

PRACTICAL USE OF RADIATION PARAMETERS OF DRINKING WATER QUALITY: GUIDELINES OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS AND UKRAINIAN EXPERIENCE

Mykhailova L.L., Buzynny M.G.

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ: НАСТАНОВИ МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

Н

**МИХАЙЛОВА Л.Л.,
БУЗИННИЙ М.Г.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Наразі під час розробки стратегії забезпечення якості води у країнах світу беруть до уваги настанови і рекомендації, вироблені такими авторитетними організаціями, як Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ), Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ), Міжнародна агенція з атомної енергії (МАГАТЕ), а також директиви Європейського Парламенту та Ради Європи, Європейської спільноти з атомної енергії (Євратом), Агенції США з охорони навколишнього середовища (USEPA), дані Наукового комітету ООН з дії атомної радіації (НКДАР ООН) тощо.

Так, ВООЗ було розроблено низку стандартів і настанов з якості питної води, які від 1995 року переглядалися, оновлювалися і публікувалися з доповненнями. На основі розвитку концепцій, підходів та інформації, представлених у попередніх виданнях настанов,

було вироблено всебічний підхід до профілактичного управління ризиками, у тому числі ризиками для здоров'я від споживання питної води, яка містить радіонукліди.

МКРЗ, яка є незалежним неурядовим експертним органом, було вироблено основні принципи та рекомендації щодо радіаційного захисту, які стали основою національних правил, покликаних регулювати радіаційне опромінення професійних працівників і населення. Вони також стали використовуватися МАГАТЕ і увійшли до Основних норм радіаційного захисту, опублікованих спільно з ВООЗ.

НКДАР ООН, міжурядовий орган Генеральної Асамблеї ООН, від 1955 року займається збором, вивченням і поширенням інформації щодо рівнів іонізуючого опромінення та радіоактивності у довкіллі, а також впливу опромінення на людину та довкілля. Принципи радіаційного захисту та аналіз

ПРАКТИЧНЕ ВИКОРИСТАННЯ РАДІАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ: НАСТАНОВИ МІЖНАРОДНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ ТА УКРАЇНСЬКИЙ ДОСВІД

Михайлова Л.Л., Бuzинний М.Г.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»

Проведено аналіз документів провідних міжнародних організацій та наукових робіт з точки зору вироблення стратегії забезпечення радіаційних параметрів якості питної води.

Розглянуто параметри радіаційної якості питної води, трактування результатів моніторингу за скринінговим і рекомендованим рівнями, за значенням критерію індивідуальної дози, а також алгоритми встановлення частоти моніторингу радіаційних параметрів питної води.

Мета дослідження — аналіз документів авторитетних міжнародних організацій та наукових робіт з точки зору розробки стратегії забезпечення радіаційної якості питної води, а також особливостей практичного застосування параметрів радіаційної якості води у світі та Україні.

Методи: бібліографічні, аналітичні.

Матеріали. Проведено аналіз документів

міжнародних організацій (ВООЗ, МАГАТЕ, МКРЗ, НКДАР), а також вагомих наукових публікацій щодо радіаційної якості питної води через призму досвіду вимірювання вмісту радіонуклідів у питній воді на території України.

Результати. Матеріали міжнародних документів та наукових публікацій свідчать про те, що оцінка радіаційних параметрів якості питної води вимагає виваженого аналізу. Іноді за результатами лише одного визначення сумарної альфа- та сумарної бета-активності неможливо зробити однозначний висновок щодо придатності або непридатності питної води для споживання. Зважаючи на значну неоднорідність території України за геологічними характеристиками, для отримання достатніх даних щодо радіоактивності підземних вод необхідним є проведення широких скринінгових досліджень радіаційної якості води у регіонах країни з залученням геологічних і моніторингових служб, місцевих органів.

Ключові слова: питна вода, радіонукліди, сумарна альфа-активність, сумарна бета-активність, скринінгові рівні, рекомендовані рівні, критерій дози.

© Михайлова Л.Л., Бuzинний М.Г. СТАТТЯ, 2020.

великих масивів інформації стали основою для розробки і прийняття Радою ЄС Директиви 80/778/ЄС про якість води, призначеної для споживання людиною [1], а згодом і Директиви 98/83/ЄС від 3 листопада 1998 року [2], в якій було скориговано окремі положення з метою відповідності новим досягненням науки і техніки, а також у рамках Договору ЄС узгоджено основні параметри, які мають вирішальне значення для контролю якості води і здоров'я людей – максимальні значення вмісту тритію (100 Бк/л) та величини індикативної дози (0,1 мЗв/р.).

