

Лебедь О. О., ст. викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Мислінчук В. О., к.пед.н., доцент** (Рівненський державний гуманітарний університет, м. Рівне), **Кочергіна О. Д., ст. викладач** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ ПОТЕНЦІАЛУ ҐРУНТОВОГО РАДОНУ ЯК РЕПЕРУ ЕКОЛОГІЧНОЇ РАДОНОВОЇ БЕЗПЕКИ

На основі проведених досліджень концентрації радону в ґрунтового газі тест-полігонів міста Рівне визначено для них індекс потенціалу ґрунтового радону SRP. Встановлена кореляція між SRP, концентрацією радону в повітрі приміщень та смертністю від раку легенів населення міста.

Ключові слова: радон, ґрунтовий газ, об'ємна активність, концентрація, індекс потенціалу ґрунтового радону, Рівне, Україна.

Вплив радіоактивного газу – радону визнаний другою провідною причиною виникнення раку легенів населення після тютюнопаління [1]. У США він відповідальний за приблизно 21000 смертей на рік [2], що вдвічі перевищує смертність від керування автомобілем в нетверезому стані (10497, [3]) та перевищує кількість багатьох інших виявлених причин смерті, наприклад, убивств (17250; [4]) за цей же період. Радон та дочірні продукти його розпаду (ДПР) (похідні радіоактивної родини Урану-238), надходячи в повітря приміщень з ґрунтів під будинками та з будівельних матеріалів, призводять до збільшення ризику захворюваності на рак легенів у загальній популяції через вдихання і внутрішнє опромінення легенів [5]. Крім того, мультиплікативна дія на організм радону, його ДПР і низки факторів нерадіаційної природи (пил, вихлопні гази двигунів, продукти згорання тютюну тощо) посилює несприятливі ефекти, зумовлені даними факторами: [1] прискорюється розвиток сілікотичного процесу в легенях; [2] з більшою імовірністю виникають пухлини бронхів навіть у тих, для кого вірогідність появи ракових захворювань у природних умовах дуже низька; [3] водночас з тютюновим димом онкогенний ефект впливу радону і його ДПР збільшується в 2-10 разів і, що важливо, зменшується латентний період розвитку раку легенів [6]. Основними легеневими онкологічними захворюваннями



населення є аденокарцинома, лусковидна карцинома та саркома лімфатичних вузлів [7-9]. В [9] вказується, що ризик онкологічних захворювань легенів збільшується на 11% при збільшенні концентрації радону в житлі на 100 Бк/м^3 .

Означені ризики зростають у так званих радононебезпечних регіонах Світу, таких як штати Іллінойс та Айова (США), Алтай, Єврейська Автономна область та Карелія (Російська федерація), Скандинавські країни, Криворізький басейн та Рівненщина (Україна) тощо. «Радонова проблема» привернула пильну увагу спочатку медіа, а потім і Американських та Європейських офіційних інституцій. У 1986 році Агентство США із захисту навколишнього середовища (EPA) встановило рівень об'ємної активності (ОА) радону в житлі ($4 \text{ pKi/l} \approx 148 \text{ Бк/м}^3$), вище якого було рекомендовано проводити внутрішньобудинкові протирадонові заходи. 7% будинків країни в своїх приміщеннях на той період мали концентрації радону, вищі зазначеного рівня і вимагали проведення термінових заходів. Прийняття низки таких заходів у 1988 році Конгресом США викликало застосування Закону про заборону радіації у повітрі (IRAA), яким були визначені мета і задачі зі зниження концентрації радону в будинках та інших приміщеннях країни до позабудинкової.

В Європейському Союзі в 2014 році було прийнято директиву «Council Directive 2013/59/EURATOM» [10], в якій сформульовано конкретні вимоги до національних законодавств країн-членів ЄС щодо вирішення загальної проблеми впливу експозиції радону на глобальний стан здоров'я населення Європи. Дана директива мала на меті до лютого 2018 року в законодавства країн ЄС ввести поняття базового рівня середньорічної концентрації на рівні 300 Бк/м^3 для житлових приміщень та робочих місць і, у випадку його перевищення, розробляти «плани дій щодо радону» з метою зниження за допомогою низки будівельних та вентиляційних заходів.

