місяць у листопаді 2003 року. Епідемія холери в 1999 році збільшила попит на Clorin. Постійний соціальний маркетинг в

медичних центрах та візитах до дверей стимулювали подальші продажі [22]. Епідеміологічне дослідження незалежного агентства повідомило про використання Clorin у 42 % домогосподарств, тоді як в минулому його використовували у 22 % [22]. Однак лише 13 % домогосподарств мали у воді залишковий хлор під час випадкових візитів, що свідчить про розбіжність між повідомленим та фактичним використанням. Дослідження не виявило нижчої кількості зареєстрованої діареї серед користувачів Clorin порівняно з некористувачами. Це було перше велике дослідження із певними обмеженнями, які вплинули на результати.

Продукт Clorin субсидує USAID. Повна вартість пляшки 250 мл, включаючи проект, маркетинг, розповсюдження та накладні витрати, складала 0,34 дол. США, а роздрібна ціна встановлена на рівні 0,12 долара. Загальна вартість програми захисту від діареї на місяць становила 0,045 дол. США. Збільшення ціни на відновлення повних витрат могло негативно вплинути на попит, особливо в такій країні, як Замбія, яка займає 164 місце з 177 за індексом розвитку людини. Програма потребує досліджень цінової пластичності попиту на цей продукт і впроваджує варіанти для значно нижчих витрат.

Проект PSI Zambia - це приклад успішного втручання соціального маркетингу, яке створює попит на продукт і робить його широко доступним через комерційний сектор. Зацікавлені NGO можуть легко включити Clorin у власне програмування. Основні проблеми, з якими стикається ця програма, стосуються фінансової самодостатності із збереженням доступу до продукту та збільшенням попиту серед населення з найвищим ризиком. Завдяки своєму широкому використанню та розповсюдженню Clorin, Zambia є ідеальним місцем для майбутніх досліджень у запобіганні водно-обумовлених захворювань.

Програма NGO на базі громади на півночі Гаїті. На відміну від національного підходу PSI, проект Safe Water For Safe

для сімей (JSWF) виробляє власний дезінфікуючий засіб "PWOP DLO" в клініці "Місія любові" в Джоліверті, Гаїті, для розповсюдження в сусідніх громадах. Проект JSWF встановив генератор гіпохлориту і навчає двох гаїтянських техніків для виробництва дезінфікуючого засобу, продає його сім'ям, надає освіту та випробування на залишковий хлор у домашній воді користувачів. Це створило постійне забезпечення дезінфікуючого засобу для сімей, незважаючи на стихійні лиха та політичні потрясіння.

JSWF витрачає приблизно 7 доларів США, що включає відро з кришкою та шпилькою для безпечного зберігання, а також навчальні матеріали для сім'ї. Після цієї початкової інвестиції продажі дезінфікуючих засобів майже відповідають операційним витратам. Один місяць дезінфекції коштує 0,09 дол. США, що знаходиться в межах бюджету більшості гаїтянських сімей. Проект використовує вживані пляшки для зменшення вартості дезінфікуючого засобу. JSWF розпочався у вересні 2002 року з 200 сімей. Незалежна оцінка через чотири місяці задокументувала зменшення захворюваності на діарею на 55 % [23]. Однак дані отримані у результаті поперечного дослідження - аналізу даних від популяції в один момент часу, що не є настільки надійним для визначення результатів захворювання діареєю у порівнянні із рандомізованими, контрольованими дослідженнями. JSWF розширився до більш віддалених районів, що дозволило розповсюдити близько 1000 пляшок продукту на місяць для 1200 сімей (7200 осіб).

Цей тип програми досягає сільсько-го населення способами, які є культурно доречними та економічно вигідними, ніж багато інших програм. Крім того, ця програма створила попит у загальнодоступних громадах за допомогою вербальної реклами. Основними недоліками є залежність від генератора гіпохлориту та зовнішньої підтримки для залучення нових сімей.

Переваги хлорування в точці викори-

стання включають перевірене зменшення бактерій та більшості вірусів; залишковий захист від забруднення; простота використання і, таким чином, прийнятність для користувачів; перевірений вплив на здоров'я в множинних рандомізованих контрольованих дослідженнях; масштабованість; низька вартість.