У листопаді 2013 року в Офіційному журналі ЄС було опубліковано Директиву Ради 2013/51/EURATOM ... [3], в якій викладено вимоги щодо безпечного вмісту радіоактивних речовин у воді, призначеній для споживання людиною. У документі розглянуто гіпотези про фактичне споживання питної води для різних вікових груп, інші гіпотези, засновані на опитуваннях, проведених у різних країнах, представлено приклади розрахованих безпечних значень активності радіонуклідів у питній воді для різних вікових груп.

Серед нещодавно опублікованих міжнародних документів чи не найбільший практичний інтерес викликає Настанова ВООЗ 2018 року щодо управління радіоактивністю питної води [4], яка містить низку обґрунтованих пояснень і є корисною для організацій, що встановлюють або застосовують стандарти, пов'язані з радіоактивністю питної води, для установ, які надають підтримку з цих питань, а також для постачальників води, регуляторних органів, фахівців з радіаційного захисту тощо.

У Настанові [4] підкреслюється, що незважаючи на, здавалось би, низькі ризики для здоров'я від присутності радіонуклідів у питній воді наслідки для здоров'я від них у звичних ситуаціях не будуть негайними, але у перспективі

можуть проявитися у мешканців територій з підвищеними рівнями природної радіоактивності, які тривалий час споживають воду із підземних джерел. До надходження радіонуклідів у питну воду може також призвести промислова діяльність, використання радіонуклідів у промисловості та медицині. Коли є припущення, що до джерел питної води може потрапляти значна кількість радіонуклідів, вміст їх слід контролювати.

Для оцінки якості питної води за вмістом радіонуклідів введено спеціальні критерії – скринінгові та рекомендовані рівні вмісту радіонуклідів, критерій індивідуальної дози (КІД). Документ надає чіткі пояснення щодо використання критеріїв, а також приділяє увагу процедурі оцінювання потенційного впливу радіонуклідів, присутніх у воді, на здоров'я: ідентифікацію присутніх радіонуклідів, вимірювання їхньої активності та оцінку потенційних доз опромінення, окреслення заходів з метою зниження активності радіонуклідів у питній воді.

Скринінгові рівні. Відповідно до Настанови [4] скринінгові рівні є оперативними критеріями, які виражаються у вигляді сумарної альфа- та сумарної бета-активності. Це максимальні значення параметрів (0,1 Бк/л та 1,0 Бк/л відповідно), нижче яких не потрібно вживати жодних подальших дій, оскільки ці значення гарантують, що зазвичай доза 0,1 мЗв/р. не буде перевищеною. Скринінгові рівні дозволяють постачальникам води та регуляторним органам оцінювати загальну радіоактивність питної води, «...ефективно використовуючи ресурси та кошти з огляду на те, що процес ідентифікації окремих радіонуклідів у питній воді та визначення їхньої активності є трудомістким, ресурсоємним та дорогим» [4]. Оскільки у більшості ситуацій активності радіонуклідів у питній воді є досить низькими, для звичайного моніторингу детальний

аналіз, як правило, не є виправданим.

З іншого боку, перевищення скринінгового рівня сумарної альфа- або сумарної бета-активності не обов'язково означає, що критерій індивідуальної дози 0,1 мЗв/р. буде перевищено, адже може виявитися, що повторні вимірювання покажуть інший результат, і цілком можливо, що вода споживається у кількості менше 2 л на добу. Таким чином, якщо вперше встановлено перевищення будь-якого скринінгового рівня, рекомендується повторити вимірювання. Якщо перевищено скринінговий рівень сумарної бета-активності, від результату вимірювання слід відняти внесок калію-40. Після цього достовірність результату підтверджується повторним вимірюванням, а також достовірність залишку первинного зразка питної води.

Після підтвердження результатів першого вимірювання наступним кроком є проведення подальших вимірювань сумарної альфа- та/або сумарної бета-активності для виявлення можливих варіацій активності радіонуклідів у воді з часом. Якщо є можливість, бажано наступні зразки відбирати щонайменше щотижня протягом декількох тижнів, причому слід відбирати достатній об'єм зразка, щоб пізніше, за потреби, можна було провести аналіз вмісту окремих радіонуклідів [4]. Якщо значення вимірюваної сумарної альфа- та/або бета-активності продовжують перевищувати скринінгові рівні, Настанова ВООЗ рекомендує досліджувати зразки протягом принаймні кількох місяців для розуміння потенційних сезонних змін; усереднені протягом тривалого періоду значення не мають перевищувати скринінгові рівні (інколи трапляються нестабільні джерела води, в яких активність радіонуклідів може змінюватися у широких межах).

Під час вимірювання сумарної альфа-активності виявляються усі присутні у питній воді радіонукліди, що випро-

PRACTICAL USE OF RADIATION PARAMETERS OF DRINKING WATER QUALITY: GUIDELINES OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS AND UKRAINIAN EXPERIENCE

Mykhailova L.L., Buzynny M.G.

