

УДК 543.3

Яковенко М. І., студентка,  
Шабатура О. В., канд. геолог. наук, доцент,  
Київський національний університет ім. Тараса Шевченка, м. Київ, [dard@ukr.net](mailto:dard@ukr.net)

### ІНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА РАДОНУ У ВІДКРИТИХ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛАХ БІЛОЦЕРКІВСЬКОГО РОДОВИЩА

Підземні і, значно меншою мірою, поверхневі води зазвичай містять різноманітні похідні радіоізотопи рядів урану-238, актиноурану, торію, а також деякі з 31 радіоізотопу 24-х хімічних елементів, що не входять до родин урану або торію. Одним з найбільш часто досліджуваних природних радіонуклідів є  $^{222}\text{Rn}$ , оскільки він забезпечує найвищий рівень дози опромінення для людини при його вдиханні з повітрям та надходженні через питну воду.

Згідно архівних даних, у 1957-59 рр. у межах міста пробурені перші п'ять свердловин, які підтвердили наявність радону у воді (вміст становив 50-130 еман; 1 еман =  $3,7 \cdot 10^3$  Бк/м<sup>3</sup>). 33 свердловини, пробурені під час гідрогеологічних досліджень, відносилися за хімічним складом до гідрокарбонатного кальцієво-магнієвого типу; за вмістом радону – до категорії «слаборадонові води» [1,3].

Об'єктом дослідження є води природних джерел м. Білої Церкви. У роботі досліджувались доступні для водовідбору джерела радонових вод м. Білої Церкви, які приурочені виключно до кристалічних порід фундаменту Українського щита, які басейні р. Рось виходять на денну поверхню.

В ході роботи були проведені гідрогеологічні маршрути вздовж правого та лівого берегів р. Рось, описано 9 свердловин радонових вод, оцінено їх екологічний стан, здійснено хімічний аналіз проб.

Із метою виявлення змін у складі води порівнювали результати хімічних досліджень 2018 та 1959 рр. Проведено аналіз отриманих результатів, побудовані формули Курлова для проб (табл. 1). Встановлено, що у 1959 р. вода із джерела №47 була представлена гідрокарбонатно-магній-кальцієвою водою, у 2018 році відповідно проба має дещо змінений хімічний склад і представлена гідрокарбонат-кальцієвою водою. Вода із джерела «Лев» відповідно через майже 60 років теж у хімічному складі зазнала змін. У 1959 році проба була представлена гідрокарбонат-кальцієвою водою, у 2018 році проба представлена гідрокарбонат-магнієво-кальцієвою водою.

Таблиця 1 – Таблиця з отриманих даних хімічного аналізу 2018 р. для побудови формули Курлова, з метою інтегральної оцінки та визначення складу води для Джерела «Лев»

Джерело №47, 2018				
Хімічний склад	Еквівалентна вага	Вміст		
		мг/дм <sup>3</sup>	мг-екв/дм <sup>3</sup>	%-екв/дм <sup>3</sup>
<b>АНІОНИ</b>				
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	61,018	567,3	9,297	54,28
Cl <sup>-</sup>	35,475	129,7	3,656	21,35
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	48,08	112,3	2,336	13,64
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	62,008	114	1,838	10,73
			17,128	100,000
<b>КАТІОНИ</b>				
Ca <sup>++</sup>	20,04	172	8,583	70,08
Mg <sup>++</sup>	12,16	9,7	0,798	6,51
K <sup>+</sup> + Na <sup>+</sup>	62,093	178	2,867	23,41
			12,247	100,000
M1,021 $\frac{HCO_3 54,28 Cl 21,35 SO_4 13,64}{Ca 70,08 K + Na 23,41}$ pH 7,16		<b>гідрокарбонатно-кальцієва вода</b>		

Також було встановлено, що у показниках мінералізації води, та у показниках рН у пробах із двох джерел простежуються зміни. Води стали більш лужними та мають значно вищу мінералізацію у порівнянні із 1959 роком.

Для інтегральної та цілісної оцінки коливань радону у воді, та з'ясуванні залежності його концентрації від температури та інших умов середовища, було відібрано повторно проби восени 2021 р. із відповідних джерел, що й попереднього разу. Отримувани дані ми вносили до відповідної таблиці (табл. 2) у якій були проведені розрахунки.

Таблиця 2 – Проведенні розрахунки для визначення концентрації радону у пробах відібраних восени 2021 р.

ВИМІР		тривалість виміру, хв	кількість імпульсів	об'єм проби, см <sup>3</sup>	кількість імпульсів коригована за фон	Ук/л	Q, Бк/л	Qф, Бк/л	час між відбором проби і вимірюванням
фон	повітря	10	11						
фон	водопровідна вода	10	10						
проба води	Джерело №47	10	27	126	21	3,96825 4	179,8242		
проба води	Джерело №47	10	42	126	30	3,96825 4	256,8917		
проба води	Джерело №47	10	24	126	6	3,96825 4	51,37833	228	2679
фон	повітря	10	33						
проба води	Джерело «Лев»	10	34	132	2	3,78787 9	16,39379		
проба води	№1 Джерело «Лев»	10	31	132	0	3,78787 9	0	23	2700
фон	повітря	10	31						
проба води	№3 (бальнеологічна лікувальниця)	10	39	143	11	3,49650 3	83,65942		
проба води	№3(бальнеологічна лікувальниця)	10	36	143	11	3,49650 3	83,65942		
проба води	№3(бальнеологічна лікувальниця)	10	28	143	6	3,49650 3	45,63241	92	2040
фон	повітря	10	20						