В Україні населення, на жаль, практично не обізнане з «радоновою проблемою», хоча забрудненість радоном житла подекуди в декілька разів перевищує європейські показники [11; 12].

Експериментальні дослідження. Дослідження впливу радону та його ДПР на збільшення ризику захворювання на рак легенів жителів міста Рівне проводилося нами в період 2013-2018 років у місті Рівне та в приміській зоні. Експериментально була визначена концентрація Радону-222 у приміщеннях міста: підвалах, напівпідвалах та приміщеннях перших поверхів будинків [11-13], густина потоку радону з ґрунту [14], концентрація радону в ґрунтовому газі [15]. На

основі отриманих даних було розраховано ризики захворювання на рак легенів населення міста [16; 17].

Відомо, що концентрація ^{222}Rn як основної компоненти радону в атмосферному повітрі і в повітрі приміщень залежить від низки факторів: вмісту ^{238}U та ^{226}Ra в гірських породах, ґрунтах і підземних водах; присутності зон і площ з ураново-рудною мінералізацією; наявності розломів в гірських породах; вивітрювання; значення коефіцієнта еманування ^{222}Rn з ґрунту; властивостей і стану ґрунту. Оскільки ґрунт формує 90% радонної експозиції в житлі [18], то вимірювання концентрації радону в ґрунтовому газі доцільно використовувати для оцінки варіацій концентрації радону в приміщеннях [19-21]. На підставі дослідження рівнів концентрації радону в ґрунтовому газі була запропонована наступна класифікація ОА в ґрунті: низька ($< 25 \text{ кБк/м}^3$), середня ($25\text{-}100 \text{ кБк/м}^3$), підвищена ($100\text{-}250 \text{ кБк/м}^3$) та висока ($> 250 \text{ кБк/м}^3$) [22; 23].

Вимірювання радону в ґрунтовому газі проводились в 48 точках міста Рівне (48 районів 12-ти тест-полігонів) з червня по жовтень 2018 року на глибині 1 м (рис. 1) радонометром «Альфарад Плюс».

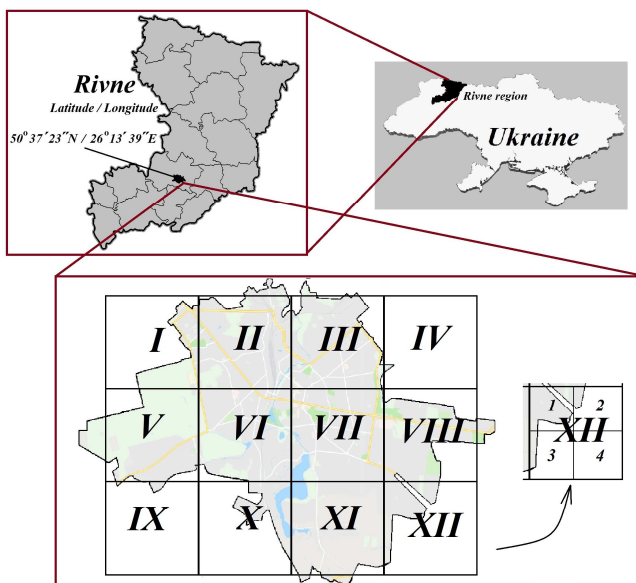


Рис. 1. Тест-полігони відбору проб ґрунтового газу в м. Рівне

Методика визначення концентрації радону в ґрунтовому газі схематично показана на рис. 2 і детально описана в [15].

