

## ГІГІЕНА, СОЦІАЛЬНА МЕДИЦИНА ТА ОХОРОНА ЗДОРОВ'Я

© Л.І. Григор'єва

УДК 615.849 - 614.7:613

Л.І. Григор'єва

### ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ГІГІЄНИЧНИХ НОРМАТИВІВ ДОЗОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД $^{222}\text{Rn}$

Науково-методичний центр екобезпеки Чорноморського державного університету  
імені Петра Могили (м. Миколаїв)

Робота виконана в межах кафедральної теми ЧДУ імені Петра Могили "Інтегральне радіаційне навантаження на людину в умовах півдня України" (№ державної реєстрації 0404U003393, термін виконання робіт 2005 – 2015 рр.)"

**Вступ.** Сьогодні до актуальних питань радіаційної безпеки та гігієни відносять питання, пов'язані з впливом на людину техногенно-підсилених радіоактивних джерел природного походження [3].

Південь України (Миколаївська, Одеська, Херсонська, Кіровоградська області) розташований на 4 геологічних утвореннях: Українському кристалічному масиві, Приазовській гряді, Консько-Ялинській і Причорноморській западинах, які характеризуються підвищеним вмістом природних радіонуклідів (U, Ra, Th та їх похідних). Основні джерела природної радіації зосереджені в межах Українського кристалічного щита, південну частину якого займають центральні та північні райони Миколаївської та Кіровоградської областей. Через широке розвинення на півдні України (Кіровоградська, Миколаївська області) гранітдобувної і гранітпереробної галузей, а також через заплановане введення у найближчий час підприємств уранодобувної галузі, одними з актуальних питань радіаційної безпеки і радіаційної гігієни регіону є питання, які стосуються техногенно-підсиленого природного радіаційного фону, в першу чергу опромінення людини від  $^{222}\text{Rn}$  [1].

Ефективна доза від  $^{222}\text{Rn}$  з дочірніми продуктами розпаду (ДПР) для населення північних та центральних районів Миколаївської області, а також Запорізької та Кіровоградської, складає 4-5 мЗв.рік<sup>-1</sup> [1, 3]. При цьому робітники гранітних кар'єрів можуть додатково отримувати додаткове опромінення від  $^{222}\text{Rn}$  на своїх робочих місцях.

**Метою роботи** було дослідження формування повного радіаційного навантаження від  $^{222}\text{Rn}$  на робітників підприємств гранітдобувної галузі.

**Об'єкт і методи дослідження.** Для цієї категорії працівників виконані дослідження з визначення радіаційного навантаження від  $^{222}\text{Rn}$ : на робочому місці ( $E_{\text{ing}}^{222\text{Rn, work}}$ ), вдома ( $E_{\text{ing}}^{222\text{Rn, home}}$ ), враховуючи споживання води вдома і на робочому місці ( $E_{\text{ing}}^{222\text{Rn, home}}$ ,  $E_{\text{ing}}^{222\text{Rn, work}}$ ).

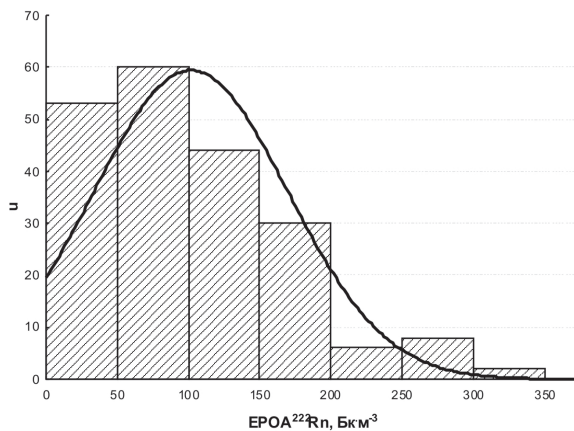
Матеріалами виступали результати досліджень еквівалентної рівноважної об'ємної активності (ЕРОА)  $^{222}\text{Rn}$  у повітрі робочих приміщень та на робочих місцях основних груп працівників (оператор дробілки, бурильник перфораторного буріння, каменотес, машиніст бульдозеру, машиніст екскаватору) гранкар'єрів (Первомайського гранітного і Первомайського гранітно-щебеневого кар'єрів, Олександрівського, Прибузького, Софіївського, Ново-Данилівського гранітних кар'єрів), результати досліджень ЕРОА  $^{222}\text{Rn}$  у повітрі житлових приміщень цих робітників, результати досліджень вмісту  $^{222}\text{Rn}$  у питній воді, яка використовується цими працівниками вдома і на гранкар'єрах. Вимірювання ЕРОА  $^{222}\text{Rn}$  виконувалися методом пасивної трекової дозиметрії з експозицією детекторів у житлових приміщеннях 6 - 12 місяців, на робочих місцях – не менше 30 діб. У житлових приміщеннях трекові детектори встановлювалися у місцях найбільшого перебування людини (вітальня, спальня), а на робочих місцях – у кабіні екскаватору, бульдозеру, або розміщували на верхньому одязі фахівця.

