

УДК 502.55:621.039.7

**Лебедь О. О., ст. викл.** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Мислінчук В. О., доцент** (Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне) **Прищепя А. М., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **РАДОНОМЕТРИЯ ПРИРОДНИХ ВОДНИХ ДЖЕРЕЛ ЗДОЛБУНІВСЬКОГО РАЙОНУ РІВНЕНЩИНИ**

**Проведено комплексне визначення вмісту радону-222 у природних водних джерелах Здолбунівського району. Дані експериментальних вимірювань дозволяють виділити на карті зони рівномірного розподілу вмісту радону в джерелах.**

**Ключові слова:** радон-222, об'ємна активність, Здолбунівський район.

Перед сучасним суспільством в його найближчій перспективі особливо гостро постануть проблеми екологічної безпеки навколишнього середовища, екологічно безпечного природокористування при зростаючому антропогенному навантаженні. Хоча в Україні антропогенний тиск на навколишнє середовище нижчий середньосвітового, він суттєво впливає на зміни в біогеосистемах. Серед антропогенних забруднень навколишнього середовища найшкідливіше за наслідками для людини є йонізаційне забруднення.

Йонізаційне забруднення навколишнього середовища в Україні відбувається внаслідок неконтрольованого виходу радіоізотопів під час експлуатації атомних електростанцій, в гірничодобувній промисловості, використання радіаційних матеріалів у медицині, тощо. Небезпечним джерелом, з точки зору зовнішнього та внутрішнього опромінення людини є газ радон [1]. Відомо, що річна еквівалентна доза від природних радіоактивних джерел в районах з нормальним радіоактивним фоном становить  $0,60 \text{ м}^3/\text{рік}$  при зовнішньому опроміненні, в якій вклад елементів радіоактивної родини урану становить  $0,090 \text{ м}^3/\text{рік}$ . При внутрішньому опроміненні річна еквівалентна доза становить  $1,34 \text{ м}^3/\text{рік}$ , а вклад членів родини урану в ній –  $0,954 \text{ м}^3/\text{рік}$ , причому вклад радону, якщо ж врахувати, що сумарна річна еквівалентна доза від зовнішнього і внутрішнього опромінення становить приблизно  $1,952 \text{ м}^3/\text{рік}$ , то вклад в ній членів родини урану становить 52%, а радону – 46,7% [2].

За матеріалами Празької конференції з питань радонової безпеки (2010 р.), в усіх країнах Європи, Америки, більшості держав Азії проведено чи проводиться картографування території з метою визначення зон з високою концентрацією радону [3]. В Україні ж такі дослідження – лише на початковій стадії. Створено, зокрема, загальну карту, масштабом 1:5000000, зон екологічного ризику, проводяться дослідження в межах окремих районів, населених пунктів, локальних ділянок [3].

Радон – радіоактивний хімічний елемент VIII групи періодичної системи елементів, інертний газ, без кольору і без запаху. Радон єдиний з благородних газів, що не має стабільних і довгоживучих ізотопів. У даний час відомо 34 ізотопи радону з масовими числами від 195 до 228 і періодами напіврозпаду від мікросекунд до майже 4 діб. 4 з них існують у природі, інші можна отримати штучно. Всі ізотопи радону  $\alpha$ -активні. Серед природних ізотопів радону найбільше значення, з точки зору йонізаційного забруднення має радон-222, оскільки в нього найбільший період напіврозпаду. Він є продуктом радіоактивного розпаду радію, який є членом радіоактивної родини урану.

Державні норми регламентують кількісний вміст радону-222 в повітрі приміщень. У повітрі приміщень, що експлуатуються, дана норма становить  $50 \text{ Бк/м}^3$  [4]. Агентство з охорони навколишнього середовища США рекомендує в якості граничної величини – вміст радону у воді ( $Rn-222$  і  $Rn-220$ ) на рівні  $11,1 \text{ Бк/л}$ .

**Метою досліджень** передбачалось створення карти забруднень радоном-222 природних водних джерел Здолбунівського району Рівненщини.