Перш за все для визначення концентрації була виведена наступна формула:

$$Q_p = \left( Q \left( \alpha + \frac{V_k}{V_{п1}} \right) - Q_f \right) * \exp^{\lambda t} \quad (1)$$

де  $Q = A_k * N_i$  ( $A_k = 2,03 \text{ Бк} \cdot \text{с}^{-1}$  (для 10 хв експоненти), відповідно  $N_i$  – кількість імпульсів;

$V_k = 500 \text{ см}^3$  – об'єм вимірювальної камери радіометра;

$V_{п1} = 132$ ,  $V_{п2} = 126$ ,  $V_{п3} = 143$  – об'єми взятих проби у  $\text{см}^3$ ;

$\alpha = 0,25$  – кількість випромінювання;

$\lambda = 0,000126 \text{ хв}^{-1}$  – швидкість розпаду часток;

t – час між відбором проби та проведенням вимірювання.

Оскільки у камері приладу накопичується радон і продукти його розпаду. Тому між визначеннями кількості імпульсів проби мали два визначення імпульсів фону. У формулу нами було введено концентрацію фону  $Q_f$ , тобто значення, які припали на нього, і які відповідно ми мали прибрати для отримання точних результатів. Тож за 59 років із часу відкриття значно зменшилася і станом на 2018 р. становила у Джерелі «Лев» - 44 Бк/л (тоді, як у 1959 р. - 333-1543 Бк/л), у бальнеологічній лікувальниці - 44 Бк/л (тоді, як у 1959 р. - 296 Бк/л), у Джерелі №47 навпаки спостерігаємо підвищення показника вмісту радону у воді - 208 Бк/л (тоді, як у 1959 р. – 199,8 Бк/л). А останні наші порівняння 2018 та 2021 роки, показали дивну тенденцію, у одному джерелі спостерігаємо невеличке збільшення із 208

Бк/л до 228 Бк/л (Джерело №47), тоді як у двох інших простежується попередній тренд зменшення концентрації радону у Джерелі «Лев» концентрація зменшується із 44 Бк/л до 23 Бк/л та у бальнеологічній лікарні вміст радону із 140 Бк/л до 92 Бк/л (Додаток Н-3). Зміни/коливання концентрації радону із 2018 по 2021 р. можна пов'язати із неотектонічними рухами, які зазнає дана територія, а збільшення радону у воді скоріш має сезонний характер і відповідає припущенню, збільшення розчинності радону у воді, зі зменшенням її температури, а також зменшенням швидкості потоку підземної води. Тоді як зміни за більш як 60 років скоріш за все можуть бути пов'язані із помітним зменшенням рівня води, що відповідно зменшує площу контакту води із джерелом надходження до неї радону, тобто гранітними породами Українського щита, які відслонюються на даній території. Отже просторовий розподіл  $^{222}\text{Rn}$  в регіоні, значною мірою пов'язаний з літологічними характеристиками рельєфу досліджуваної території [2].

Була простежена та підтверджена закономірність, що джерела, у яких спостерігаються вищі показники вмісту катіонів  $\text{Na}^+$  та  $\text{Cl}^-$ , мають значно більші концентрації вмісту радону.

#### Список посилань

1. Безвинний В.П. Державна геологічна карта України, масштаб 1:200 00, аркуші "Біла Церква" / В.П. Безвинний, М.М. Циба – Київ: "Умань", 2006. – 163 с.
2. Вижва С.А. Радоновый контроль измерения / С.А. Вижва, О.Д. Гавриленко, І.І. Шабатура та ін. – Алматы, 2014. – 40 с.
3. Клыков А.Г. Отчет о результатах геологических работ, проведенных Правобережной геологической экспедицией в 1959-1962 гг. на Белоцерковском месторождении минеральных вод / А.Г. Клыков, Ж.П. Жданова, 1962.

УДК 504.06

**Чоботко І.І., провідний інженер**

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, м. Дніпро,  
[efilonov79@gmail.com](mailto:efilonov79@gmail.com)

### ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ КОНТРОЛЮ ЗА СТАНОМ ГОРІННЯ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

За даними Інтернет-ресурсу [1] Україна за геологічними запасами викопного вугілля займає перше місце в Європі і восьме у світі. Тільки один Донецький басейн займає площу 60 тис. км<sup>2</sup> і охоплює території Дніпропетровської, Донецької та Луганської областей. Запаси вугілля до глибини 1800 м становлять 140,8 млрд. тонн. Вугілля у цьому регіоні має 300-річну історію безперервного видобутку, побічним продуктом якого є утворення конічних відвалів вуглевмісних порід – териконів. За даними обласних управлінь екології, на території Луганської та Донецької областей налічується відповідно 537 та 597 відходів вугледобувних підприємств загальним об'ємом понад 1 млрд м<sup>3</sup>. Вони мають висоту 30 – 100 м і більше, кут відкосу до 40°, займають площу від 2 до 10 га, а разом – понад 5 500 га. Проте набагато більшою є площа земель, що є порушеними і забрудненими за час будівництва й експлуатації шахтних комплексів. А якщо врахувати, що і у Західному Донбасі (східна частина Дніпровської області) налічується 12 шахт, у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні налічується 14 діючих шахт та 55 відвалів, то масштаби техногенного впливу вражають.

Зокрема слід виділити дві екологоорієнтовані технології контролю:

– термографічна зйомка термічних зон температурних концентраторів відходів вугледобувних підприємств (породних відвалів) за допомогою тепловізорного обладнання. Найбільш добре зарекомендували себе тепловізори американської фірми ANT (American Network Technologies Corp), які є пило-вологозахисні та мають широкі спектри