



Дослідження природної радіоактивності води

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

ЩО ПОТРІБНО ЗНАТИ ПРО РАДІОАКТИВНІСТЬ АРТЕЗІАНСЬКОЇ ВОДИ?



Київ-2019



Автори:

Бузинний Михайло Георгійович,
керівник лабораторії радіаційного моніторингу
ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»,
доктор біологічних наук;

Михайлова Любов Леонідівна,
науковий співробітник лабораторії радіаційного моніторингу
ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України»

Контакти: тел. (044) 513 70 74; e-mail: radmonitoring@ukr.net

<http://c14.kiev.ua/radionuclide-ua.htm>

<http://c14.kiev.ua/radium-ua.htm>

<http://c14.kiev.ua/radon-ua.htm>

<http://c14.kiev.ua/uranium-ua.htm>

<http://c14.kiev.ua/radon-us-ua.htm>

<https://radioactivitytests.water.blog/blog-feed/>

<http://c14.kiev.ua/pdf/radionuclide.pdf>

ЗМІСТ

	С.
1 Радіонукліди у воді артезіанських свердловин	4
2 Уран	5
3 Радій	6
4 Радон	8
5 Стан радіаційної якості води в Україні	9
Перелік посилань	10
Додаток. Характеристики технологій для видалення природних радіонуклідів із води	11

1 Радіонукліди у воді артезіанських свердловин

Особливістю артезіанської води є те, що вона нерідко відрізняється підвищеною радіоактивністю, оскільки походить з надр землі, де збагачується на природні радіонукліди.

Що таке природні радіонукліди?

Природні радіонукліди - це радіоактивні елементи, присутні в навколишньому середовищі, включаючи ґрунт і воду.

Що таке радіоактивність?

Радіоактивність - спонтанне перетворення хімічних елементів, яке супроводжується випромінюванням енергії. Результатом розпаду є альфа-, бета-, гамма-випромінювання. Радіо-активність вимірюється в беккерелях (Бк). Активність 1 Бк відповідає одному розпаду радіоактивного атома за секунду.

Яким чином радіонукліди надходять у воду?

Наявність радіонуклідів у воді природна. Радіонукліди надходять у воду при її контактуванні з ґрунтами та геологічними породами.

В яких джерелах води рівні радіонуклідів вищі?

Вода артезіанських свердловин більш імовірно має вищі рівні вмісту радіонуклідів у порівнянні з поверхневою водою або водою колодязів.

Які ризики несуть природні радіонукліди у питній воді?

Радіаційний захист заснований на припущенні, що будь-яке опромінення пов'язано з певним рівнем ризику. Існують докази збільшення ризику розвитку раку у людей, які отримали дози від 50 до 100 мЗв при тривалому впливі радіонуклідів, у тому числі при вживанні питної води, яка містить радіонукліди, протягом значних періодів часу [2]. Передбачається, що існує лінійна залежність між впливом і ризиком, без порогового значення, нижче якого ризику немає. Настанова ВООЗ [3] говорить про існування статистичних даних щодо людей і тварин, які дозволяють припустити, що радіаційне опромінення при низьких та помірних дозах може збільшити захворюваність на рак у довгостроковій перспективі.

Нормативна база щодо обмеження вмісту радіонуклідів у питній воді базується на неперевищенні індивідуального критерію дози від її споживання на рівні 0,1 мЗв / р.. Це забезпечує досить низький рівень ризику, який, за очікуванням, не викличе будь-якого виявленого несприятливого впливу на здоров'я.

Які нормативні документи в Україні регулюють вміст радіонуклідів у питній воді?

На сьогодні основними документами, які встановлюють вимоги до радіаційної якості води в Україні, є Норми радіаційної безпеки (НРБУ-97, п. 8.6.4) [1] та Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4 – 171-10) [2].

Крім цього, в Україні пройшла імплементацію Директива Ради 98/83/ЕС Про якість води, призначеної для споживання людиною [3].