Недоліки включають відносно низький захист від деяких вірусів та паразитів; нижча ефективність у воді, забрудненій органічними та певними неорганічними сполуками; потенційне погіршення смаку і запаху; занепокоєння щодо потенційного впливу побічних продуктів хлорування.

Фільтрація

Різноманітні пористі матеріали здавна використовувались для фільтрації видимих забруднень з води. Ці механічні фільтри є привабливим варіантом, оскільки існує безліч місцевих варіантів фільтрації води; вони прості у використанні та потенційно довговічні.

Дослідження впливу на здоров'я в Болівії показало 64%-ве зменшення діареї у користувачів керамічними свічковими фільтрами 0,2 мкм виробництва Швейцарії [8], які можуть бути легко очищені користувачами.

Фільтрація через біопісок (BSF).

Це повільний фільтр, пристосований для використання в будинку. Найбільш широко використовувана версія BSF - це контейнер, приблизно 0,9 метра у висоту та площею 0,3 метра, наповнений піском. Рівень води підтримується на 5-6 сантиметрах над шаром піску. Цей неглибокий шар води дозволяє біоактивному шару рости поверх піску. Це допомагає зменшити кількість мікроорганізмів, що викликають захворювання. Тарілка з отворами розміщується на верхній частині піску, щоб запобігти порушенню біоактивного шару при додаванні води в систему. Користувачі просто заливають воду в BSF, а в відрі є готова вода з випускної труби. У лабораторних та польових тестах BSF послідовно зменшував бактерії в середньому на 81-100 % [24] та найпростіші на

99,98-100 відсотків [25]. Початкові дослідження показали, що BSF видаляє менше 90 % вірусів [26].

Стратегії впровадження BSF були реалізовані за допомогою двох основних варіантів. У моделі NGO в Камбоджі та інших країнах вартість фільтрів субсидується, а NGO сприяє використанню BSF у громаді та забезпечує фільтри. У моделі мікропідприємств, що використовується в Кенії та Домініканській Республіці, місцеві підприємці конструюють BSF, отримують навчальні та стартап-матеріали, а потім продають фільтри у своїх громадах.

Регіональний проект NGO в Камбоджі Самарітанін (міжнародна громадська та релігійна організація), є одним з головних реалізаторів BSF - приблизно 30 000 із 100 000 фільтрів BSF у всьому світі. Розроблено посібник з впровадження, який використовується персоналом для технічної підтримки BSF Projects. Ця організація встановила 15 000 фільтрів у Камбоджі, де вона працює з місцевими партнерами для проведення інформаційних зустрічей з потенційними користувачами BSF. Учасників, зацікавлених в отриманні BSF, запрошують на другу навчальну зустріч, щоб зареєструватися на програму. Потім цю самостійну групу просять внести невелику кількість вартості BSF (близько 3 доларів США), відвідати тренінги фокус-групи з гігієни та використання BSF та відправити одного члена сім'ї для надання допомоги в монтажу BSF. Повна вартість встановлення BSF в будинку в Камбоджі становить 67 доларів США. Фінансування цього проекту в першу чергу надходить з Канадського агентства міжнародного розвитку.

Успіх цього проекту безпосередньо пов'язаний із співпрацею в Камбоджі. Проблеми з впровадженням включають людські помилки та вагу BSF (350 фунтів), що робить транспортування складним і ускладнює встановлення в будинках на сваях. Загалом 75 000 сімей чекають отримання фільтра. У міру зростання проекту засвоєні уроки зробили установку більш ефективною та менш дорогою.

Переваги BSF включають доведене видалення найпростіших та бактерій; висока прийнятність користувача через простоту використання та покращений вигляд та смак води; виготовлення з місцевих матеріалів; одноразовість установки з кількома вимогами до технічного обслуговування; тривалість експлуатації.