SI «Marzieiev O.M. Institute for Public Health, NAMS Ukraine», Kyiv

The analysis of the documents of the authoritative international organizations and scientific works was carried out from the point of view of the development of the strategy for ensuring the radiation quality of drinking water.

The radiation parameters of the quality of drinking water, the interpretation of monitoring results by screening and recommended levels, the value of the individual dose criterion, as well as algorithms for establishing the frequency of monitoring of the radiation parameters of drinking water were considered.

Objective: *We analyzed the documents of reputable international organizations and scientific works in terms of the development of the strategy for ensuring radiation quality of drinking water and the features of the practical application of the parameters of water radiation quality in the world and Ukraine.*

Methods: *bibliographic, analytical.*

Materials: *We performed the analysis of the documents of international organizations (WHO, IAEA, ICRP, UNSCEAR), as well as scientific publications on the radiation quality of drinking water in the light of the experience in measuring the content of drinking water radionuclides at the territory of Ukraine.*

Results: *Materials of the international documents and scientific publications demonstrate that the assessment of radiation quality of drinking water requires a balanced analysis. In some cases, based on the results of only one determination of the total alpha and total beta activity, it is impossible to draw an unambiguous conclusion about the suitability or unsuitability of drinking water for consumption.*

Taking into account the geological heterogeneity of the territory of Ukraine, in order to obtain sufficient data on the radioactivity of groundwater, it is necessary to conduct extensive screening studies of the radiation quality of water in the regions of the country with the involvement of geological and monitoring services, local authorities.

Keywords: *drinking water, radionuclides, total alpha activity, total beta activity, screening levels, recommended levels, individual dose criterion.*

мінюють альфа-активність, а під час вимірювання сумарної бета-активності виявляється більшість радіонуклідів, які виділяють бета-частинки. Однак існують радіонукліди, які неможливо виявити методами вимірювання сумарної бета-активності, оскільки вони або не випромінюють бета-частинки, або енергія випромінювання бета-частинок є занадто низькою для ефективного її виявлення за допомогою низки методів. Одним із таких радіонуклідів, які не виявляються методами вимірювання сумарної бета-активності, є тритій. У Директиві Євратому щодо питної води наголошується, що держави-члени ЄС зобов'язані контролювати тритій у воді, призначений для споживання людиною, коли у зоні водозбору є джерело тритію або іншого техногенного радіонукліда, а на основі інших програм спостереження або досліджень немає можливості довести, що рівень тритію є нижчим за параметричне значення 100 Бк/л [4].

Через низьку енергію бета-частинок і дуже низьку ефективність їх виявлення під час вимірювання сумарної бета-активності можуть бути недооцінені свинець-210 та радій-228. Якщо ці радіонукліди дають найбільший внесок у сумарну бета-активність, може мати місце перевищення КІД, навіть якщо скринінговий рівень не перевищено. Таким чином, за наявності інформації щодо присутності цих радіонуклідів у воді (геологічні дані, вміст радіонуклідів у гірських породах та ґрунті тощо) слід проводити визначення їхньої активності [4].

У разі перевищення будь-якого із скринінгових рівнів необхідно визначати активності окремих радіонуклідів, які порівнюють зі встановленими рекомендованими рівнями.

Рекомендовані рівні розраховані окремо для кожного з радіонуклідів і дорівнюють такій активності, за присутності якої у питній воді, що споживається у кількості 2 л на добу, призведе до отримання

індивідуальної дози 0,1 мЗв. Щоб зрозуміти, які радіонукліди можуть призводити до перевищення скринінгових рівнів, слід проаналізувати усю доступну інформацію: дані моніторингу навколишнього середовища у регіоні та місці видобування води, факти, які могли призвести до скиду радіонуклідів на територію водозбору, та геологічні особливості місцевості. Найчастіше у воді присутні радіонукліди природного походження – радій-226, радій-228, уран, тому для перевірки КІД необхідно розраховувати суму доз від кожного з них. Встановлено значення рекомендованих рівнів: радону-222 – 100 Бк/л, радію-226 – 1,0 Бк/л, радію-228 – 1,0 Бк/л, суміші ізотопів урану – 1,0 Бк/л [4, 18, 19].

Величини рекомендованих рівнів є досить консервативними, оскільки під час їх розрахунку використовують припущення, що питна вода за такої активності споживається людиною протягом року з розрахунку 2 л на день. На практиці протягом року

активність може часто змінюватися, а споживання питної води може відбуватися із кількох різних джерел (наприклад вдома, на робочому місці, у школі, у громадських місцях тощо). З іншого боку, якщо рекомендований рівень перевищено, дуже ймовірно, що буде перевищено критерій індивідуальної дози, тому подальший аналіз є обов'язковим.

