

Были проведены измерения содержания ЕРН в 43 образцах отходов с 2 предприятий (6 шахт). Измерения проводились гамма-спектрометрическим методом. Определялась удельная активность ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{210}Pb , ^{238}U , ^{235}U .

Установлено, что для обоих предприятий максимальное содержание ЕРН ряда распада ^{238}U в отходах меньше уровня освобождения от регулирующего контроля в 10 раз. Величины максимального содержания ^{40}K в отходах меньше уровня освобождения в 500 раз для предприятия №1 и в 20 раз – для предприятия №2.

Отходы производственной деятельности обоих предприятий по добыче железной руды могут быть освобождены из-под регулирующего контроля по радиационному фактору.

ESTIMATED CONTENT OF NATURAL RADIONUCLIDES IN THE ACTIVITY RESIDUES AT ENTERPRISES OF IRON-MINING INDUSTRY

T.O. Pavlenko, O.Y. Tarasiuk, N.V. Aksenov, M.A. Fryziuk, N.L. Kovtoniuk

The article deals with research of content of naturally occurring radioactive materials (NORM) in the residues of industrial activity of the Ukrainian iron ore enterprises.

Measurements of the NORM content in 43 samples of residues of industrial activity from 2 enterprises (6 mines) were made. The study was made using gamma-ray spectrometry. It was determined activity concentration of ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{210}Pb , ^{238}U , ^{235}U .

It was specified that the maximum activity concentration of NORM in the ^{238}U decay chain in residues is less in 10 times than the level for clearance for the both enterprises. The values of the maximum activity concentration of ^{40}K in the residues are less than the level for clearance for enterprise №1 in 500 times and for the enterprise №2 in 20 times.

The activity residues of the both iron-mining enterprises may be cleared without further consideration concerning radiation factor.

УДК 614.777:546.79-073:543.42.062

СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РАДІАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДИ, ДОСЛІДЖЕНОЇ В 2012-2014 рр.

Михайлова Л.Л., Бузинний М.Г., Сахно В.І., Романченко М.О.

ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ

Актуальність. Вода як основа існування всього живого вимагає постійної і посиленої уваги до контролю якості. Джерелами води для споживання людиною є: централізоване водопостачання, поверхневі води (джерела, криниці), артезіанські свердловини, бутильована питна вода. Вода централізованого водопостачання подається з природних поверхневих водних об'єктів (ріки, озера), водосховищ та підземних міжпластових накопичень води (напірні, безнапірні води). Вода із поверхневих джерел, у тому числі криниць, може містити як природні, так і штучні радіонукліди (для випадків локальних скидів або аварійного забруднення). Ар-

тезіанські води, перебуваючи під тиском вище атмосферного, залягають між водотривкими пластами, які їх захищають від поверхневих забруднень. Однак хімічний склад артезіанських вод залежить від гідрогеологічних умов області їх формування і суттєву роль у цьому випадку відіграє взаємодія з навколишніми породами. Внаслідок цієї взаємодії води підземних джерел можуть містити радіонукліди уранового і торієвого рядів, що у ряді випадків стає причиною невідповідності радіологічних показників чинним нормативам.

Статистичний аналіз масиву результатів вимірювання радіаційних показників

води із різних джерел демонструє загальний стан радіаційної якості води в країні та допомагає виявити регіони з підвищеними рівнями природної радіоактивності води.

Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) [1] встановлюють максимально допустимий вміст природних радіонуклідів у воді артезіанських свердловин, а саме: для радону-222 – 100, радію-226, радію-228 та природної суміші ізотопів урану – $1 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

Державні санітарні правила і норми (ДСанПіН) [2] пропонують при встановленні придатності води до вживання за радіаційним фактором використовувати двоступеневий контроль. Перший ступінь передбачає проведення спрощених досліджень води (визначення сумарної альфа- та сумарної бета-активності). Якщо ці нормативи ($0,1 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ для сумарної альфа- та $1,0 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ для сумарної бета-активності) не виконуються, проводять розгорнуті дослідження за показниками, встановленими НРБУ-97.

Лабораторія радіаційного моніторингу, маючи в розпорядженні сучасну матеріально-технічну базу і штат співробітників, володіючи методиками і значним досвідом радіаційних вимірювань, є провідною в питаннях вивчення природної радіоактивності води [3-7]. До даного дослідження ввійшли результати робіт, виконаних переважно на комерційній основі.

Мета дослідження – узагальнена оцінка радіаційної якості питної води із різних джерел регіонів України на основі статистичного аналізу показників, які нормуються чинним законодавством (сумарної альфа-, бета-активності, питомої активності радону-222, радію-226 та природної суміші ізотопів урану), за 2012-2014 гг.