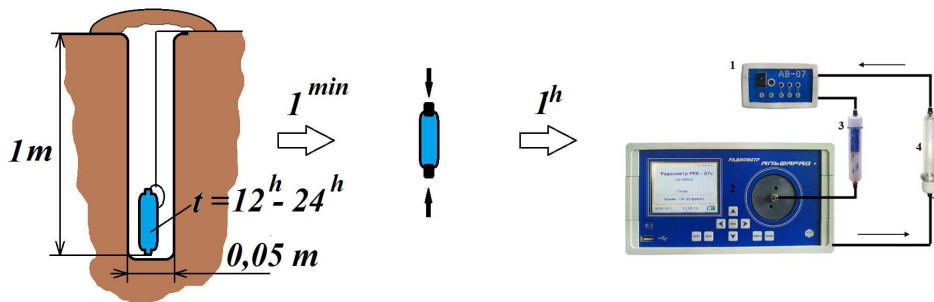


Рис. 2. Методика вимірювання радону в ґрунтовому газі: 1 – автономна повітродувка; 2 – блок вимірювання ОА; 3 – патрон-осушувач; 4 – пробовідбірник ґрунтового повітря

Границі тест-полігонів встановлювались таким чином, щоб вони відображали основні характеристики ґрунту, материнську основу плато міста, що оточує точки відбору зразків ґрунтового газу. Місця відбору розташовувалися або на газонах, за 10 м від доріг, або на приміських городах із дозволу власників. В кожному районі вимірювались проникність ґрунтового газу та ОА радону з подальшим усередненням чотирьох значень одного тест-полігону. Проникність ґрунтового газу розраховували за допомогою рівняння Дарсі [24].

Дослідження показали, що концентрація радону в ґрунтовому газі і проникність ґрунту є двома найважливішими факторами, які впливають на потік радону з ґрунту в повітря [25]. Для врахування даних факторів пропонуємо розраховувати індекс потенціалу ґрунтового радону (soil radon potential index) *SRP* територій що підпадають під означення радононебезпечних (25-27) за формулою:

$$SRP = \frac{C - C_0}{\ln\left(\frac{P_0}{P}\right)}, \quad (1)$$

де C – концентрація радону в ґрунтовому газі в одиницях $\text{кБк}/\text{м}^3$, P – коефіцієнт проникності ґрунту в одиницях м^2 . C_0 і P_0 – константи, $1 \text{ кБк}/\text{м}^3$ і $1 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2$, відповідно.

У цьому дослідженні для кожного досліджуваного тест-полігону були розраховані індекси *SRP*, представлені в таблиці. Діапазони фактично виміряних даних для кожного тест-полігону наведені в дужках.

Для кожного тест-полігону індекс *SRP* визначався за середньою концентрацією радону в ґрунті та середньою проникністю ґрунту, виміряною на цьому місці за рівнянням (1).

Обговорення. Дослідження ґрунтового радону використовуються як ключове джерело даних для побудови карт радонових потенціалів [20].

Таблиця

Концентрація радону в ґрунтовому повітрі, коефіцієнт проникності ґрунту та *SRP* в 12 тест-полігонах м. Рівне

№ тест - полігону	ОА радону в ґрунтовому газі, кБк/м^3	Проникність $\times 10^{-12} \text{ м}^2$	<i>SRP</i>
I	10 ± 2 (8 – 12)	$3,1 \pm 4,2$ (0,2 – 10,7)	2,6
II	2 ± 0	$0,2 \pm 0,3$ (0,01 – 1,52)	0,2
III	$16,2 \pm 4$ (9 – 20)	$22,5 \pm 13,4$ (8,4 – 35,1)	10,2
IV	3 ± 0	$0,8 \pm 0,8$ (0,02 – 1,61)	0,4
V	$14,6 \pm 6$ (6 – 19)	$6,8 \pm 8,3$ (1,2 – 21,8)	5,1
VI	9 ± 1 (8 – 10)	$9,3 \pm 4,3$ (5,3 – 16,1)	3,4
VII	$17,6 \pm 5$ (11 – 21)	$19,6 \pm 15,1$ (4,4 – 31,9)	10,2
VIII	7 ± 1 (8 – 6)	$1,8 \pm 1,5$ (0,2 – 3,8)	1,5
IX	2 ± 0	$0,2 \pm 0,2$ (0,01 – 1,47)	0,2
X	6 ± 1 (5 – 7)	$3,4 \pm 1,5$ (2,2 – 5,7)	1,5
XI	$13,1 \pm 4$ (6 – 17)	$19,0 \pm 13,1$ (5,2 – 32,8)	7,3
XII	8 ± 2 (6 – 10)	$8,1 \pm 5,3$ (4,2 – 14,3)	2,8