Які радіаційні показники необхідно контролювати у питній воді?

В НРБУ-97 закріплено наступні рівні дій щодо вмісту природних радіонуклідів у воді джерел питного та господарського водозабезпечення:

радон-222 (^{222}Rn) – 100 Бк / л;

радій-226 (^{226}Ra) – 1 Бк / л;

радій-228 (^{228}Ra) – 1 Бк / л;

природна суміш ізотопів урану (U) – 1 Бк / л.

ДСАНПІН 2.2.4-171-10 вимагає проводити оцінку питної води за радіаційними показниками сумарної альфа- та сумарної бета-активності, які не повинні перевищувати відповідно 0,1 Бк / л та 1 Бк / л. У разі перевищення нормативу показника сумарної альфа-активності у підземній воді слід вимірювати вміст радіонуклідів ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{228}Ra , U.

Директива Ради 98/83/ЕС встановлює вимоги до рівня вмісту тритію у питній воді (не більше 100 Бк / л) і індикативної дози опромінення від радіонуклідів у воді (не більше 1 мЗв / р. Для розрахунку дози опромінення необхідно знати вміст у воді урану, радону, радію-226 і радію-228, свинцю-210, полонію-210 і можливих інших радіонуклідів.

2 Уран

Що таке уран?

Уран - поширений радіоактивний елемент, який зустрічається у ґрунтах і кам'янистих породах повсюди у світі. Концентрація широко коливається в залежності від типу мінералу у складі ґрунту або кам'янистої породи., Підвищені рівні урану можуть спостерігатися, наприклад, у гранітах.

Яким чином уран надходить у воду?

Уран надходить у питну воду, коли вода розчиняє мінерали, що містять уран. Значні рівні урану більш імовірно можуть бути виявлені у воді артезіанських свердловин порівняно з колодзями або поверхневими джерелами води. Кількість урану у воді залежить від концентрації урану в кристалічній породі. Вода свердловин містить більше урану в місцях з гранітом, піщаником і кам'янистою кристалічною породою.

Вплив урану на здоров'я

В питній воді хімічна токсичність урану складає більшу проблему, ніж його радіоактивність. Дослідження свідчать, що значні рівні урану в питній воді в першу чергу негативно впливають на нирки.

Як виявити уран у питній воді?

Для того, щоб впевнитися у відсутності (або присутності) урану у питній воді, необхідно провести лабораторні дослідження щодо визначення:

- або масової концентрації урану в мкг / л (фотометричний, калориметричний методи),
або

- або активності урану в Бк / літр (альфа-спектрометричний, рідинносцинтиляційний методи).

Для підготовки проб застосовують методи:

- концентрування (сумісне висадження);
- селективне виділення з використанням:
 - іонообмінних смол,
 - екстрагентів (трибутилфосфату).

Як діяти, коли активність урану у питній воді перевищує гігієнічний норматив?

При виявленні перевищення нормативу урану у воді (1 Бк / л) рекомендується:

- а) замість артезіанської використовувати поверхневу або бутильовану воду;
- б) за можливості застосовувати змішування забрудненої води з «чистою» ;
- в) проводити обробку води зі свердловини (дистилювання та зворотний осмос).

3 Радій

Практика показує, що вода деяких джерел питного і господарського водопостачання містить природний радій в кількостях, що перевищують гігієнічні нормативи.

Де зустрічається радій?

Найвищі рівні радію зустрічаються у водах, що омивають кристалічні породи високої тріщинуватості з високим вмістом радію, а також піски, в яких відбулося перевідкладення радію, вимитого раніше з кристалічних порід.

Ризик для здоров'я від споживання води, що містить невисоку активність радію, незначний.

Де спостерігається проблема з радієм?

Усі кам'янисті породи зазвичай містять радій. Підземна вода, яка повільно проходить через пори або тріщини в підземних шарах кам'яної породи, розчиняє мінерали. У тих місцях, де порода містить радій, а вода переміщується досить повільно, вона може отримати деяку кількість цього радіонукліду.