Недоліки BSF включають низьку швидкість інактивації вірусів; відсутність залишкового дезінфектанту та видалення менше 100 % бактерій, що призводить до повторного росту; поточну відсутність досліджень, що підтверджують вплив на здоров'я; складність транспортування та високу початкову вартість, що робить масштабованість більш складною.

Керамічна фільтрація

Керамічні фільтри традиційно використовуються для очищення води у всьому світі. В даний час найбільш широко відомий керамічний фільтр «Potters for Peace» (PFP), який імпрегнований сріблом. Його ємність 8,2 літра води всередині 20-30-літрової керамічної посудини зі шпилькою. Лабораторне тестування показало механічне видалення більшості бактерій та найпростіших через пори фільтру (0,6-3,0 мкм) та інактивацію сріблом [27]. Однак ефективність фільтра в інактивації вірусів невідома.

На основі NGO створено міжнародну мережу виробників PFP, яка допомагає засвоїти відповідні технології. Встановлено фабрику по виробництву фільтрів у Манагуа, Нікарагуа. Фінансування проекту спочатку надійшло з приватних фондів. Фабрика фільтрів є самофінансованим підприємством. NGO купляють фільтри по 10 доларів і транспортують до місць призначення. За 1999 - 2004 рр. PFP виготовляв і продав 23 000 фільтрів у Нікарагуа. PFP також встановив фабрики для виготовлення фільтрів у 12 інших країнах за рахунок організацій, які забезпечують фінансування технічної допомоги та будівництва.

Погане очищення та обслуговування фільтра часто призводить до повтор-

ного забруднення готової води [28]. Для вирішення цього питання PFP співпрацює з NGO для розробки, впровадження та оцінки освітньої програми, яка включає безпечне зберігання, належні процедури очищення фільтра та подальші візити, щоб забезпечити належне використання, а зламні фільтри замінюються. Цей навчальний компонент має вирішальне значення для реальної роботи.

Переваги керамічного фільтра PFP включають перевірене зменшення бактерій та найпростіших в лабораторії; простоту використання; тривалість використання при відсутності пошкоджень; відносно низьку вартість (місцеве виробництво фільтрів).

Недоліки включають невідому ефективність проти вірусів; відсутність залишкового дезінфектанту, що призводить до відновлення бактерій; відсутність досліджень впливу на здоров'я цієї конкретної конструкції фільтра; необхідність навчання користувачів для збереження чистоти фільтра та ємності; низьку продуктивність (1-2 літра на годину).

Сонячна дезінфекція

Сонячна дезінфекція (SODIS) була спочатку розроблена для недорогої дезінфекції води, що використовується для пероральних розчинів регідратації [29]. У 1991 році Швейцарський федеральний інститут екологічних наук та технологій почав досліджувати та впроваджувати сонячну дезінфекцію як варіант HWTS. Користувачі SODIS наповнюють 0,3–2,0-літрові пластикові пляшки водою сумнівної якості, струшують для вивільнення кисню і кладуть пляшки на дах протягом шести годин (якщо сонячно) або два дні (якщо хмарно). Доведено, що SODIS інактивує бактерії та віруси [30, 31]; *Cryptosporidium* також чутливі до сонячного опромінення [32]. Рандомізовані контрольовані дослідження показали, що SODIS ефективна для зменшення захворюваності на діарею на 9–86 % [11, 12, 33, 34].

Як технологія практично нульової

вартості, SODIS стикається з маркетинговими обмеженнями. Починаючи з 2001 року, місцеві NGO у семи країнах Латинської Америки, а також в Узбекистані, Пакистані, Індії, Непалі, Шрі-Ланці, Індонезії та Кенії розповсюджують SODIS шляхом навчання користувачів на низовому рівні, надаючи технічну допомогу партнерським організаціям та встановлюючи інформаційні мережі. Програма фінансується фондами Avina та Solaqua, приватними та корпоративними спонсорами та офіційною допомогою. Встановлено, що SODIS найкраще розповсюджується місцевими установами, які мають досвід роботи в галузі охорони здоров'я. Створення усвідомлення важливості знезараження питної води та встановлення змін у поведінці вимагає довгострокового підходу до навчання та повторного контакту з громадою. Швейцарський федеральний інститут науки та технологій розробив посібник з впровадження та надає технічну допомогу NGO, що впроваджують SODIS.