Хоча дослідження залежності між вимірюваними концентраціями радону в будинках та в ґрунтовому газі під ними показують, що між ними виявляється лише дуже слабка кореляція [28; 29], все ж за значеннями ОА радону в ґрунтовому газі та індексом *SRP* можна судити про потенційну радонову небезпеку територій. Рівні концентрації радону в ґрунтовому газі для міста Рівне є низькими за класифікацією Akerblom (1,4-17,7 кБк/м^3) з арифметичним середнім 11,13 кБк/м^3 , середньоквадратичним (4,803 кБк/м^3) та середньгеометричним (9,731 кБк/м^3) відхиленнями.

Індекс потенціалу ґрунтового радону, який в деяких роботах [25; 27] ще називають індексом радону, використовується для характеристики радонового ризику та оцінки потенціалу радону будівельних майданчиків у Чеській Республіці. Там, область з $SRP < 10$, $10 \leq SRP \leq 35$ або $SRP > 35$ визначається як низька, середня та висока область концентрації радону, відповідно. На підставі Чеського національного стандарту (ČSN 73 0601. Захист будівель від ґрунтового радону), за винятком областей з низьким індексом радону, всі будівлі

повинні бути побудовані з достатнім захистом від проникнення радону з землі. Наші дослідження показали, що значення індексу *SRP* двох тест-полігонів (III та VII) перевищують 10, тобто це райони з середньою концентрацією радону в ґрунті. Можна говорити, що існує певна кореляція між рівнями радону в ґрунтовому газі, внутрішньо-будинковому повітрі та смертності від раку легенів населення тест-полігонів міста Рівне, оскільки райони III та VII характеризуються їх максимальними показниками, а тест-полігони, де індекс *SRP* мінімальний (II та IX) характеризуються мінімальними значеннями смертності, ОА радону в будинках та ґрунті [15-17].

1. The World Health Organization, Fact Sheet No. 291: Radon and cancer, June 2005. Available on. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/index.html>. (дата звернення: 01.06.2019). Accessed 28 April 2008.
2. Alberg A. J., Ford J. G., Samet J. M. (2007). Epidemiology of lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). Chest. (American College of Chest Physicians) 132 (3 Suppl): 29S-55S. doi:10.1378/chest.07-1347. PMID 17873159.
3. National Highway Traffic Safety Administration. Traffic Safety Facts 2016 data: alcohol-impaired driving. U.S. Department of Transportation, Washington, DC (2017).
4. Statistica. Total number of murders in the United States in 2016, by state. Available from: URL: <https://www.statista.com/statistics/195331/number-of-murders-in-the-us-by-state-2016> (дата звернення: 01.06.2019).
5. Jacobi W. Basic of Concern: The Possible Lung Cancer Risk from Residential Radon. Proc. *Ninth Int. Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA)*. Vol. 1. Vienna, Austria, 1996. 267-273.
6. Радон: радіаційна безпека і методи захисту : навч. посібник / А. І. Севальнев, М. І. Костенецький, В. П. Торгун, А. В. Куцак. Запоріжжя. 2009. 88 с.
7. Peterson, E., Aker, A., Kim, J. H., Li, Y., Brand, K. & Copes, R. (2013). Lung cancer risk from radon in Ontario, Canada: how many lung cancers can we prevent? *Cancer Causes Control*, 24 (11), 2013-2020. doi: 10.1007/s10552-013-0278-x.
8. Truta, L. A., Hofmann, W., & Cosma, C. (2014). Lung cancer risk due to residential radon exposures: estimation and prevention. *Radiation Protection Dosimetry*, 160, 112-116. doi: 10.1093/rpd/ncu062.
9. Krewski D., Lubin J. H., Zielinski J. M., Alavanja M., Catalan V. S., Field R. W., Klotz J. B., Letourneau E. G., Lynch C. F., Lyon J. I. et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case – control studies. *Epidemiology*. 2005; 16(2):137 – 45.
10. Council of the European Union. (2014). Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. Brussels: O. J. EU. Available from: URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/65527fd1-7f55-11e3-b889-01aa75ed71a1/language-en/> Accessed on 25.12. 2017 (дата звернення: 01.06.2019).
11. Лебедь О. О., Мислінчук В. О., Кочергіна О. Д.

