

УДК 613.32:616.36 - 002.1 - 036.22 (477.74)

**В.В. Бабієнко, докт. мед. наук, проф.;** **А.В. Мокієнко, докт. мед. наук**  
Одеський національний медичний університет

## ОЦІНКА РИЗИКУ В МІКРОБІОЛОГІЇ ВОДИ

**V.V. Babienko, dr. med. sciences, prof.;** **A.V. Mokienko, dr. med. sciences**  
Odessa National Medical University

## RISK ASSESSMENT IN WATER MICROBIOLOGY

Сьогодні змінюється погляд на наявність у питній воді патогенних мікроорганізмів. Вимога повної відсутності будь-яких патогенних організмів більше не є важливою у світлі нових патогенів, деякі з яких навіть здатні розмножуватися в системі питної води. Нова Директива Ради Європейського Союзу (Directive (EU) 2020/2184) щодо якості води, призначеної для споживання людиною, враховує цей новий погляд і дає нове визначення питної води.

Стаття 4 (п. 1) цієї директиви вимагає, щоб вода для споживання людиною була «...вільна від будь-яких мікроорганізмів і паразитів, а також від будь-яких речовин, які у кількості або концентрації становлять потенційну небезпеку для здоров'я людини». Це означає, що патогенні мікроорганізми допустимі у воді, яка призначена для споживання людиною, якщо вони не присутні в концентраціях, які викликають неприйнятні проблеми зі здоров'ям, такі як спалахи або велика кількість спорадичних випадків. Всесвітня організація охорони здоров'я дотримується подібної точки зору.

У Статті 7 Директиви сформульовано ризик-орієнтований підхід до забезпечення безпеки водних ресурсів.

1. Держави-члени забезпечують, щоб постачання, очищення та розподіл води, призначеної для споживання людиною, здійснювалися з урахуванням заснованого на ризику підходу, що охоплює весь ланцюжок поставок від водозбірної басейну, забору, обробки, зберігання та розподілу води до пункту отримання, зазначеного в статті 6 (1a): у випадку води, призначеної для споживання людиною, що подається з розподільчої мережі, у точці, що знаходиться в приміщенні або установі, в якій вода виходить із кранів, які зазвичай використовуються для води, призначеної для споживання людиною.

Ці твердження призводять, звичайно, до питання про прийнятний ризик зараження патогенними мікроорганізмами у воді та максимально допустиму концентрацію мікроорганізмів, що відповідає цьому ризику. Прийнятний рівень ризику має базуватися на консенсусі в суспільстві. Ризик небезпеки  $10^{-4}$ - $10^{-5}$  (тобто 1 випадок на 10 000 до 1 випадку на 100 000) вважається прийнятним у багатьох сферах (наприклад, хімічні небезпеки та аварії). Відповідно, Агентство з охорони навколишнього середовища США визначило річний ризик  $10^{-4}$  (одна інфекція на 10 000/рік) як прийнятний для інфекційних захворювань, отриманих через питну воду. Щоб визначити допустиму концентрацію збудника, яка відповідає цьому узгодженому прийнятному ризику, необхідно знати співвідношення доза-реакція між концентрацією збудника та кількістю інфікованих осіб серед загальної кількості осіб, які зазнали впливу.

Взаємозв'язки доза-відповідь були встановлені для кількох патогенів, у тому числі *S. typhi*, *G. lamblia* та ротавірусу, головним чином шляхом проковтування різних рівнів патогенів здоровими добровольцями та спостереження за швидкістю розвитку інфекції або захворювання. Результати показали, що інфекційна доза була найвищою для класичних патогенів, таких як *V. cholerae* або *S. typhi* і найнижчою для деяких нових патогенів, таких як ротавірус, *G. lamblia* та *C. jejuni*. Для 1 % зараження

розраховано такі інфекційні дози: холерний вібріон 1428 клітин; *V. cholera* El Tor, 667 клітин; *S. typhi*, 263 клітини; ротавірус, 0,03 віруси; *G. lamblia* 0,5 кл.; *C. jejuni*, 1,4 клітини.