Визначення вмісту  $^{222}\text{Rn}$  у воді виконували гамма-спектрометричним методом за зрівноваженим вмістом гамма-випромінюючих ДПР. Всього виконано 95 вимірювань ЕРОА  $^{222}\text{Rn}$  на робочих місцях фахівців гранкар'єрів, така ж кількість – у їхніх житлових приміщеннях. Вміст  $^{222}\text{Rn}$  у воді досліджено у 87 джерелах питної води у місцях мешкання працівників гранітних кар'єрів, та у 9 джерелах питної води, яка використовується на гранітних кар'єрах (при цьому в кожному такому питному джерелі на гранкар'єрі виконано від 3 до 6 аналізів).

Визначення ефективної дози від  $^{222}\text{Rn}$  при його надходженні інгаляційним шляхом ( $E_{\text{ingal}}^{222\text{Rn, home}}$ ,  $E_{\text{ingal}}^{222\text{Rn, work}}$ ) і з питною водою ( $E_{\text{ing(drink)}}^{222\text{Rn, home}}$ ,  $E_{\text{ing(drink)}}^{222\text{Rn, work}}$ ) здійснено відповідно до математичних моделей МКРЗ [5] і даних доповіді НКДАР ООН [4]: дозові коефіцієнти інгаляційного надходження  $^{222}\text{Rn}$  до людини при перебуванні у житловому приміщенні прийнято 0,042 мЗв.рік<sup>-1</sup>/Бк·м<sup>-3</sup>, а на робочому місці – 0,016 мЗв.рік<sup>-1</sup>/Бк·м<sup>-3</sup>. Дозовий коефіцієнт перорального надходження  $^{222}\text{Rn}$  до людини з питною водою прийнято 1.10<sup>-8</sup> мЗв.Бк<sup>-1</sup> [4]. Значення РЕД

$E_{222Rn, home}^{ingal}$  та  $E_{222Rn, work}^{ingal}$  визначали спочатку для кар'єру, а потім зважували його за усіма кар'єрами. Значення сумарної річної ефективної дози опромінення працівників гранітних кар'єрів від техногенно-підсиленних джерел природного походження, визначалося з врахуванням усіх його складових:  $E_{home}^{ingal}$ ,  $E_{222Rn, work}^{ingal}$ ,  $E_{(drink)}^{ingal}$ ,  $E_{(drink)}^{222Rn, home}$ ,  $E_{(drink)}^{222Rn, work}$ ,  $E_{tech\_nat}^{ext}$ . При статистичній обробці результатів досліджень застосовано програму STATISTICA 6.0.

**Результати досліджень та їх обговорення.** Частотний розподіл результатів вимірювання ЕРОА  $^{222}Rn$  у повітрі житлових приміщень одноповерхових будинків робітників гранкар'єрів у північних районах Миколаївської області носив логнормальний характер (**рис. 1**) з середньоеметричним значенням близько 100 Бк·м<sup>-3</sup>.



Середньоеметричне значення – 97 Бк·м<sup>-3</sup>  
 Геометричне стандартне відхилення – 72 Бк·м<sup>-3</sup>  
 Максимальне значення – 334 Бк·м<sup>-3</sup>

**Рис. 1.** Частотний розподіл ЕРОА  $^{222}Rn$  у повітрі житлових приміщень.

Значима різниця ( $p \leq 0,05$ ) між середніми значеннями активності  $^{222}Rn$  у житлових приміщеннях отримана для фахівців Первомайського гранітного, Первомайського гранітно-щєбінкового та Софіївського гранкар'єрів по відношенню інших кар'єрів. При цьому підвищені величини ЕРОА  $^{222}Rn$  були характерні для споруд, які побудовані або з бетонних конструкцій, або з дуже поширеної у сільській місцевості глиняної цегли (саману), які до того ж мали гранітний фундамент, не мали вентиляційних підвальних приміщень, а також в яких вентиляція приміщень була або відсутньою, або недостатньою. А в будівлях з доброю вентиляцією житлового приміщення, а також підбудинкового простору, ЕРОА  $^{222}Rn$  була низькою. Потрібно відмітити, що для фахівців Первомайського гранітного, Первомайського гранітно-щєбінкового, Софіївського гранітного кар'єрів середні величини активності радону знаходилися на рівні нормативів для існуючих будівель – 100 Бк·м<sup>-3</sup> [2].