У Настанові ВООЗ неодноразово підкреслюється, що рекомендовані рівні не є межами, понад яких питна вода перестає бути безпечною для споживання. Виявлені факти перевищення рекомендованих рівнів мають бути початком подальшого дослідження причин.

Референтне значення дози опромінення. Для обмеження дози опромінення від споживання питної води міжнародні основні стандарти безпеки МАГАТЕ 2014 р. [5] рекомендують використовувати референтне значення на рівні приблизно 1 мЗв/р. Референтний рівень є рівнем дози або ризику, вище якого плановане опромінення є небажаним, але нижче якого слід оптимізувати захисні дії, щоб дози були максимально низькими (принцип ALARA). Це значення не має розглядатися як прийнятна доза або як обмеження дози, натомість необхідно прагнути зменшення опромінення, що перевищує референтний рівень, до рівня, який є якомога нижчим, наскільки це можливо.

Відбір зразків води. Під час оцінки радіаційної якості питної води важливо, щоб відібрані зразки води були репрезентативними. Якщо перед споживанням воду обробляють, потрібно відбирати зразок обробленої води, адже після обробки активність багатьох радіонуклідів зменшується. У межах розподільчої системи води активність радіонуклідів (за винятком радону) переважно незмінна, тому доцільно відбирати воду або на очисних установках після обробки, або

у місцях, де вода зберігається до її розподілу у мережі. Для запасів питної води, які не піддаються очищенню (наприклад, для невеликих джерел водозабезпечення), радіонукліди можна вимірювати у воді, безпосередньо взятій із джерела, або у точці, із якої вода подається для використання. В ідеалі воду для вимірювання ВООЗ рекомендує відбирати у точці споживання, тобто із крану або пункту загального відбору [4]. Для нових джерел для встановлення їхньої придатності для споживання населенням вимірювання радіонуклідів слід проводити саме у джерелах води.

Частоту вимірювання активності радіонуклідів у питній воді встановлюють з урахуванням низки факторів – потенційних ризиків для здоров'я населення, наявних ресурсів тощо. Протягом першого року експлуатації нового джерела Настанова рекомендує проводити вимірювання активності радіонуклідів досить часто, щонайменше чотири рази на рік для простежування можливих сезонних змін. Якщо у воді очікується наявність природних радіонуклідів, окрім вимірювань сумарної альфа-активності та сумарної бета-активності бажано проводити вимірювання окремих радіонуклідів. Частота відбору проб існуючих запасів води має визначатися рівнем активності у воді; видом джерела водопостачання (поверхневі або підземні води) та ступенем стабільності активності радіонуклідів у джерелі протягом року; кількістю населення, що споживає цю воду; кількістю та якістю результатів попереднього моніторингу [4]. Якщо сумарна альфа- або сумарна бета-активність є нижчими за скринінговий рівень і стабільними у часі, інтервал відбору проб, за погодженням з відповідними регуляторними органами та органами охорони здоров'я, може складати до п'яти років. Якщо величина сума-

рної альфа- та бета-активності наближається до скринінгового рівня, а активності окремих радіонуклідів наближаються до референтних значень, частоту відбору зразків можна збільшувати.

Настанова ВООЗ рекомендує збільшення частоти відбору проб у ситуаціях, якщо

□ результати вимірювань демонструють тенденцію до зростання активності радіонуклідів у питній воді;

□ джерело води походить з регіону, де є залишки радіоактивних матеріалів через неконтрольовану діяльність;

□ вода відбирається у регіонах, де є залишкові рівні радіонуклідів після радіаційної аварії;

□ поблизу існують джерела потенційного радіонуклідного забруднення води (гірнична промисловість, ядерні реактори).

Для розробки програм відбору проб існує міжнародний стандарт [6]. Приклад програми моніторингу питної води, реалізованої у США, наведено у роботі [7].

У США постачальники, що забезпечують питною водою щонайменше 15 під'єднань або понад 25 осіб, які споживають воду протягом року, повинні після початку використання нового джерела водопостачання провести первинний моніторинг, яким передбачене дослідження проб щоквартально протягом першого року у кожному пункті входу до розподільчої системи. Частота моніторингу залежить від первинних результатів:

□ якщо вони менші, ніж встановлена межа виявлення, проби відбирають один раз на дев'ять років;

□ якщо перевищують визначену межу виявлення, але є меншими за половину допустимого значення – один раз на шість років;

□ якщо перевищують половину допустимого значення, але є меншими за допустиме значення – один раз на три роки;

□ якщо перевищують мак-

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАДИАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ: РЕКОМЕНДАЦИИ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ И УКРАИНСКИЙ ОПЫТ

Михайлова Л.Л., Бузынный М.Г.