Проект NGO в Східному Ломбоку, Індонезія. Після успішного пілотного проекту дві місцеві NGO тісно співпрацювали з районним департаментом охорони здоров'я в Іст-Ломбоку, Індонезія, з просування SODIS [35]. Цей широкомасштабний проект розповсюдження працював через медичні програми підготовки службовців охорони здоров'я, санітарних заходів, викладачів та представників громади у покращенні гігієнічних практик та використання SODIS. Ці заходи охопили 144 села та 70 початкових шкіл у використанні SODIS, загалом 130 000 осіб за 14 місяців.

Проект забезпечив стійкість, тісно співпрацюючи з державними партнерами. Інтеграція гігієнічної освіти та SODIS у структуру медичного центру комунального здоров'я забезпечила тривалу безперервність проекту, що зменшило бактеріальне забруднення домашньої питної води на 97 %. Було придбано достатню кількість пластикових пляшок для кожної родини із транспортуванням та прода-

жем. Німецька корпорація Georg Fischer AG, забезпечила фінансування вартістю 0,80 долара США на душу населення.

Переваги SODIS включають перевірене зменшення бактерій, вірусів та найпростіших; перевірений позитивний вплив на здоров'я; прийнятність для користувачів через мінімальні витрати на обробку води, простоту використання та мінімальні зміни смаку води; відсутність повторного забруднення, оскільки вода споживається безпосередньо з невеликих вузьких пляшок (з ковпачками), в яких вона обробляється.

Недоліки включають необхідність зменшення каламутності води; низька прийнятність користувача через обмежений об'єм води, який можна обробити за один раз, і тривалість часу, необхідного для обробки; потрібен великий запас чистих пластикових пляшок належних розмірів.

Фільтрація та хлорування

Система Gift of Water Inc. (GWI) - це двокомпонентний пристрій з поліпропіленом у верхньому відрі і гранульованим активованим вуглецевим фільтром у нижньому відрі. Користувачі збирають воду у верхньому відрі, додають хлорпрепарат, чекають 30 хвилин, потім ставлять верхнє відро на нижнє, відкривають клапан, що дозволяє воді протікати через два фільтри в нижньому відрі. Воду видаляють із системи за допомогою крана в нижньому відрі, а невелику кількість хлорпрепарату додають в нижнє відро як залишковий захист. Доведено, що ця система достатньо інактивує бактерії для виконання керівних принципів ВООЗ [36]. Дослідження протозойного видалення були непереконливими [37]. Видалення вірусів не вивчено.

GWI є благодійною релігійною організацією, яка збирає, розповсюджує та реалізує сільські програми з очищувачем GWI. Церковні групи в Сполучених Штатах спонсорують співпрацю на Гаїті.

Після отримання фінансування співробітники GWI на Гаїті співпрацюють

із громадою, щоб створити комітет з очищення води та встановити очищувачі у 200-400 будинках. Крім того, двоє фахівців з охорони здоров'я місцевих громад навчаються головними техніками для відвідування будинків користувачів щотижня та контролю загального та залишкового активного хлору. Очищувач отримав високий рівень прийняття громади, а незалежне дослідження виявило 56 %-ве зменшення захворюваності на діарею у користувачів [36]. Програма розширюється зі швидкістю 8000-10 000 нових сімей на рік.

У липні 2004 року церква в Атланті, штат Джорджія, запропонувала GWI 5600 доларів США на встановлення 400 очищувачів, навчання членів громади та техніків та зарплату двох техніків. До вересня 2004 року програма провела навчання та встановила 200 фільтрів. Недоліком програми є повна залежність від зарубіжних донорів.

Переваги очищувача GWI високі швидкості видалення бактерій; наявність залишкового дезінфектанту; висока прийнятність серед користувачів через простоту використання та візуальне вдосконалення води; позитивний вплив на здоров'я.