Як проводиться моніторинг вмісту радію в питній воді?

У разі використання води артезіанських свердловин для господарсько-питного водопостачання або реалізації води артезіанських та інших джерел через торгівельну мережу, необхідно обстежувати кожне джерело на вміст радіонуклідів радію-226 та радію-228. Перевірка радіаційної якості води за цими показниками має проводитися не рідше одного разу на три роки.

Який ризик для здоров'я від радію?

Встановлено, що тривале опромінення підвищеними рівнями радію у питній воді тягне за собою високий ризик виникнення раку кісток. За оцінками Агентства із захисту навколишнього середовища США (EPA), довгострокове споживання води, що містить 5 пКі / л (0,185 Бк / л) радію, зумовлює 44 випадки додаткових смертей від раку на кожен мільйон опромінених. Ризик подвоюється - до 88 випадків - при 10 пКі / л, потроюється - до 132 випадків - при 15 пКі / л і т.д.

Як співвідносяться ці ризики з іншими ризиками в житті?

Вони приблизно того ж порядку, що і ризик смерті від блискавки або торнадо. На щастя, ризик від радію є керованим, оскільки радій з води може бути видалений.

Як колективні системи водопостачання можуть бути скориговані за радієм?

Для кожної системи водопостачання, в якій рівень радію перевищує гігієнічні нормативи, повинні вживатися заходи для покращення ситуації. Ці заходи, як і при перевищенні нормативу урану, включають:

- а) замість артезіанської використовувати поверхневу або бутильовану воду;
- б) за можливості застосовувати змішування забрудненої води з «чистою»;
- в) проводити обробку води зі свердловини (дистилювання та зворотний осмос).

Два перших зазвичай є кращими до застосування, оскільки вони дешевші і не створюють додаткових проблем, пов'язаних з утилізацією відходів.

Якщо можливо, вода з підвищеним рівнем радію має бути замінена повністю водою з меншим вмістом радію з іншого геологічного горизонту або поверхневою водою, або її слід розводити водою альтернативного джерела. Якщо неможливо використовувати ці варіанти, потрібно проводити очистку води від радію.

Найбільш доступним методом є іонообмінний метод на основі синтетичних цеолітів, подібний до того, що використовується в домашніх пом'якшувачах води. Як правило, такий процес пом'якшення води видаляє близько 90 % радію. Однак він дещо збільшує надходження натрію в щоденний раціон.

Інші можливі методи обробки води включають застосування золи або методу на основі зворотного осмосу. Порівняно високі витрати зі встановлення та експлуатації можуть обмежити застосовність цих систем в Україні.

Побічні проблеми очищення води від радію

Всі процеси підготовки води призводять до накопичення рідких і твердих відходів, які концентрують радій. Ці побічні продукти повинні бути утилізовані відповідним чином.

Радій у воді приватних свердловин

У загальному випадку глибина приватних свердловин менша рівня залягання геологічних горизонтів, які містять велику кількість радію. Однак радій в помітних кількостях може бути знайдений у воді навіть неглибоких свердловин і колодязів, що говорить про необхідність проведення досліджень.

4 Радон

Радон - це радіоактивний газ. Радон містять всі системи питного і господарського водозабезпечення, але лише в деяких із них кількість радону помітна або така, що перевищує гігієнічні регламенти.

Де зустрічаються підвищені рівні радону у воді?

Найбільші рівні радону зустрічаються у водах, які омивають кристалічні породи високої тріщинуватості з високим вмістом радію, а також піски, в яких відбулося перевідкладення радію, вимитого раніше із кристалічних порід.

Де спостерігається проблема радону?