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева, НАМН Украины», г. Киев, Украина

Проведен анализ документов авторитетных международных организаций и научных работ с точки зрения выработки стратегии обеспечения радиационных параметров качества питьевой воды. Рассмотрены параметры радиационного качества питьевой воды, трактовка результатов мониторинга по скрининговым и рекомендованным уровням, по значению критерия индивидуальной дозы, а также алгоритмы установления частоты мониторинга радиационных параметров питьевой воды.

Цель работы – анализ документов авторитетных международных организаций и научных работ с точки зрения выработки стратегии обеспечения радиационной качества питьевой воды, а также особенностей практического применения параметров радиационного качества воды в мире и Украине.

Методы: библиографические, аналитические.

Материалы. Проведен анализ документов международных организаций (ВОЗ, МАГАТЭ, МКРЗ, НКДАР), а также научных публикаций относительно радиационного качества питьевой воды через призму опыта измерения содержания радионуклидов в питьевой воде на территории Украины.

Результаты. Материалы международных документов и научных публикаций свидетельствуют о том, что оценка радиационного качества питьевой воды требует взвешенного анализа. В ряде случаев по результатам только одного определения суммарной альфа- и суммарной бета-активности невозможно сделать однозначный вывод о пригодности или непригодности питьевой воды для потребления. Учитывая неоднородность территории Украины по геологическим признакам, для получения достаточных данных о радиоактивности подземных вод необходимо проведение широких скрининговых исследований радиационного качества воды в регионах страны с привлечением геологических и мониторинговых служб, местных органов.

Ключевые слова: питьевая вода, радионуклиды, суммарная альфа-активность, суммарная бета-активность, скрининговые уровни, рекомендуемые уровни, критерий индивидуальной дозы.

симальну между забруднення – щоквартально.

Для різних радіонуклідів можуть бути встановлені різні частоти відбору проб, тобто дослідження сумарної альфа-активності може вимагатися кожні три роки, а урану – кожні шість років, залежно від результатів дослідження сумарної альфа-активності та урану відповідно [6].

У роботі італійських авторів наведено проект плану щодо вимірювання радіоактивності у питній воді [8]. Запропоновано такі критерії вибору місць дослідження на регіональному рівні: скринінгові дослідження мають проводитися на усіх основних регіональних ділянках водопостачання або у пунктах накопичення, які забезпечують водою значну частину населення. При цьому необхідно виявити принаймні три точки дослідження для кожної провінції. Відбір проб бажано проводити у точках подачі води, тобто із кранів; також пропонується відбирати про-

би у кожній із «зон постачання», у розумінні, що районом постачання є географічний регіон, до якого вода, призначена для споживання людиною, надходить від одного або декількох джерел, а її якість можна вважати практично однорідною. За наявності особливо складних систем водопостачання з кількома розподільними центрами може бути важко чітко визначити райони постачання. У такому випадку пропонується виконати відбір проб в одній точці подачі води для кожної установки. Проведення розширених досліджень передбачається в окремих регіонах, якщо для того існують причини, по-перше, у районах з однорідними геологічними і гідрогеологічними характеристиками, в яких природні фонові рівні радіоактивності можна оцінювати як середні по регіону за активністю радону у повітрі приміщень або у воді чи за активністю природних радіонуклідів у гірських породах.

Якщо відомо про відсутність випадків антропогенного забруднення, радіоактивність слід розглядати як виключно природну, тому розширені дослідження будуть обмеженими природними радіонуклідами.

Таким чином, дослідження належить планувати через визначення однорідних районів водопостачання кожного водозбірного басейну, але цьому має передувати вивчення геологічних і гідрогеологічних особливостей. По-друге, розширені дослідження питної води слід здійснювати у районах з антропогенними джерелами штучної радіоактивності, які можуть забруднювати питну воду, по-третє, в усіх випадках перевищення скринінгових рівнів.

Те, як підходять до обстеження джерел водопостачання у країнах Європи, можна розглянути на кількох прикладах. Так, у Фінляндії природну радіоактивність питної води визначили у понад півтисячі приватних свердловин [9].

Було отримано середні значення вмісту природних радіонуклідів у свердловинах і колодязях. У рамках спільного проекту між Естонією та Італією під егідою ЄС виконано радіаційну оцінку ґрунтових вод Естонії [10]. Досліджено воду естонських водопроводів і опитано населення, що послуговується ними, а також проведено ретельний аналіз бази даних з радіаційними характеристиками питної води, що стало основою для розрахунку доз опромінення населення. Результат – запропонована стратегія моніторингу: визначення точок відбору проб і частоти відбору.

У Німеччині досліджено регіональні варіації вмісту природних радіонуклідів і оцінки впливу опромінення від споживання питної води [11] за аналізом близько шестиста зразків водопровідної води. Встановлено, що радіаційний вплив створюють переважно радон-222, радій-228, полоній-210 і свинець-210.