Методи дослідження. Зразки води відбирали і доставляли у лабораторію представники замовників: для вимірювання сумарної альфа-, бета-активності, а також для вимірювання питомої активності радону необхідно було доставити не менше 1 літра води, а для вимірювання вмісту радону-222, радію-226 та природної суміші ізотопів урану) – п'ять літрів. Замовникам було рекомендовано дати воді протекти протягом 15-20 хвилин, далі набрати воду в пляшки, щільно загвинтити кришки і доставити воду

до лабораторії не більше ніж через дві-три доби після відбору.

Для вимірювання сумарної альфа-, бета-активності воду у кількості 250 мл вносили у стакан з термотривкого скла і випарювали досуха на електричній плиті. Для проб води підвищеної мінералізації (ознакою є характерне потріскування при формуванні сухого залишку) фінальну частину випарювань проводили при слабкішому нагріванні. Розчинення сухого осаду проводили після охолодження стакана. Сухий осад змивали розчином кислоти, за необхідності використовували скляні палички. Розчинення проводили двома порціями 2 мл 1М розчину HNO_3 . Розчин зливали в пластикову пляшечку об'ємом 20 мл для вимірювань. Стінки стакана ретельно промивали двома порціями дистильованої води по 8 мл, зливаючи розчин у пляшечку. Для проб низької мінералізації сухий осад розчиняли в одній порції 2 мл 1М розчину HNO_3 , для ополіскування брали 2 мл дистильованої води. Кількість розчину складала 20 мл при підготовці проби води високої мінералізації або 4 мл при підготовці звичайної проби.

Вимірювання проводили за допомогою методу рідинно-сцинтиляційного лічення (РСЛ), використовуючи спеціальні пластикові пляшечки. У пляшечку вносили 4 мл водного розчину, додавали 16 мл рідкого сцинтилятора, сумісного з водою, і закривали її. При струшуванні утворюється гомогенна суміш, яка не розшаровується з часом. При концентруванні проби низької мінералізації брали 250 мл води, тоді як для проби високої мінералізації – 50 мл.

Вимірювання зразків проводили через добу з моменту їх підготовки. Час вимірювання складав від 120 до 180 хвилин.

Вимірювання питомої активності радону-222, а також радію-226, природної суміші ізотопів урану (після радіохімічної підготовки з концентруванням та виділенням, контролем хімічного виходу) також проводили методом РСЛ за допомогою низькофонового рідинно-сцинтиляційного альфа-бета спектрометра Quantulus 1220TM [4,7,8-10].

Статистичний аналіз полягав у розрахунку таких величин, як медіанне, мінімальне і максимальне значення радіаційних па-

раметрів та побудові частотного розподілу їх величин [11-13].

Результати досліджень та їх обговорення. Статистичний аналіз показників води, дослідженої в лабораторії радіаційного моніторингу протягом 2012-2014 рр., охопив джерела водопостачання ряду регіонів України (м. Києва і області, а також областей: Вінницької, Дніпропетровської,

Житомирської, Закарпатської, Запорізької, Кіровоградської, Івано-Франківської, Полтавської, Хмельницької, Черкаської, Чернігівської).

Кількість результатів, що підлягали статистичному аналізу за різними радіаційними показниками, приведена в таблиці 1. Результати вимірювання показників представлені на рисунках 1-5.

Таблиця 1. Кількість зразків води, досліджених за радіаційними показниками, у 2012-2014 рр.

Показник	Кількість результатів (2012-2014 рр.)
Сумарна альфа-активність	195
Сумарна бета-активність	195
Радон-222	338
Радій-226	153
Природна суміш ізотопів урану	151



Рисунок 1. Розподіл значень сумарної альфа-активності у досліджуваних зразках води за 2012-2014 рр.



Рисунок 2. Розподіл значень сумарної бета-активності у досліджуваних зразках води за 2012-2014 рр.



Рисунок 3. Розподіл значень питомої активності радону-222 у досліджуваних зразках води за 2012-2014 рр.



Рисунок 4. Розподіл значень питомої активності радію-226 у досліджуваних зразках води за 2012-2014 рр.



Рисунок 5. Розподіл значень питомої активності природної суміші ізотопів урану в досліджуваних зразках води за 2012-2014 рр.

Рисунки 1-5 представляють частотні розподіли значень показників радіаційної якості води. Усі гістограми мають асиметричний вигляд з подовженою правою частиною (правостороння асиметрія). Виходячи з цього, набори даних аналізували за наступними статистичними параметрами: медіана, мода, мінімальне і максимальне значення. Для кожного розподілу підраховано відносну кількість значень, що перевищують норматив (нормативні значення показників на рисунках вказані нанесеними вертикальними лініями).