Недоліки очищувача GWI є невідоме видалення вірусів та найпростіших; необхідність регулярної заміни фільтра, технічної підтримки та постійної освіти, крім одночасних постійних витрат.

Флокуляція та хлорування

Компанія Procter & Gamble (P&G) розробила варіант HWTS для користувачів та NGO під назвою PUR Purifier Water. Цей невеликий пакет містить порошкоподібний сульфат заліза (флокулянт) та гіпохлорит кальцію (дезінфікуючий засіб). Щоб використовувати PUR, користувачі відкривають саше, додають вміст до відкритого відра, що містить 10 літрів води, перемішують протягом п'яти хвилин, проціжують воду через бавовняну тканину у другу ємність, добавляють гіпохлорит і чекають 20 хвилин для інактивації мікроор-

ганізмів.

PUR включає як видалення частинок, так і дезінфекцію. Через цю подвійну обробку, PUR має високу швидкість видалення бактерій, вірусів та найпростіших, навіть у водах із високою каламутністю [38, 39]. Застосування PUR зменшило частоту захворювань на діарею від 16 % до більш ніж 90 % у п'яти рандомізованих дослідженнях [13, 40-43]. Він також може видалити важкі метали, такі як мідь. PUR пропонується для використання в надзвичайних ситуаціях за 0,035 долара США за саше, плюс доставка.

P&G нещодавно перейшов від досліджень та розробки продукту PUR до досліджень ефективних стратегій впровадження у Гаїті, Пакистані та Уганді, а також розповсюдження під час надзвичайних подій.

У відповідь на затоплення після урагану Jeanne, Гаїті у вересні 2004 року, були розповсюджені триста тисяч саше. PSI та персонал догляду пройшли навчання у використанні продукту, розповсюджені PUR та освітніх матеріалів для постраждалих громад.

Оскільки правильне використання PUR вимагає декількох кроків, успіх програми на Гаїті був обумовлений добре навченому персоналу, який розумів продукт, «навчив тренерів» (членів місцевої громади) та надав їм навички, знання та матеріали для навчання інших за допомогою демонстрацій [44]. Уроки, отримані на Гаїті, допомогли уніфікувати процедури реагування на надзвичайні ситуації в інших місцях. У таборах для біженців у Ліберії дослідники університету Джона Хопкінса провели тренінги, демонстрації, необхідні для використання продукту. Вони задокументували зниження на 93,6 % захворюваності на діарею серед користувачів PUR порівняно з контрольною групою (43). До цунамі у Південній Азії в грудні 2004 року було закуплено 5 мільйонів пакетів PUR для реагування на надзвичайні ситуації. З тих пір було придбано та транспортовано понад 16

мільйонів пакетів до районів, постраждалих від цунамі в Індонезії, Шрі-Ланці та Мальдівах.

Перевагами PUR є видалення або інактивація вірусів, бактерій, паразитів, важких металів та пестицидів, навіть у сильно каламутних водах; залишковий захист; перевірений позитивний вплив на здоров'я; прийнятність користувача через візуальне вдосконалення якості води; простота масштабованості або використання в надзвичайних ситуаціях, оскільки пакетики виробляються централізовано і легко транспортуються (через їх невеликий розмір, тривалий термін зберігання та класифікацію як небезпечний матеріал при відвантаженні повітря); зниження канцерогенного ризику від побічних продуктів хлорування, оскільки органічні речовини видаляються в процесі обробки.

Недоліками PUR є необхідність навчання нових користувачів та часу для обробки води; наявність двох відер, тканини та лопатки для перемішування; високі відносні витрати на літр обробленої води.

Обговорення

Багато дослідників, приватних компаній, неурядових організацій, донорів, закладів охорони здоров'я та кінцевих користувачів зацікавлені у варіантах HWTS та механізмах їх впровадження. База доказів для цих втручань добре встановлена та зростає, а активна програма подальших технічних та операційних досліджень проводиться на декількох напрямках.

Реалізація HWTS отримала численні успіхи. Перш за все, польові програми задокументували зменшення діарейних захворювань у кінцевих користувачів.