В Ірландії в Інституті радіологічного захисту (RPII) у співпраці з ЕРА від 2007 до 2011 року досліджували радіоактивність понад двохсот джерел підземної води. Проведено аналіз активності окремих радіонуклідів і розраховано дози опромінення. Результати показали придатність усіх досліджених джерел підземних вод для споживання і відсутність потреби у будь-яких діях щодо зниження радіоактивності [12], [13]. Пункти спостереження підземних вод були встановлені з точки зору репрезентативності, враховуючи гідрогеологічні особливості територій та антропогенне навантаження на ґрунти. Виявлено, що всі перевірені джерела відповідали нормативу сумарної бета-активності. Результати скринінгу за альфа-активністю показали перевищення у 14% джерел, для яких було проведено подальший детальний аналіз вмісту природних радіонуклідів.

Міжнародний проєкт TENAWA [14] було ініційовано у зв'язку з тим, що у деяких північноєвропейських країнах запаси підземних вод містять велику кількість природних радіонуклідів. Дані щодо рівнів природних радіонуклідів у ґрунті, питній та мінеральній воді 17 європейських країн і розташування уранових родовищ в Європі дозволили скласти європейську мапу. На ній вказано райони з домінуючими геологічними породами, що відрізняються потенційно підвищеними рівнями природних радіонуклідів у ґрунтових водах (серед них присутній Український цит). Результатом виконання проєкту стали висновки лабораторних та польових досліджень, які дозволили перевірити придатність різного устаткування і методів видалення природних радіонуклідів із питної води у країнах Північної Європи.

В Україні питання забезпечення радіаційної якості питної води вимагає неабиякої уваги. Особливо це стосується окремих регіонів з підвищеними рівнями природних радіонуклідів у геологічних породах.

Вітчизняні та спільні з іноземними науковцями дослідження вмісту природних радіонуклідів у питній воді, виконані протягом 1993-1994 років [15-17], показали наявність підвищених рівнів радіоактивності у воді на території України. Отримані результати стали підґрунтям для усвідомлення проблеми радіоактивності води, подальшого вивчення закордонного досвіду та розробки нормативних документів, які регулюють надходження радіонуклідів до організму людини з питною водою.

Першим таким вітчизняним документом стали Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [18]. Згодом 2010 року були затверджені і введені у дію Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання

людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [19]. Документ зобов'язує під час гігієнічної оцінки радіаційної безпечності питної води у місцях водозаборів поверхневих та підземних джерел питного водопостачання попередньо визначити сумарну альфа- і сумарну бета-активність для встановлення відповідності параметричним значенням. У разі перевищення одного або обох показників рекомендується проводити дослідження питної води за окремими радіонуклідами. Встановлена в Україні частота відбору проб – один раз на три роки.

2015 року було проведено статистичний аналіз показників радіаційної якості води за 2012-2014 роки [20] і показано, що величина показників змінюється у широких межах залежно від регіону, виду джерела, наявності системи підготовки води.

Загалом за показниками сумарної альфа- і бета-активності встановлено відповідно 41% і 14,4% випадків перевищення нормативу; за показником питомої активності радону-222 – 16,6%; за показниками питомої активності радію-226 та природної суміші ізотопів урану – відповідно 1,3% і 4,6%. У підсумку, серед досліджених джерел водопостачання близько 40% вимагали спеціальних заходів щодо зменшення вмісту радіонуклідів.

Необхідно зазначити, що у реальних випадках, коли постачальники або власники свердловин (комунальні підприємства, селищні ради, громади) під час первинного дослідження радіаційної якості води стикаються з перевищенням скринінгових показників, що передбачає проведення більш детальних досліджень води. Часто перешкодою для цього стає обмеженість коштів, особливо у сільських громадах. З одного боку, контролюючі органи вимагають наявності відповідних документів, що констатують прийнятні рівні радіонуклідів у питній воді, а з

іншого – відсутність фінансових ресурсів на проведення додаткових досліджень або встановлення систем очищення води за відсутності альтернативних джерел водозабезпечення. Це створює для надавачів послуг або власників свердловин складну ситуацію. У таких випадках, характерних для окремих регіонів країни, необхідною стає державна стратегія, яка б надала змогу постачальникам питної води та місцевим громадам на основі відповідної інформації приймати рішення щодо способів забезпечення населення якісною водою. Прикладом може стати досвід європейських країн, в яких вода природних джерел містить значні рівні радіонуклідів.