Як зазначалося вище, всі кам'яні породи містять радій. Спонтанний розпад радію в товщі порід супроводжується еманациєю - радоном. Коефіцієнт еманациї тим вищий, чим вища тріщинуватість порід. Лише незначна частина радону, який акумулюється у воді, накопичується із радію у воді. Кількість радону у воді визначає кількість радію у породі та коефіцієнт еманациї. Підземна вода накопичує радон з великих масивів геологічних порід. Всі ці факти визначають те, що іноді кількість радону у воді суттєво більша за кількість радію в десятки і навіть сотні разів.

Моніторинг ^{222}Rn в питній воді

При використанні води артезіанських свердловин для господарсько-питного водозабезпечення або при вживанні води артезіанських і інших джерел через торгівельну мережу, необхідно знати вміст радону у воді. Дослідження проводяться в лабораторії. Для дослідження проба води об'ємом близько 1 л відбирається в герметичну ємність. Дослідження має починатися не пізніше двох-трьох діб з моменту відбору проби. Перевірку води на вміст радону-222 слід проводити не рідше одного разу на 3 роки.

Який ризик для здоров'я несе ^{222}Rn у воді?

Доза від радону, присутнього у питній воді, зазвичай формується не при ковтанні води, а при вдихуванні повітря, в яке потрапив радон із води. Радон розпадається на інші радіонукліди (дочірні продукти розпаду), отже, всі ці радіонукліди призводять до опромінення легенів. Ризики від радону вищі серед курців, оскільки комбінація впливу радону і паління завдає більшої руйнівної шкоди здоров'ю, аніж сума індивідуальних ризиків.

Встановлено, що коефіцієнт переходу радону із води в повітря приміщень складає від $0,5 \cdot 10^{-4}$ до $1,0 \cdot 10^{-4}$. Якщо вміст радону у воді складає 100 Бк / л (максимально дозволений українським законодавством рівень), це викликає додаткову концентрацію радону в повітрі приміщення на рівні 10 Бк / м³, що відповідає величині фоновій концентрації радону в житлових приміщеннях.

При використанні у побуті артезіанської води, яка містить радон-222, видалення його надлишку з повітря приміщень забезпечують, зокрема, системи вентиляції.

Ризики раку шлунку, викликані споживанням води, яка містить розчинений радон, надзвичайно малі і, ймовірно, можуть викликати близько 20 смертей щорічно, в порівнянні з 13 тис. смертей, викликаних іншими причинами. Виняток складають випадки, коли рівні радону у воді дуже високі, а зниження вмісту радону у воді в основному не призводить до істотних змін щодо пов'язаних з ним ризиків для здоров'я.

Як можна зменшити вміст радону у воді?

Способи зменшення вмісту радону-222 у воді такі: комбіноване використання води із більш ніж одного джерела (свердловини), використання нового джерела води або видалення радону обробкою води - аерацією (продування повітрям). Зазвичай аерація води дає ефективність видалення близько 90 %, тобто знижує кількість радону-222 у воді в 10 разів.

Іншим методом очищення води від радону є застосування фільтрів на основі активованого вугілля. Цей метод дещо дорожчий. Він придатний для індивідуальних

систем водопостачання або систем колективного водопостачання обмеженої продуктивності. Зазвичай фільтри на активованому вугіллі забезпечують ефективність очищення води від радону від 95 до 99 %, що відповідає зниженню вмісту радону від 20 до 100 разів.

Для гарантії того, що системи очищення води і видалення повітря працюють нормально, необхідний періодичний контроль вмісту радону. Багато систем по зниженню вмісту радону у воді працюють дуже ефективно, проте вони не спрямовані на управління високими ризиками, пов'язаними з радоном в повітрі.

Фільтрування або аерація води? Як чистити?

Які проблеми несе очищення води від радону?

У випадках очищення високоактивної води метод фільтрації на активованому вугіллі супроводжується проблемою накопичення в ньому радіонуклідів, що створює під час його роботи поле гамма-випромінювання, зумовлене ДПР радону. Це вимагає встановлення фільтру в місцях обмеженого перебування людей, а відпрацьований фільтр часто доводиться утилізувати як радіоактивний матеріал. Фільтр також сорбує радій-226 і уран із води.