Фактори, що сприяли успішним програмам, включають можливість отримати якісні компоненти HWTS (та будь які замінні частини) локально; зміну спілкування та/або соціального маркетингу; наявність матеріалів для впровадження та технічної допомоги для підтримки на місцях.

Проекти впровадження HWTs також зіткнулися з значними проблемами, включаючи питання щодо впливу на здоров'я цих втручань у масштабних ситуаціях «реального світу»; довгостроковий доступ до запасів; масштабування ефективного доступу до безпечної води у місці її вживання.

Більш великі дослідження продемонструють вплив HWTs на здоров'я в реальних умовах. Ефективне розширення на глобальний масштаб потребує творчого поєднання ринку, мікропідприємництва та підходів на основі громади. Довгострокова мета водної інфраструктури для всіх повинна передбачати досягнення короткострокової мети як користі для здоров'я від обробки води у домогосподарствах. Дослідження можуть допомогти забезпечити впровадження обох стратегій для досягнення обох цілей.

Висновок

Системи HWTs є доведеними, недорогими втручаннями, які мають потенціал отримання безпечної води в найближчій перспективі і, таким чином, значно знизять ризики хвороб, що переносяться водою, та покращать якість життя. Реалізація HWTs розвинулася від невеликих пілотних проектів у національні програми і тепер стикається з викликом досягнення числених потреб у безпечній питній воді. Активна, різноманітна та розширювальна спільнота дослідників, приватних компаній, благодійних організацій, міжнародних та місцевих NGO, донорів можуть відігравати головну роль у зменшенні частки людей без доступу до безпечної води. Досягнення цієї мети потребує постійної співпраці, інвестицій, досліджень та розробок, але це найкраща надія на зменшення хвороб та смерті у країнах, що розвиваються.

References

1. WHO/UNICEF. (2000). Global water supply and sanitation assessment 2000 report. Geneva: WHO & UNICEF. Available online from http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/globalassess/en/
2. WHO/UNICEF. (1992). Water supply and

- sanitation monitoring report 1990. New York: WHO & UNICEF.
3. World Bank Group. (2004). Millennium Development Goals: About the goals. Retrieved February 14, 2004, from http://www.developmentgoals.org/About_the_goals.htm
4. WHO/UNICEF. (2004). Meeting the MDG drinking water and sanitation target: A mid-term assessment of progress. Geneva: WHO & UNICEF. Available online at http://www.who.int/water_sanitation_health/monitoring/en/jmp04.pdf
5. Esrey S. A., Potash J. B., Roberts L., Shiff C. (1991). Effects of improved water supply and sanitation on ascariasis, diarrhoea, dracunculiasis, hookworm infection, schistosomiasis, and trachoma Bulletin of the World Health Organization 69(5), 609-621.
6. Fewtrell L., Colford J. M. (2004). Water, sanitation and hygiene: Interventions and diarrhoea: A systemic review and meta-analysis (Health, Nutrition, and Population Discussion Paper). Washington, DC: World Bank. Available online at <http://siteresources.worldbank.org/healthnutritionandpopulation/Resources/281627-1095698140167/Fewtrell&ColfordJuly2004.pdf>
7. Clasen T. F., Bastable A. (2003). Faecal contamination of drinking water during collection and household storage: The need to extend protection to the point of use. Journal of Water and Health 1(3), 109-115.
8. Clasen T. F. et al. (2004). Reducing diarrhea through the use of household-based ceramic water filters: A randomized, controlled trial in rural Bolivia American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 70(6), 651-657.
9. Quick R. E. et al. (1999). Diarrhea prevention in Bolivia through point-of-use disinfection and safe storage: a promising new strategy. Epidemic Infections 122, 83-90.
10. Quick R. et al. (2002). Diarrhea prevention through household-level water disinfection and safe storage in Zambia American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 66(5), 584-589.
11. Conroy Ronan M. et al. (1999). Solar disinfection of water reduces diarrhoeal disease: An update. Archives of Disease in Childhood 81(4), 337-338.
12. Conroy Ronan M. et al. (2001). Solar disinfection of drinking water protects against cholera in children under 6 years of age. Archives of Disease in Childhood 85(4), 293-5.
13. Reller M. E. et al. (2003). A randomized controlled trial of household-based flocculant-disinfectant drinking water treatment for diarrhea prevention in rural Guatemala