Динаміка надходження Радону-222 в житлові приміщення. *Актуальні проблеми фундаментальних та прикладних досліджень* : матеріали Міжнародної інтернет-конференції молодих учених та студентів. Луцьк, 2016. С. 56–57.

12. Клименко М. О., Лебедь О. О. Визначення об'ємної активності радону в повітрі підвальних приміщень. *Радіоекологія-2017* : зб. статей Науково-практичної конференції із міжнародною участю. Київ. 2017. С. 127–129.

13. Лебедь О. О., Мислінчук В. О. Визначення об'ємної активності радону в повітрі напівпідвальних приміщень міста Рівного. *Актуальні проблеми фундаментальних та прикладних досліджень* : матеріали Міжнародної інтернет-конференції молодих учених та студентів. Луцьк. 2017. С. 63–65.

14. Лебедь О. О. Районування міста Рівне за величиною густини потоку радону з ґрунту. *Релаксаційно, нелінійно, акустооптичні процеси і матеріали* : матеріали ІХ Міжнародної наукової конференції. Луцьк. 2018. С. 125–127.

15. Lebed, O. O., Lysytsya, A. V., Myslinchuk, V. O., Pryshchepa, A. M., & Dejneka, O. Y. (2018). Measurement of radon concentration in soil gas of the city of Rivne (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 158–164. Available at: URL: <https://www.ujecology.com/articles/measurement-of-radon-concentration-in-soil-gas-of-the-city-of-rivne-ukraine.pdf> (дата звернення: 01.06.2019).

16. Lebed, O. O., Klimenko, M. O., Lysytsya, A. V., Myslinchuk, V. O. (2018) Effect of Radon on oncological morbidity of the population: comparative analysis of some region of Ukraine and France (Web of Science), *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1). 585-595. doi: 10.15421/2017_253_

17. Lebed, O. O., Trusheva, S. S., & Lysytsya, A. V. (2019). Impact of radon exposure upon dynamics of mortality rate from lung cancer for population of Rivne city, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 25-34. Available at: URL: <https://www.ujecology.com/articles/impact-of-radon-exposure-upon-dynamics-of-mortality-rate-from-lung-cancer-for-population-of-rivne-city-ukraine.pdf> (дата звернення: 01.06.2019).

18. Nazaroff W. W., Moed B. A., Sextro R. G. Soil as a Source of Indoor Radon: Generation, Migration, and Entry. In: Nazaroff W. W., Nero Jr. A. V., editors. *Radon and its decay products in indoor air*, John Wiley & Sons, New York, 1988, pp. 57–112.

19. Akerblom, G. and Melander, H. Geology of radon. In: *Radon Measurements by Etched Track Detectors* (Singapore New Jersey London Hong Kong, World Scientific Publishing) pp. 29–49 (1997).