Висновки

Багаторічна практика вимірювань радіаційних показників питної води у країнах світу свідчить про те, що через різні умови походження води не існує універсальних рецептів щодо їх трактування. Основою вирішення цієї проблеми є наявність достатньо широкої інформації щодо рівнів радіоактивності у воді, зокрема, у контексті кореляції з даними про геологічні характеристики порід. В Україні досягненню спільної мети – забезпечення населення якісною водою – сприяла би спеціальна програма скринінгових досліджень у регіонах з залученням геологічних і моніторингових служб, місцевих органів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 on the quality of water intended for human consumption. *Official J. Eur. Commun.* 1980. L229.
2. Council Directive 1998 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Official J. Eur. Commun.* 1998. L330/32.
3. Council Directive 2013 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 laying down requirements for the protection

of the health of the general public with regard to radioactive substances in water intended for human consumption. *Official J. Eur. Commun.* 2013. L296/12.

4. Management of Radioactivity in Drinking-Water. Geneva : WHO, 2018. 124 p. URL : https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/management-of-radioactivity-in-drinking-water/en/

5. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. Vienna : IAEA, 2014. URL : http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf

6. ISO/NP 5667-1: Water Quality – Sampling – Part 1. Guidance on the Design of Sampling Programmes and Sampling Techniques. Geneva : International Organization for Standardization, 2006. 40 p.

7. US EPA. Radionuclides Rule under the Safe Drinking Water Act, 66 Federal Register 76708, 2000. December 7. Washington, 2000. URL : <https://www.federalregister.gov/documents/-2000/12/07/00-30421/national-primary-drinking-water-regulations-radionuclides-final-rule>

8. Nuccetelli C., Rusconi R., Forte M. Radioactivity in drinking water: regulations, monitoring results and radiation protection issues. *Ann. Ist. Super. Sanita.* 2012. Vol. 48, № 4. P. 362-373. URL : http://old.iss.it/binary/publ/cont/ANN_12_04_04.pdf

9. Prat O., Vercouter T., Ansoberlo E. et al. Uranium speciation in drinking water from drilled wells in Southern Finland and its potential links to health effects. *Environ. Sci. Technol.* 2009. Vol. 43 (10). P. 3941-3946.

10. Marandi A. Natural chemical composition of groundwater as a basis for groundwater management in the Cambrian-Vendian aquifer. Tartu: Tartu

University Press, 2007. 84 p.

11. Beyermann M., Bunger T., Schmidt K., Obrikat D. Occurrence of natural radioactivity in public water supplies in Germany: ^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Pb , ^{210}Po and gross α activity concentration. *Radiation Protection Dosimetry.* 2010. Vol. 141, № 1. P. 72-81.

12. Radioactivity levels in groundwater sources in Ireland. Radiological Protection Institute of Ireland, 2013. 76 p. URL : https://www.epa.ie/pubs/reports/radiation/RPII_Groundwater_Rad_Rep_13.pdf

13. Dowdall A., Currihan L., Hanley O. Radioactivity levels in groundwater sources in Ireland. Radiological Protection Institute of Ireland, 2013. URL : https://inis.iaea.org/collect/NCLCollectionStore/_Public/44/122/44122590.pdf?r=1&r=1

14. Annanmaki M., Turtiainen T. Treatment Techniques for Removing Natural Radionuclides from Drinking Water: Final Report of the TENAWA project. Helsinki : Oy Edita Ab, 2000. 96 p.

15. Зеленский А., Бузынный М., Лось И. Радон-222 в воде: концентрации, дозы, нормирование. *Проблемы радиационной медицины: респ. межвед. сб. К.*, 1993. Вып. 5. С. 573-581.

16. Zelensky A., Buzinny M., Los' I. Measurement of Radium-226, Radon-222, and Uranium-238, 234 in Underground Water of the Ukraine with Ultra Low-Level Liquid Scintillation Counter. *Radiocarbon.* 1993. P. 405-411.

17. Shiraishi K., Igarashi Y., Los I.P., Buzinny M.G. et al. Concentration of Thorium and Uranium Freshwater Samples Collected in Former USSR. *J. of Radioanalytical and Nucl. Chem.* 1994. Vol. 185, № 1. P. 157-165.

18. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : державні гігієнічні нормативи. Київ, 1997. 121 с.

19. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: Державні санітарні норми та правила ДСанПіН 2.2.4-171-10. Київ, 2012. 32 с.

20. Бузинний М., Михайлова Л., Сахно В., Романченко М. Дослідження природних радіонуклідів у підземній воді в Україні. *Довкілля та здоров'я*. 2011. № 1. С. 31-35.