Таким чином, статистичний аналіз набору даних сумарної альфа-активності свідчить, що значна кількість зразків води (41%) не задовольняє вимогам чинних ДСанПіН за цим показником. Серед результатів сумарної бета-активності відсоток невідповідності менший (14,4%). Як правило, перевищення показника сумарної альфа-активності супроводжується перевищенням і показника бета-активності.

Іншим важливим показником радіаційної якості води є питома активність радону-222. За законодавством України допустимий рівень питомої активності радону-222 для джерел питного і господарського водозабезпечення складає $100 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. В окремих

регіонах країни внаслідок того, що геологічні пласти містять природні радіонукліди рідів урану, вода артезіанських свердловин збагачена як материнськими радіонуклідами, так і дочірніми продуктами розпаду, до яких належить, зокрема, радон-222. Так, Рисунок 3 демонструє, що за усім набором даних активність радону-222 змінюється в широких межах – від 0,1 до $1560 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. Більшість значень (близько 80%) знаходяться в діапазоні від 0 до $50 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. Найбільш повторюваним значенням (мода) є $6,0 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$. Однак важливо, що 16,6% значень – це значення, більші $100 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, зокрема, 12,4% належать до діапазону від 100 до $500 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$, 3% – від 500 до $1000 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$ і 1,2% – більше $1000 \text{ Бк} \cdot \text{л}^{-1}$.

Усвідомлюючи той факт, що підвищені рівні радону-222 у воді характерні не для усіх регіонів країни, все ж питання його дослідження залишається актуальним з огляду також і на техногенні чинники (вплив виробництв, звалищ відходів тощо).

Аналіз набору результатів вимірювання радію-226 у воді дозволив виявити два випадки перевищення нормативу, що складає 1,3% від усієї кількості отриманих результатів. Щодо вмісту природної суміші урану – перевищення виявлено в 4,6% випадків.

Висновки

1. Узагальнений за 2012-2014 рр. аналіз радіаційних показників води, яку використовують для питного та господарського водопостачання в Україні, показав, що їх величина змінюється у широких межах у залежності від регіону, виду джерела, наявності системи підготовки води.

2. Статистичні розподіли значень параметрів радіаційної якості води (сумарної альфа-, бета-активності, радону-222, радію-226, природної суміші ізотопів урану) мають яскраво виражену асиметричну форму переважно з правосторонньою асиметрією.

3. Для сумарної альфа-, бета-активності та активності радону-222 медіанні значення близькі до модальних, тобто існують діапазони переважаючих значень певного показника.

4. Для розподілу сумарної альфа-активності значення медіани і моди, залишаючись меншими нормативного значення, є досить близькими до нього. Це є свідченням того, що даний показник для майже половини досліджених зразків води або перевищує нормативний, або перебуває у зоні ризику.

5. У цілому за показниками сумарної альфа- і бета-активності встановлено, відповідно, 41% і 14,4% випадки 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%.

6. Значна кількість джерел водопостачання в Україні (близько 40%) вимагає спеціальних заходів щодо зменшення вмісту радіонуклідів, зокрема, коли ці джерела використовують для комерційної реалізації води.

7. Подальший контроль радіаційної якості води необхідний для виявлення випадків перевищення нормативів з метою обмеження та запобігання внутрішньому опроміненню людей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : державні гігієнічні нормативи. – Київ : Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
2. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=z045210&c=1#Card>.
3. Зеленский А.В. Радон-222 в воде: концентрации, дозы, нормирование / А.В. Зеленский, М.Г. Бузынный, И.П. Лось // Проблемы радиационной медицины: республик. межвед. сб. – Вып.5. – Киев, 1993. – С. 73-81.
4. Zelensky A.V. Measurement of Radium-226, Radon-222, and Uranium-238, 234 in Underground Water of the Ukraine with Ultra Low-Level Liquid Scintillation Counter / A.V. Zelensky, M.G. Buzinny, I.P. Los' // Liquid Scintillation Spectrometry 92. Proc. of Int. Conf. on Advances in LSC (Vienna, Austria, Sep. 14 -18, 1992). – Tucson: Radiocarbon, 1993 – P. 405-411.
5. Бузынный М.Г. Природна радіоактивність питної води свердловин на території України / М.Г. Бузынный // Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: Матеріали XIV з'їзду гігієністів України, 19-21 травня 2004 року. (Дніпропетровськ) / Під ред. Ю.І. Кундієва, А.М. Сердюка, Є.Г. Гончарука, О.В. Лапушенко. – К., 2004. – Т.ІІ. – С. 308-310.
6. Buzinny M. Natural radionuclides in underground water in Ukraine / M. Buzinny, V. Sakhno, M. Romanchenko / LSC 2010. Advances in Liquid Scintillation Spectrometry : proc. of the 2010 Intern. Conf., Paris, 6-10, September 2010 / Ed. by Ph. Cassette. – P. 81-85.
7. Бузынный М.Г. Дослідження природних радіонуклідів у підземній воді в Україні / М.Г. Бузынный, Л.Л. Михайлова, В.І. Сахно, М.О. Романченко // Довкілля та здоров'я. 2011. – №1. – С. 31-35.
8. Методические рекомендации по санитарному контролю за содержанием радиоактивных веществ в объектах окружающей среды. Под общей редакцией А.Н. Мареев и А.С. Зыковой. Москва, 1980. – 336 с.
9. ДСТУ ISO 9696-2001 Захист від радіації. Вимірювання альфа-активності у прісній воді. Метод концентрованого джерела (ISO 9696:1992, IDT). – 11 с.
10. ДСТУ ISO 9698-2001 Якість води. Вимірювання загальної бета-активності у прісній воді. [Електронний ресурс]. – 10 с.
11. Зайдель А.Н. Погрешности измерений физических величин. – Л.: Наука, 1985. – 112 с.
12. Свешников А.А. Основы теории ошибок. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1972. – 122 с.
13. Дж. Тейлор. Введение в теорию ошибок : [перевод с англ. Л.Г. Деденко]. – Москва: «Мир», 1985. – 272 с.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РАДИАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОДЫ, ИССЛЕДОВАННОЙ В 2012-2014 гг.