20. Kemski J., Klingel R., Siehl A. and Valdivia-Manchego M. From radon hazard to risk prediction based on geological maps, soil gas and indoor measurements in Germany. *Environ. Geol.* Published online 13 February 2008.

21. Segovia N., Gaso M. I. and Armienta M. A. Environmental radon studies in Mexico. *Environ. Geochem. Health* 29, 143–153 (2007).

22. Åkerblom G., Andersson P., Clevenjö B. (1984). Soil Gas Radon – A Source for Indoor Radon Daughters. *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 7, Issue 1-4, 1 January 1984, Pages 49–54, URL: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a082961>. (дата звернення: 01.06.2019).

23. Kemski J., Siehl A., Valdivia-Manchego M. Klassifikation des geogenen Radon-Potentials in der Bundesrepublik Deutschland. In: *Radon-Statusgespräch 1998. Berichte der Strahlenschutzkommission*

(SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 17, Gustav Fischer, Stuttgart, 1998, pp. 13–24. **24.** Koorevaar P., Menelik G. and Dirksen C. (1983). Elements of soil physics. Developments in Soil Science. Vol. 13. (Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo: Elsevier). **25.** Neznal M., Neznal M., Matolin M., Barnet I. and Miksova J. (2006). The new method for assessing the radon risk of building sites. Project Report (State Office for Nuclear Safety). **26.** Chen J., Ly J., Bergman L., Wierdsma J. and Klassen R. A. (2008). Variation of soil radon concentrations in southern Ontario. *Radiation Protection Dosimetry* (2008), Vol. 131, No. 3, pp. 385–389. (Advance Access publication 17 July 2008). doi:10.1093/rpd/ncn192. **27.** Neznal M. and Neznal M. Expert Assessment – determination of radon index of the building site for project. RADON V.O.S. Report No.1027-05. Available on www.radon-vos.cz. **28.** Albering H. J., Hoogewerff J. A., Kleinjans J. C. S. (1996). Survey of ^{222}Rn concentrations in dwellings and soils in the Dutch Belgian Border region. *Health Phys.*, 70: 64–69. **29.** Varley N. R., Flowers A. G. Indoor radon prediction from soil gas measurements. *Health Phys.* 1998; 74(6): 714–718.

REFERENCES:

1. The World Health Organization, Fact Sheet No. 291: Radon and cancer, June 2005. Available on. URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs291/en/index.html>. (data zvernennia: 01.06.2019). Accessed 28 April 2008.
2. Alberg A. J., Ford J. G., Samet J. M. (2007). Epidemiology of lung cancer: ACCP evidence-based clinical practice guidelines (2nd edition). Chest. (American College of Chest Physicians) 132 (3 Suppl): 29S–55S. doi:10.1378/chest.07-1347. PMID 17873159.
3. National Highway Traffic Safety Administration. Traffic Safety Facts 2016 data: alcohol-impaired driving. U.S. Department of Transportation, Washington, DC (2017).
4. Statistica. Total number of murders in the United States in 2016, by state. Available from: URL: <https://www.statista.com/statistics/195331/number-of-murders-in-the-us-by-state> (2016) (data zvernennia: 01.06.2019).
5. Jacobi W. Basic of Concern: The Possible Lung Cancer Risk from Residential Radon. *Proc. Ninth Int. Congress of the International Radiation Protection Association (IRPA)*. Vol. 1. Vienna, Austria, 1996. 267–273.
6. Radon: radiatsiina bezpeka i metody zakhystu : navch. posibnyk / A. I. Sevalniev, M. I. Kostenetskyi, V. P. Torhun, A. V. Kutsak. Zaporizhzhia. 2009. 88 s.
7. Peterson, E., Aker, A., Kim, J. H., Li, Y., Brand, K. & Copes, R. (2013). Lung cancer risk from radon in Ontario, Canada: how many lung cancers can we prevent? *Cancer Causes Control*, 24 (11), 2013–2020. doi: 10.1007/s10552-013-0278-x.
8. Truta, L. A., Hofmann, W., & Cosma, C. (2014). Lung cancer risk due to residential radon exposures: estimation and prevention. *Radiation Protection Dosimetry*, 160, 112–116. doi: 10.1093/rpd/ncu062.
9. Krewski D., Lubin J. H., Zielinski J. M., Alavanja M., Catalan V. S., Field R. W., Klotz J. B., Letourneau E. G., Lynch C. F., Lyon J. I. et al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of 7 North American case – control studies. *Epidemiology*. 2005; 16(2):137 – 45.
10. Council of the European Union.