**Об'єкт дослідження:** кількісний вміст радону-222 у зразках води природних водних джерел.

**Предмет дослідження:** зразки води природних водних джерел та приджерельного ґрунту.

Комплекс завдань, які стояли перед науково-дослідницькою роботою зводився до наступних основних:

1. Скласти карту природних джерел Здолбунівського району, розробити план експериментальних досліджень.
2. Провести дослідження з визначення об'ємної активності радону у воді природних джерел, питомої активності приджерельного ґрунту та природного радіаційного фону.
3. За результатами досліджень встановити шкалу безпеки використання води з природних джерел.

Для виконання роботи був вибраний Здолбунівський район Рівненщини, оскільки для нього науковим співтовариством розробляється

програма стратегії сталого розвитку. В рамках цієї програми необхідно було визначити екологічний стан району. З географічної і геологічної точки зору Здолбунівський район знаходиться в межах Волинської височини. Це західний схил Українського кристалічного щита багатого на поклади урану, що залягають на глибині 800-1200 м. Здолбунівський район знаходиться в межах Мізоцького та Здолбунівського ландшафтів. У межах Волинської височини виділяється система розломів, якими пронизані кристалічний фундамент та осадові породи над ним. Через дані розломи підземна вода, насичуючись радоном із уранових покладів і потрапляє на поверхню [5, 6]. В Здолбунівському районі зареєстровано 86 природних водних джерел. В рамках розширення об'єктів дослідження проби води брались також із деяких артезіанських свердловин та колодязів даного регіону.

Згідно даних наукових робіт величина радоновмістності води при виході на поверхню землі залежить від кількох умов:

- 1) тривалості контакту води з речовиною, яка виділяє радон;
- 2) достатності контакту для досягнення максимально можливого рівня радіоактивності води;
- 3) стану речовини, яка виділяє радон (часто від цього стану залежить кількість газу, який виділяється з неї);
- 4) умов, при яких радон переходить в рідину (потужність струменя води, що взаємодіє з породою, його подрібненням, температура, вплив температури струменя на температуру породи, що змінює умови виходу і розчинності газу);
- 5) довжини шляху, яку воді необхідно пройти від підземного джерела радону до поверхні землі (під час цього шляху відбувається поступовий процес його розпаду);
- 6) підмішування до води нерадіоактивних рідких і газових струменів;
- 7) механічного виділення радону з води бульбашками газу, які можуть виділятися з самої рідини, і поступати в неї ззовні [7].

Для дослідження природних джерел Здолбунівщини на радоновмістність була організована експедиція з відбору проб води джерел та приджерельного ґрунту для вимірювання об'ємної активності (ОА) води за радоном-222 та питомої активності (ПА) ґрунту за цезієм-137 та стронцієм-90. Проби води з природних джерел місцевості відбирались в ємкості об'ємом 1,5 л і маркувались (номер проби, дата і година відбору). Паралельно з відбором проби проводилось трьохразове вимірювання величини природного радіаційного  $\gamma$ -фону за допомогою побутового дозиметра «Белла» та визначалось його усереднене значення, яке записувалось на маркувальну етикетку.

Вимірювання об'ємної активності радону природних джерел проводилось вимірювальним комплексом «Альфарад плюс» для моніторингу радону, торону та їх дочірніх продуктів. Даний комплекс може проводити експресні вимірювання та неперервний моніторинг об'ємної активності (ОА) радону-222 в пробах води в діапазоні вимірювань від 1 Бк/л до 800 Бк/л, з відносною похибкою  $\leq 30\%$ . Комплекс забезпечений спеціальними пробовідбірними пристроями, які дозволяють проводити вимірювання вмісту радону-222 не лише у воді, а і в ґрунтовому повітрі, визначати густину потоку радону з поверхні ґрунту.