Очищення води від радону-222 є більш ефективним при аерації, коли цей радіоактивний газ викидається в повітря. Наявність аератора в системі очищення води покращує ефективність роботи систем водоочистки за іншими показниками: залізом і ураном.

Як щодо приватних свердловин?

У загальному випадку приватні свердловини не буряться на глибину геологічних горизонтів, які містять велику кількість радію - джерела радону. Тим не менше, помітні кількості радону-222 можуть спостерігатися у воді навіть неглибоких свердловин і колодязів, що говорить про необхідність проведення їх досліджень.

Ви виявили високий вміст радону в воді? Ви його видалили. Що далі?

Знайте: високий вміст радону-222 у воді часто є індикатором присутності інших значимих радіонуклідів.

5 Стан радіаційної якості води в Україні

Статистичний аналіз набору даних з вимірювання сумарної альфа-активності у 2012-2014 рр. [6] 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.

В окремих регіонах країни внаслідок того, що геологічні пласти містять природні радіонукліди рядів урану, вода артезіанських свердловин збагачена як материнськими радіонуклідами, так і дочірніми продуктами розпаду, до яких належить, зокрема, радон-222. За даними досліджень, активність радону-222 у воді свердловин змінюється від 0,1 до 1560 Бк / л. Більшість значень (близько 80 %) знаходяться в діапазоні від 0 до 50 Бк / л. Однак важливо, що 16,6 % значень – це значення, більші 100 Бк / л, зокрема, 12,4 % належать до діапазону від 100 до 500 Бк / л, 3 % - від 500 до 1000 Бк / л і 1,2 % - більше 1000 Бк / л.

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 результатів вимірювання радію-226 у воді виявив два випадки перевищення нормативу (1,3 % від усієї кількості результатів). Щодо вмісту природної суміші урану – перевищення виявлено у 4,6 % випадків.

Перелік посилань

- 1 Brenner D.J., Doll R., Goodhead D.T. et al. Cancer risks attributable to low doses of ionizing radiation: assessing what we really know // Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 2003. Vol. 100 (24). P. 13761 – 13766.
- 2 Guidelines for drinking water quality. Radiological aspects. WHO, 2011. URL : [http://www.who.int/water_sanitationhealth/publications- /2011/9789241548151_ch09.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/publications/2011/9789241548151_ch09.pdf).
- 3 Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : державні гігієнічні нормативи. Київ, 1997. 121 с.
- 4 Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: Державні санітарні норми та правила ДСанПіН 2.2.4 – 171-10. Київ, 2012. С. 32.
- 5 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.
- 6 Михайлова Л., Бузинний М., Сахно В., Романченко М. Статистичний аналіз радіаційних показників води, дослідженої у 2012-2014 р.р. // Гігієна населених місць: зб. наук. пр. к., 2015. Вип. 65. С. 179 – 185.

Характеристики технологій для видалення природних радіонуклідів із води*

Технологія очищення	Можливості очищення					Джерела води
	Радій	Уран	Радон	Альфа-активність	Бета-, гамма-активність	
Іонний обмін	так	так		так	так	Усі підземні води
Зворотний осмос	так	так		так	так	Поверхневі води, які вимагають попередньої фільтрації
Точка використання зворотнього осмосу	так	так		так	так	
Пом'якшення вапном	так	так		так	так	Усі води
Електродіаліз / зворотний електродіаліз	так			так	так	Усі підземні води
Попередня фільтрація на оксиді марганцю	так			так	так	Усі підземні води
Активованій глинозем		так		так	так	Усі підземні води
Коагуляція /фільтрація		так	так	так	так	Широкі межі властивостей води
Аерація			так			Усі підземні води

* Radionuclides in Drinking Water. Treatment Options: Overview. EPA, 2015. URL : https://cfpub.epa.gov/safewater/radionuclides/radionuclides-des.cfm?action=Rad_Treatment