(2014). Council Directive 2013/59/EURATOM of 5 December 2013 laying down basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation. Brussels: O. J. EU. Available from: URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/65527fd1-7f55-11e3-b889-01aa75ed71a1/language-en/> Accessed on 25.12. 2017 (data zvernennia: 01.06.2019). **11.** Lebed O. O., Myslinchuk V. O., Kocherhina O. D. Dynamika nadkhodzhennia Radonu-222 v zhytlovi prymishchennia. *Aktualni problemy fundamentalnykh ta prykladnykh doslidzhen* : materialy Mizhnarodnoi internet-konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv. Lutsk, 2016. S. 56–57. **12.** Klymenko M. O., Lebed O. O. Vyznachennia obiemnoi aktyvnosti radonu v povitri pidvalnykh prymishchen. *Radioekolohiia-2017* : zb. statei Naukovo-praktychnoi konferentsii iz mizhnarodnoiu uchastiu. Kyiv. 2017. S. 127–129. **13.** Lebed O. O., Myslinchuk V. O. Vyznachennia obiemnoi aktyvnosti radonu v povitri napivpidvalnykh prymishchen mista Rivnoho. *Aktualni problemy fundamentalnykh ta prykladnykh doslidzhen* : materialy Mizhnarodnoi internet-konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv. Lutsk. 2017. S. 63–65. **14.** Lebed O. O. Raionuvannia mista Rivne za velychynoiu hustyny potoku radonu z gruntu. *Relaksatsiino, nelineino, akustooptychni protsesy i materialy* : materialy IKh Mizhnarodnoi naukovoii konferentsii. Lutsk. 2018. S. 125–127. **15.** Lebed, O. O., Lysytsya, A. V., Myslinchuk, V. O., Pryshchepa, A. M., & Dejneka, O. Y. (2018). Measurement of radon concentration in soil gas of the city of Rivne (Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*. 8(4), 158–164. Available at: URL: <https://www.ujecology.com/articles/measurement-of-radon-concentration-in-soil-gas-of-the-city-of-rivne-ukraine.pdf> (data zvernennia: 01.06.2019). **16.** Lebed, O. O., Klimenko, M. O., Lysytsya, A. V., Myslinchuk, V. O. (2018) Effect of Radon on oncological morbidity of the population: comparative analysis of some region of Ukraine and France (Web of Science), *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1). 585–595. doi: 10.15421/2017_253 **17.** Lebed, O. O., Trusheva, S. S., & Lysytsya, A. V. (2019). Impact of radon exposure upon dynamics of mortality rate from lung cancer for population of Rivne city, Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9(1), 25–34. Available at: URL: <https://www.ujecology.com/articles/impact-of-radon-exposure-upon-dynamics-of-mortality-rate-from-lung-cancer-for-population-of-rivne-city-ukraine.pdf> (data zvernennia: 01.06.2019). **18.** Nazaroff W. W., Moed B. A., Sextro R. G. Soil as a Source of Indoor Radon: Generation, Migration, and Entry. In: Nazaroff W. W., Nero Jr. A. V., editors. *Radon and its decay products in indoor air*, John Wiley & Sons, New York, 1988, pp. 57–112. **19.** Akerblom, G. and Melander, H. Geology of radon. In: *Radon Measurements by Etched Track Detectors* (Singapore New Jersey London Hong Kong, World Scientific Publishing) pp. 29–49 (1997). **20.** Kemski J., Klingel R., Siehl A. and Valdivia-Manchego M. From radon hazard to risk predictionbased on geological maps, soil gas and indoor measurements in Germany. *Environ. Geol.* Published online 13 February 2008. **21.** Segovia N., Gaso M. I. and Armienta M. A. Environmental radon studies in Mexico. *Environ. Geochem. Health* 29, 143–153 (2007). **22.** Akerblom G.,