REFERENCES

1. Council Directive 80/778/EEC of 15 July 1980 on the Quality of Water Intended for Human Consumption. *Official J. Eur. Commun.* 1980 ; L229.
2. Council Directive 1998 98/83/EC of 3 November 1998 on the Quality of Water Intended for Human Consumption. *Official J. Eur. Commun.* 1998 ; L330/32.
3. Council Directive 2013 2013/51/EURATOM of 22 October 2013 Laying Down Requirements for the Protection of the Health of the General Public with Regard to Radioactive Substances in Water Intended for Human Consumption. *Official J. Eur. Commun.* 2013 ; L296/12.
4. Management of Radioactivity in Drinking-Water. Geneva : WHO; 2018 : 124 p. URL : https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/management-of-radioactivity-in-drinking-water/en/
5. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. Vienna : IAEA:2014. URL: http://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf
6. ISO/NP 5667-1: Water Quality – Sampling – Part 1. Guidance on the Design of Sampling Programmes and Sampling Techniques. Geneva : International Organization for Standardization; 2006 : 40 p.
7. US EPA. Radionuclides Rule under the Safe Drinking-

Water Act, 66 Federal Register 76708, 2000. December 7. Washington ; 2000. URL: <https://www.federalregister.gov/documents/-2000/12/07/00-30421/national-primary-drinking-water-regulations-radionuclides-final-rule>

8. Nuccetelli C., Rusconi R. and Forte M. Radioactivity in Drinking Water: Regulations, Monitoring Results and Radiation Protection Issues. *Ann. Ist. Super. Sanita.* 2012 ; 48 (4) : 362-373. URL: http://old.iss.it/binary/publ/cont/ANN_12_04_04.pdf

9. Prat O., Vercouter T., Ansoborlo E. et al. Uranium Speciation in Drinking Water from Drilled Wells in Southern Finland and its Potential Links to Health Effects. *Environ. Sci. Technol.* 2009 ; 43 (10) : 3941-3946.

10. Marandi A. Natural Chemical Composition of Groundwater as a Basis for Groundwater Management in the Cambrian-Vendian Aquifer. Tartu: Tartu University Press ; 2007 : 84 p.

11. Beyermann M., Bunger T., Schmidt K. and Obrikat D. Occurrence of Natural Radioactivity in Public Water Supplies in Germany: ^{238}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{228}Ra , ^{226}Ra , ^{222}Rn , ^{210}Pb , ^{210}Po and Gross α Activity Concentration. *Radiation Protection Dosimetry.* 2010 ; 141 (1). P. 72-81.

12. Radioactivity Levels in Groundwater Sources in Ireland Radiological. Protection Institute of Ireland, 2013 : 76 p. URL : https://www.epa.ie/pubs/reports/radiation/RPII_Groundwater_Rad_Rep_13.pdf

13. Dowdall A., Currivan L. and Hanley O. Radioactivity Levels in Groundwater Sources in Ireland. Radiological Protection Institute of Ireland, 2013. URL : https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/44/122/44122590.pdf?r=1&r=1

14. Annanmaki M. and Turtiainen T. Treatment Techniques for Removing

Natural Radionuclides from Drinking Water: Final Report of the TENAWA Project. Helsinki : Oy Edita Ab ; 2000 : 96 p.

15. Zelenskiy A., Buzynny M. and Los' I. Radon-222 v vode: kontsentratsii, dozy, normirovaniye [Radon-222 in Water: Concentrations, Doses, Standardization]. In : *Problemy radiatsionnoy meditsyny: resp. mezhved. sb. [Problems of Radiation Medicine: Rep. Interdep. Coll.]*. Kiev ; 1993 ; 5 : 573-581 (in Russian).

16. Zelensky A., Buzinny M. and Los' I. Measurement of Radium-226, Radon-222, and Uranium-238, 234 in Underground Water of the Ukraine with Ultra Low-Level Liquid Scintillation Counter. *Radiocarbon.* 1993 : 405-411.

17. Shiraishi K., Igarashi Y., Los' I.P., Buzinny M.G. et al. Concentration of Thorium and Uranium Freshwater Samples Collected in Former USSR. *J. of Radioanalytical and Nucl. Chem.* 1994 ; 185 (1) : 157-165.

18. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97) : derzhavni hiihienichni normatyvy [Radiation Safety Standards of Ukraine (NRBU-97): State Hygienic Standards]. Kyiv ; 1997 : 121 p. (in Ukrainian).

19. Hiihienichni vymohy do vody pytnoi, pryznachenoj dlia spozhyvannia liudynoiu: Derzhavni sanitarni normy ta pravyla DSanPiN 2.2.4-171-10 [Hygienic Requirements for Drinking Water Intended for Human Consumption: State Sanitary Norms and Regulations SSANR 2.2.4-171-10]. Kyiv; 2012 : 32 p. (in Ukrainian).

20. Buzynny M., Mykhailova L., Sakhno V. and Romanchenko M. Doslidzhennia pryrodnykh radionuklidiv u pidzemnii vodi v Ukraini [Research of Natural Radionuclides in Groundwater in Ukraine]. *Dovkilia ta zdorovia (Environment and Health)*. 2011 ; 1 : 31-35 (in Ukrainian).

Надійшло до редакції 17.05.2020