Михайлова Л.Л., Бузынный М.Г., Сахно В.И., Романченко М.А.

Цель исследования – обобщенная оценка радиационного качества питьевой воды различных источников для некоторых регионов Украины на основе статистического анализа показателей, нормируемых действующим законодательством (суммарной альфа-, бета-активности, удельной активности радона-222, радия-226 и природной смеси изотопов урана), за 2012-2014 гг.

В статье показано, что радиационные показатели питьевой воды существенной части исследованных источников в Украине превышают нормативные значения, что требует применения специальных мероприятий для уменьшения содержания радионуклидов.

THE STATISTICAL ANALYSIS OF RADIATION FACTORS OF WATER STUDIED FOR 2012-2014

L. Mikhailova, M. Buzinny, V. Sakhno, M. Romanchenko

Research objective is the generalized assessment of radiation quality of potable water of different sources in some of the regions of Ukraine on the basis of the statistical analysis of the factors guided by the current legislation (total alpha, total beta-activities, concentrations of radon-222, radium-226 and natural mix of isotopes of uranium) for 2012-2014.

In article it is shown, that radiation factors of water of significant part of examined sources in Ukraine exceed recommended values that demands special action for reduction of the content of radionuclides.

УДК 613.648 (083)

НОРМУВАННЯ РАДІАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Яцина Г.С., Попов О.І.

Харківська медична академія післядипломної освіти

Залишки окремих виробництв, які здійснюють переробку корисних копалин, можуть мати значний вміст природних радіонуклідів (ПРН).

Необхідність здійснення регулюючого контролю таких підприємств вперше була визначена в 2010 році у вимогах Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ) [6]. Ці вимоги базувалися на висновках Міжнародної комісії з радіологічного захисту (МКРЗ), яка вважає, що шкоду здоров'ю може нанести будь-який рівень радіаційного впливу ("безпорогова концепція") [4]. Практично ці вимоги реалізовані у новій версії "Основних стандартів безпеки" МАГАТЕ [7] та останній редакції директиви Євратому 2013/59/EURATOM [5]. Ці документи встановлюють більш жорсткі вимоги до обмеження опромінення техногенно-підсиленими джерелами природного походження (ТПДПП) у виробничих умовах та зобов'язують ввести регулюючий контроль щодо підприємств та окремих технологічних процесів, якщо активність радіонуклідів уранового і торієвого ряду перевищує 1 Бкг^{-1} або активність калію-40 перевищує 10 Бкг^{-1} .

Це означає, що для цих підприємств або технологічних процесів запроваджується обов'язкове ліцензування.

На сьогодні в українських нормативних документах (Норми радіаційної безпеки (НРБУ-97) та Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-2005)) регулюючий контроль за залишками з підвищеним вмістом ПРН не встановлений [1-3]. Згідно з ОСПУ-2005, для ТПДПП визначені тільки вимоги до дозових обмежень опромінення на робочих місцях: "...якщо дози опромінення робітників перевищують 5 мЗв в рік та не можуть бути зменшені, робітники переводяться до категорії "персонал". Інших вимог у нормативних документах до регулюючого контролю підприємств України, залишки виробничої діяльності яких мають підвищений вміст ПРН, не визначено.

Таким чином, обмеження опромінення населення, яке обумовлено підвищеним вмістом ПРН у залишках діяльності підприємств з переробки корисних копалин, та створення і розробка вимог до їх ефективного контролю є актуальною та однією з пер-