Andersson P., Clevensoj B. (1984). Soil Gas Radon – A Source for Indoor Radon Daughters. *Radiation Protection Dosimetry*, Volume 7, Issue 1-4, 1 January 1984, Pages 49–54, URL: <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.rpd.a082961>. (data zvernennia: 01.06.2019). **23.** Kemski J., Siehl A., Valdivia-Manchego M. Klassifikation des geogenen Radon-Potentials in der Bundesrepublik Deutschland. In: Radon-Statusgespräch 1998. Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, *Naturschutz und Reaktorsicherheit*, Heft 17, Gustav Fischer, Stuttgart, 1998, pp. 13–24. **24.** Koorevaar P., Menelik G. and Dirksen C. (1983). Elements of soil physics. *Developments in Soil Science*. Vol. 13. (Amsterdam/Oxford/New York/Tokyo: Elsevier). **25.** Neznal M., Neznal M., Matolin M., Barnet I. and Miksova J. (2006). The new method for assessing the radon risk of building sites. Project Report (State Office for Nuclear Safety). **26.** Chen J., Ly J., Bergman L., Wierdsma J. and Klassen R. A. (2008). Variation of soil radon concentrations in southern Ontario. *Radiation Protection Dosimetry* (2008), Vol. 131, No. 3, pp. 385–389. (Advance Access publication 17 July 2008). doi:10.1093/rpd/ncn192. **27.** Neznal M. and Neznal M. Expert Assessment – determination of radon index of the building site for project. RADON V.O.S. Report No.1027-05. Available on www.radon-vos.cz. **28.** Albering H. J., Hoogewerff J. A., Kleinjans J. C. S. (1996). Survey of ²²²Rn concentrations in dwellings and soils in the Dutch Belgian Border region. *Health Phys.*, 70: 64–69. **29.** Varley N. R., Flowers A. G. Indoor radon prediction from soil gas measurements. *Health Phys.* 1998; 74(6): 714–718.

Рецензент: к.т.н., доцент Гаращенко В. І. (НУБГП)

Lebed O. O., Senior Lecturer (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Myslinchuk V. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D), Associate Professor** (Rivne State Humanitarian University, Rivne), **Kocherhina O. D., Senior Lecturer** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DETERMINATION OF THE INDEX OF THE POTENTIAL OF THE SOIL RADON AS A REFERENCE OF ECOLOGICAL RADON SAFETY

Based on recent researches of radon concentration in soil gas of the testing ground of Rivne it was determined the soil radon potential index SRP. It is identified the correlation between SRP, radon concentration in indoor air and mortality from lung cancer of citizens.

Keywords: radon, soil gas, volumetric activity, concentration, soil radon potential index, Rivne, Ukraine.

Лебедь А. А., ст. преподаватель (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно),
Мислинчук В. А., к.пед.н., доцент (Ровенский государственный гуманитарный университет, г. Ровно), **Кочергина А. Д., ст. преподаватель** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНДЕКСА ПОТЕНЦИАЛА ГРУНТОВОГО РАДОНА КАК РЕПЕРА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ РАДОНОВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

На основе проведенных исследований концентрации радона в почвенном газе тест-полигонов города Ровно определено для них индекс потенциала почвенного радона SRP. Установлена корреляция между SRP, концентрацией радона в воздухе помещений и смертностью от рака легких населения города.

Ключевые слова: радон, грунтовый газ, объёмная активность, концентрация, индекс потенциала грунтового радона, Ровно, Украина.