Принцип визначення ОА радону-222 базується на електростатичному осадженні заряджених іонів  $^{218}\text{Po}$  із відібраної проби повітря на поверхню  $\alpha$ -детектора (напівпровідниковий детектор). ОА  $^{222}\text{Rn}$  визначається за кількістю зареєстрованих  $\alpha$ -частинок при розпаді атомів  $^{218}\text{Po}$ , які осіли на детектор. Після закінчення вимірювання на екрані комплексу ви-

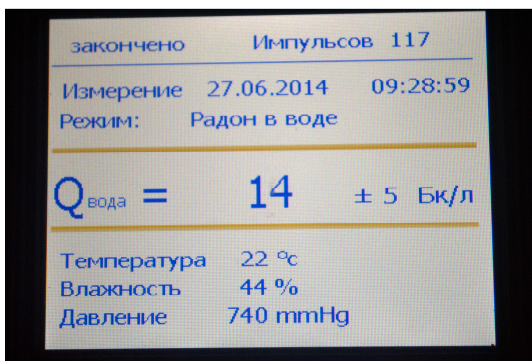


Рис. 1. Екран приладу при вимірюванні ОА радону-222 в пробі № 88

світлюються результати, які включають дату, час закінчення вимірювання, кількість імпульсів, режим роботи, значення ОА радону в пробі води, відносну похибку вимірювання, тиск, температуру, вологість (рис. 1).

Крім відбору проб води з джерел, проводився відбір проб верхнього шару ґрунту біля кожного джерела (масою до 1 кг) для визначення його питомої активності за стронцієм-90 і цезієм-137. Відібрані проби зважувались, висушувались на протязі трьох діб при температурі 105-110 градусів за Цельсієм, розтирались у фарфоровій ступці і переносились у пронумеровані чашки Петрі. Процент вологості при вимірюванні всіх проб радіометром «Бета» становив – (3-5)%.

Вказаний радіометр налаштований на визначення  $\beta$ -частинок з енергією близькою до 0,54 MeV. В даний енергетичний діапазон попада-

ють  $\beta$ -частинки стронцію-90 і цезію-137. Питома активність ( $PA$ , активність одиниці маси) проби визначається згідно співвідношення:

$$A = \frac{H - H_{\phi}}{P}, \quad (1)$$

де  $H$  – швидкість лічби радіометра (кількість відліків за одиницю часу) при завантаженні вимірюваної проби,  $1/c$ ;  $H_{\phi}$  – швидкість лічби радіометра від фонової проби,  $1/c$ ;  $P$  – чутливість радіометра,  $\frac{кГ}{с \cdot Бк}$ .

### Результати досліджень:

1. **Вперше** було проведено комплексне визначення і картографування радіологічних характеристик природних водних джерел Здолбунівського району Рівненщини. Обчислені значення об'ємної активності ( $OA$ ) радону проб води знаходяться у достатньо широких межах: від  $2Бк/л$  до  $(14 \pm 5) Бк/л$ .

2. Дані експериментальних досліджень дозволили умовно розбити отримані результати на три групи. До III групи віднесено джерела з  $OA$  радону у воді до  $5 Бк/л$  (за результатами досліджень ЕРА – безпечна для людини концентрація). До II –  $(5-10) Бк/л$  (за нашими публікаціями – не шкідлива концентрація, за дослідженнями ЕРА – можуть приводити до захворювань на рак, але з малою ймовірністю). До I – більше  $10 Бк/л$  (шкідлива за всіма нам відомими публікаціями). Нанесені на карту району точки показали, що джерела з високою концентрацією радону зосереджені в вузькій смузі шириною  $5-7 км$ , яка простягається з півдня на північ. Зліва від смуги знаходяться джерела II, справа – джерела III.

3. Експериментально визначене розміщення джерел за вмістом у воді радону, очевидно, пояснюється вертикальним розломом (Хмель-