- American Journal of Tropical Medicine and Hygiene 69(4), 411-419.
14. WHO. (2005). The international network to promote household water treatment and safe storage. Retrieved February 14, 2005, from http://www.who.int/household_water/en/
15. Gordon G., WJ. Cooper, R.G. Rice, G.E. Pacey. (1987). Disinfectant residual measurement methods. Denver, CO: AWWA Research Foundation, American Water Works Association.
16. Mintz E., F. Reiff, R. Tauxe. (1995). Safe water treatment and storage in the home: A practical new strategy to prevent waterborne disease. *Journal of the American Medical Association* 273(12), 948—953.
17. Tauxe R. (1995). Epidemic cholera in the new world: Translating field epidemiology into new pre-vention strategies. *Emerging Infectious Diseases* 1(4), 141-146.
18. Luby S. P. et al. (2004). Delayed effectiveness of home-based interventions in reducing childhood diar-rhea, Karachi, Pakistan. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 71(4), 420—427.
19. Semenza J. et al. (1998). Water distribution system and diarrheal disease transmission: A case study in Uzbekistan. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 59(6), 941-6.
20. American Water Works Association. (1999). *Water quality and treatment: A handbook of community water supplies* (Fifth Ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.
21. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). (2001). *Safe water systems for the developing world: A handbook for implementing household-based water treatment and safe storage projects*. Atlanta, GA: CDC. Available online from <http://www.cdc.gov/safewater>
22. Olembo L., F.A.D. Kaona, M. Tuba, G. Burnham. (2004, September). *Safe water systems: An evaluation of the Zambia CLORIN Program (Final Report)*. U.S. Agency for International Development, through the Environmental Health Project. Available online at <http://www.ehproject.org/PDF/Others/Zambia%20Report%20Format.pdf>
23. Brin G. (2003). *Evaluation of the Safe Water System in Jolivet Haiti by bacteriological testing and public health survey*. Unpublished master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA
24. Kaiser N., K. Liang, M. Maertens, R. Snider. (2002). *2002 BSF evaluation report: Summary of all Lab and Field Studies*. Samaritan's Purse, Canada. Available online at <http://www.cawst.org/technology/watertreatment/summaryoflabandfield.php>
25. Palmateer G. et al. (1999). Toxicant and parasite challenge of Manz Intermittent Slow Sand Filter. *Environmental Toxicology* 14, 217-225.
26. Sobsey M. D. (2002). *Managing water in the home: Accelerated health gains from improved water supply* (WHO/SDE/ WSH/02.07). Geneva: World Health Organization. Available online at http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/en/WSH02.07.pdf
27. Lantagne D. S. (2001a). *Investigation of the Potters for Peace colloidal silver impregnated ceramic filter: Report 1: Intrinsic effectiveness*. Boston, MA: Alethia Environmental. Available via email from daniele@alethia.cc
28. Lantagne D. S. (2001b). *Investigation of the Potters for Peace colloidal silver impregnated ceramic filter: Report 2: Field investigations*. Boston, MA: Alethia Environmental. Available via email from daniele@alethia.cc
29. Acra A, Z. Raffoul, Y. Karahagopia (1984). *Solar disinfection of drinking water and oral rehydration solutions - Guidelines for household application in developing countries*. Beirut, Lebanon: UNICEF, American University of Beirut.
30. Wegelin M. et al. (1994). *Solar water disinfection: Scope of the process and analysis of radiation experiments*. *Aqua (Oxford)* 43(4), 154-169.
31. Sommer B. et al. (1997). SODIS: An emerging water treatment process. *Aqua (Oxford)* 46(3), 127-137.
32. Mendez-Hermida F. et al. (2005). Effect of batch process solar disinfection (SODIS) on the survival of *Cryptosporidium parvum* oocysts in drinking water. *Applied Environmental Microbiology* 71(3), 1653-4.
33. Conroy R. M. et al. (1996). Solar disinfection of drinking water and diarrhoea in Maasai children: A controlled field trial. *Lancet (N. American edition)* 348(9043), 1695—1697.
34. Hobbins M. (2003). *The SODIS health impact study*. Unpublished doctoral dissertation, Swiss Tropical Institute, Basel, Switzerland.
35. Meierhofer R. (2005). *A case example of water quality improvement through SODIS from East Lombok, Indonesia*. Available via email from regula.meierhofer@eawag.ch
36. Varghese A. (2002). *Point-of-use water treatment systems in rural Haiti: Human health and water quality impact assessment*. Unpublished master's thesis, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA
37. Borucke M. (2002). *Filtration of Giardia cysts from Haitian drinking water*. Unpublished master's thesis, Massachusetts Institute of