З практичних причин ці експерименти проводилися з відносно високими дозами патогенів. Таким чином, результати впливу низьких рівнів патогенів повинні бути екстрапольовані з експериментальних даних за допомогою математичних ймовірнісних моделей. Було описано кілька моделей, які дозволяють, з певними додатковими припущеннями, передбачити ризик впливу, пов'язаний із впливом низьких рівнів патогенів. На основі цих моделей можна розрахувати допустиму концентрацію відповідного збудника у воді, яка відповідає прийнятному ризику  $10^{-4}$ . Отримані допустимі концентрації є дуже низькими для патогенів із низькими інфекційними дозами, тобто 0,3 вірусів/100 літрів і 0,2 цист/100 літрів для ротавірусу та *G. lamblia*, відповідно (припускаючи щоденне споживання 2 літрів питної води). У світлі цих результатів рутинний моніторинг цих патогенів у питній воді, звичайно, нерентабельний. Однак виявлення класичних індикаторів не вказує на контамінацію більшістю нових патогенів, оскільки *E. coli* та ентерококи набагато менш стійкі до хлору, ніж, наприклад, цисти *Cryptosporidium*. Спороутворюючу бактерію *Clostridium perfringens* було запропоновано як новий індикатор присутності *Cryptosporidium* і *Giardia spp.* Виявлено певну кореляцію в поверхневих водах, особливо якщо вони забруднені стічними водами, на відміну від підземних вод або питної води.

Одним із способів моніторингу концентрації цих патогенів у питній воді є визначення їх концентрації в сирій воді та судження про ефективність процесів очищення. Це призводить до припущення, що фактична концентрація патогенів у питній воді навіть нижче межі виявлення. Наприклад, якби обробка дозволила зменшити кількість цист лямблій на 3 log, концентрація 20 цист у 100 літрах була б допустимою в сирій воді з річним ризиком  $10^{-4}$ .

Вищі концентрації в сирій воді призведуть до підвищення рівня ризику. Те ж саме вірно, якщо *C. parvum* або *G. lamblia* виявлені у питній воді на рівнях вище 0,3 цист/100 літрів для *G. lamblia*. У цих системах водопостачання ризик зараження ймовірно, вищий, ніж прийнятний ризик  $10^{-4}$ .

Виникає питання: чи наслідки цього підвищеного ризику настільки серйозні, що потрібно вживати додаткових заходів для зменшення кількості цих патогенів у системах водопостачання і на якому рівні ці додаткові заходи є економічно ефективними? Запропоновано розрахувати витрати, викликані вищим рівнем захворювання, використовуючи концепцію років життя з поправкою на інвалідність [(кількість смертей x очікувана тривалість життя) + (кількість хвороб x тривалість x тяжкість)] і встановити ці витрати по відношенню до витрат на краще лікування або кращий захист ресурсів від фекального забруднення.

Підсумок показав, що оцінка мікробіологічного ризику дозволить нам визначати стандарти якості води шляхом кількісних оцінок ризиків для здоров'я населення. Однак проблема полягає в тому, що даних, необхідних для виконання такої оцінки, мало. Епідеміологічні дані, які б корелювали захворюваність із кількістю збудників у воді, здебільшого відсутні. Крім того, експериментальні залежності доза-реакція були встановлені на обмеженій кількості здорових добровольців. Тоді як багато нових патогенів є особливо критичними для людей з ослабленим імунітетом. Взаємозв'язки доза-відповідь доступні лише для дуже небагатьох патогенів. Оцінка ризику щодо інших нових патогенів поки що неможлива. Це особливо вірно для нових патогенів, які здатні рости у системах розподілу води, таких як легіонели та мікобактерії.

Вищезазначене свідчить, що проблема ризику водних патогенів та інфекцій, які вони викликають, залишається глобальним фактором впливу на здоров'я населення.