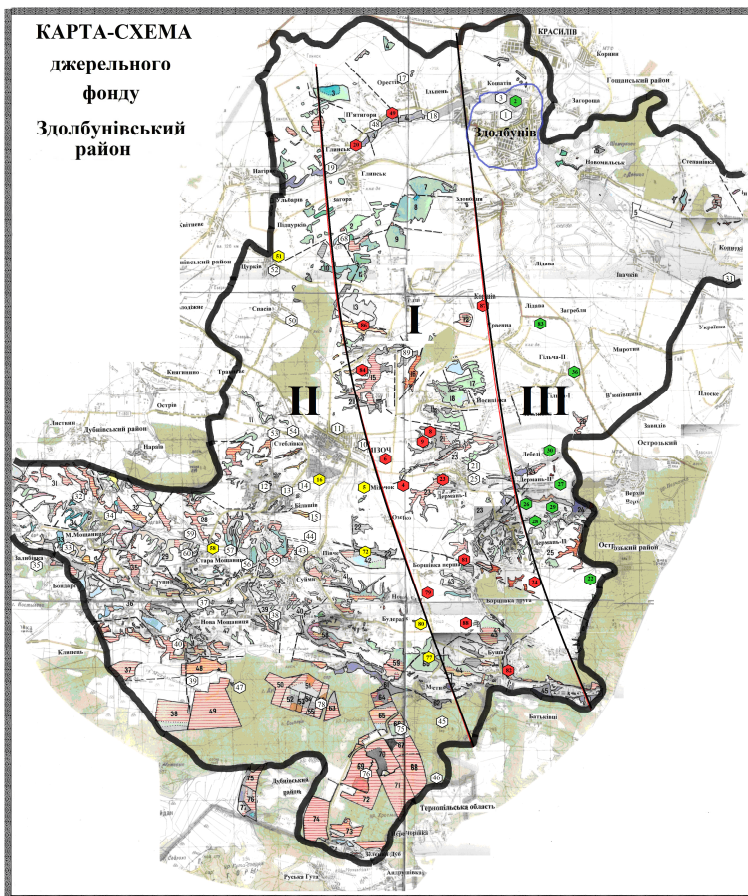


Рис. 2. Карта радоновмістості природних водних джерел Здолбунівського району Рівненщини

ницьким, або його відгалуженням), який існує в кристалічному фундаменті Мізоцького та Здолбунівського ландшафтів, через який поступає радон в поверхневі джерельні води. Оскільки даний фундамент занурюється у товщу землі в західному напрямку, то можливе існування нахилених розломів зі сходу (Український щит) на захід (Волинська височина).

4. Реперне вимірювання *ПА* за  $\beta$ - випромінюванням стронцію-90 та цезію-137 ґрунту показало його малу активність. Слід відмітити наявність кореляції *ПА* ґрунту з *ОА* радону у воді (рис. 3). На нашу думку, це свідчить, що через вищезначені розломи на поверхню можуть вноситися мікроконцентрації радію, урану, торію з відповідних руд. Ядерні реакції цих елементів з хімічними елементами ґрунту та води і призводять до виникнення радіоактивних ізотопів цезію та стронцію.

5. Вимірювання природного  $\gamma$ -фону показало, що у всіх точках дослідження він знаходиться у межах норми.

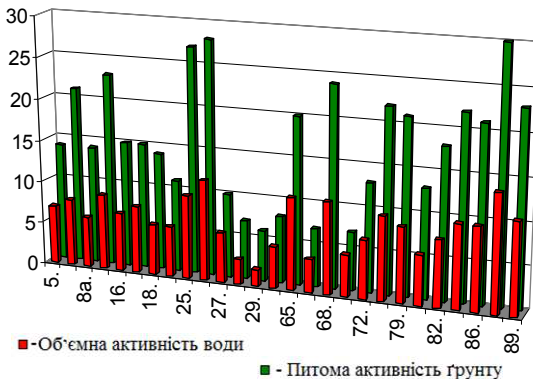


Рис. 3. Гістограми кореляції *ОА* води і *ПА* ґрунту

6. Одним із суміжних застосувань вимірювання *ОА* радону в джерельній воді, та ґрунті може бути пошук розломів у кристалічному щиті. Таке застосування набагато дешевше геологічного буріння. Відомо, якщо у зоні одного розлому утворюється лінійний хрестоподібний виступ (або гранітний вал), то у вузлі перетину тектонічних зон різних напрямів – гранітний купол. Саме куполо- і штокоподібна частина гранітних масивів є найбільш сприятливою для локалізації, наприклад, вольфрам – молібденового зруденіння [8].