- Technology, Cambridge.
38. Souter P. F. et al. (2003). Evaluation of a new water treatment for point-of-use household applications to remove microorganisms and arsenic from drinking water. *Journal of Water and Health* 1(2), 73–84.
39. Le B.T., J.G. Jacangelo, K.J. Schwab. (2003, May). "Viral inactivation in surface water using a metal coag-ulant combined with granular slow-release chlorine." Paper presented at American Society for Microbiology Annual Meeting, Washington, DC. Abstract available online from: http://www.pghsi.com/safewater/pur_abstracts.html
40. Chiller T. M. et al. (2003, December). Taking the dirt out of dirty water: Introducing a new flocculent-disinfectant for house-hold treatment of drinking water dramatically reduces diarrhea in rural Guatemala. Paper presented at the American Society of Tropical Medicine and Hygiene Annual Meeting. Philadelphia, PA Abstract available online from http://www.pghsi.com/safewater/pur_abstracts.html
41. Crump J. A. et al. (2004, March). Trial of household-based flocculant-disinfectant drinking water treatment for diarrhea prevention in the setting of highly turbid source water in rural Kenya. Paper presented at the International Conference on Emerging Infectious Diseases, Atlanta, Georgia. Abstract available online from http://www.pghsi.com/safewater/pur_abstracts.html
42. Agboatwalla M. (2004, May). Health intervention trial in Karachi with new household water treatment method. Paper presented at International Symposium on Safe Drinking Water, Karachi, Pakistan.
43. Doocey S. (2005). Report of PuR effectiveness trial in a refugee camp in Liberia. Monrovia, Liberia: Unpublished report. Available via email from allgood.gs@pg.com
44. Bowen A, R. Colindres, S. Jain. (2005, January 12). Epi-Aid #2005-009 trip report: Assessment of post-Hurricane Jeanne disease surveillance and emer-gency PuR distribution—Gonaives, Haiti, 2004. Atlanta GA: Centers for Disease Control and Prevention
- Вперше надійшла до редакції 03.12.2024 р.
Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування

УДК 628.162: 613.34.: 502.65+546.134

DOI <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.15066110>

АНАЛІЗ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКУ МІЖ ДІАРЕЄЮ ТА ФЕКАЛЬНИМ ЗАБРУДНЕННЯМ ВОДИ

**Вастьянов Р.С.¹, Мокієнко А.В.², Солтик С. М.¹, Дубовик С. Л.¹,
Садовий К.К.¹, Лігалов В.В.¹**

¹Одеський національний медичний університет

²Національний університет «Острозька академія»

E-mail: mokienkoav56@gmail.com

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DIARRHEA AND FECAL WATER POLLUTION

**Vastyanov R.S.¹, Mokienko A.V.², Soltyk S.M.¹, Dubovyk S. L.¹,
Sadoviy K.K.¹, Lihalov V.V.¹**

¹Ostroh Academy National University

²Odessa National Medical University

E-mail: mokienkoav56@gmail.com

Summary/Резюме

The work analyzes the quality of water and diarrhea to establish a hypothetical relationship in India. Mapping of water sources and bacteriological parameters of water quality from surface (SW) and underground (GW) sources. Data on sources of drinking water, pollution levels with fecal collar (FC) and cases of diarrhea were studied. The main