**Висновки та рекомендації.** На основі наукового аналізу отриманих результатів можна зробити висновки та сформувані низку рекомендацій:

1. Існує необхідність підготовки довідки для інформування керівництва району, області та населення про потенційну радоннебезпечність певних територій Здолбунівського району.
2. Недосліджені проблеми, пов'язані зі статистикою захворювань, насамперед на рак, мешканців та домашніх тварин населених пу-

нктів, які знаходяться в межах смуги підвищеної концентрації радону в водних природних джерелах. Потрібно знайти кореляцію між об'ємом води, яка ними споживається, і спектром їх захворювань.

3. Недостатня інформованість населення про вміст інших природних радіонуклідів у водопровідній воді населених пунктів.

4. Необхідно розглянути можливість заборони використання джерельної води, води із артезіанських свердловин без попереднього відстоювання або кип'ятіння згідно [9].

1. Несмеянов А. Н. Прошлое и настоящее радиохимии / А. Н. Несмеянов. – Л. : Химия, 1985. – 168 с.
2. Радиация. Дозы, эффекты, риск. – М. : Мир, 1990. – 80 с.
3. Іщенко Л. О. Гігієнічна оцінка особливостей формування рівнів радону та доз опромінення населення Криворізького залізрудного регіону : автореф. на здоб. наук. ст. канд. біол. наук [Текст] / Л. О. Іщенко. – К., 2010. – 23 с.
4. НРБУ-97 «Норми радіаційної безпеки України». – Введ. 1998-01-01. – Державні гігієнічні нормативи. – Київ : Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. – 121 с.
5. Геренчук К. І. Природно-географічний поділ Львівського та Подільського економічних районів [Текст] / К. І. Геренчук, М. М. Койнов, П. М. Цись. – Львів : Львів. ун-т, 1964. – 221 с.
6. Карпеч Ю. М. Роль тектоніки та геологічної будови у фізико-географічному поділі Волинської височини [Електронний ресурс] / Ю. М. Карпеч. – Режим доступу: [www // geopolitika.crimea.edu/arhiv/2013/tom9-v-1/010kapr.pdf](http://www.geopolitika.crimea.edu/arhiv/2013/tom9-v-1/010kapr.pdf)
7. Инструкция к измерению радиоактивности минеральных источников / Баранов В., Огиль В., Соколова А., Бурксер Е. – М., 1930.
8. Геолого-структурні умови локалізації молібдено- і вольфрамоносних метасоматитів Українського щита [Текст] / Добровольський В. В., Сьомка В. О., Пономаренко О. М., Бондаренко С. М., Донський М. О., Сьомка Л. В. // Наукові праці УкрНДМІ НАН України. – № 13 (частина II). – 2013. – С. 350–375.
9. Концепція захисту населення і території у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій. Затверджено Указом Президента України від 26 березня 1999 р. № 284-99 [Текст] – 1999. – С. 30–39.

Рецензент: д.с.-г.н., професор Клименко М. О. (НУВГП)

---

**Lebed O. O., Senior Lecturer** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne), **Myklinchuk V. O., Associate Professor** (Rivne State Humanitarian University, Rivne), **Pryshepa A. M., Professor** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

## **MEASUREMENT OF RADON IN NATURAL WATER SOURCES OF ZDOLBUNIV AREA RIVNE REGION**



**Comprehensive definition of the content of radon-222 in natural water sources of Zdolbunov area is given in this paper. These experimental measurements allow to identify areas on the map distribution of radon sources.**

**Keywords:** radon-222, volume activity, Zdolbunov area.

---

**Лебедь А. А., ст. препод.** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Мыслинчук В. А., доцент** (Ровенский государственный гуманитарный университет, г. Ровно), **Прищепя А. М., профессор** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **РАДОНОМЕТРИЯ ПРИРОДНЫХ ВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЗДОЛБУНОВСКОГО РАЙОНА РОВЕНЩИНЫ**

**Произведено комплексное измерение содержания радона-222 у природных водных источников Здолбуновского района. Данные экспериментальных измерений позволяют выделить на карте зоны равномерного распределения содержания радона в источниках. *Ключевые слова:* радон-222, объемная активность, Здолбуновский район.**

---