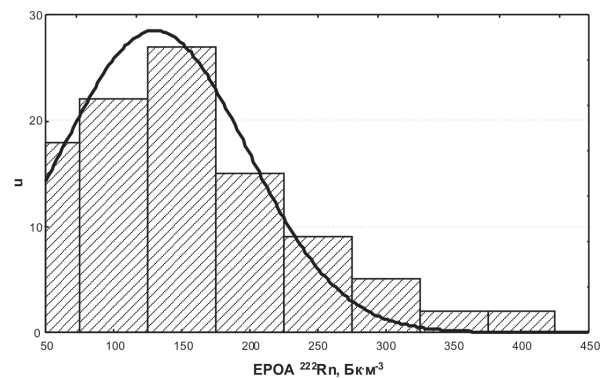
Вміст  $^{222}Rn$  у питних підземних джерелах коливався від одиниць Бк·л<sup>-1</sup> до десятків Бк·л<sup>-1</sup>: при  $n=87$  середнє значення складало  $50 \pm 18$  Бк·л<sup>-1</sup>. При цьому

встановлено, що потрапляння радону у питну воду в найменшій мірі обумовлено вмістом у воді материнського  $^{226}Ra$ , а в більшій – еманациєю  $^{222}Rn$  з підземних порід, де розташований колодязь (свердловина); певною мірою впливав матеріал кладки підземного джерела.

Річна ефективна доза (РЕД) внутрішнього опромінення людини від інгаляційного надходження  $^{222}Rn$  з ДПР у житлових приміщеннях ( $E_{222Rn-home}^{inhal}$ ) складала: за середньоеметричним значенням 5,2 мЗв·рік<sup>-1</sup> з геометричним стандартним відхиленням 4,5 мЗв·рік<sup>-1</sup>, для окремих районів ці величини склали відповідно 8,5 та 7,0 мЗв·рік<sup>-1</sup>. Середньорічна ефективна доза опромінення людини від надходження  $^{222}Rn$  з питною водою вдома ( $E_{222Rn-home}^{(drink)}$ ) складала  $0,05 \pm 0,02$  мЗв·рік<sup>-1</sup>.

Результати вимірювання ЕРОА  $^{222}Rn$  на робочих місцях працівників гранітних кар'єрів (оператор дробівки, бурильник перфораторного буріння, каменотес, машиніст бульдозеру, машиніст екскаватору) вказали, що їхній частотний розподіл також носив логнормальний характер (**рис. 2**) з середньозваженим за кар'єрами значенням 137 Бк·м<sup>-3</sup>. У Софіївському гранкар'єрі, при середньому значенні ЕРОА  $^{222}Rn$   $196 \pm 36$  Бк·м<sup>-3</sup>, майже усі виміри склали рівні вище 100 Бк·м<sup>-3</sup>, а максимальні значення досягали 355 Бк·м<sup>-3</sup>. Для інших гранкар'єрів ЕРОА  $^{222}Rn$  на робочих місцях складала, в середньому: на Первомайському гранкар'єрі –  $136 \pm 24$  Бк·м<sup>-3</sup>; Первомайському гранітно-щєбінковому кар'єрі –  $124 \pm 12$  Бк·м<sup>-3</sup>; Олександрівському гранітному кар'єрі –  $110 \pm 20$  Бк·м<sup>-3</sup>; Прибузькому гранкар'єрі –  $156 \pm 28$  Бк·м<sup>-3</sup>; Ново-Данилівського гранкар'єру –  $110 \pm 26$  Бк·м<sup>-3</sup>. Середньозважена за кар'єрами величина ЕРОА  $^{222}Rn$  у житлових приміщеннях складала  $116 \pm 15$  Бк·м<sup>-3</sup> (при діапазоні 45 – 230 Бк·м<sup>-3</sup>).

Виходячи з малості вибірок даних по кожному робочому місцю на кожному гранкар'єрі ( $n=2-4$ ) проаналізовані величини середніх значень ( $X \pm S_x$ ) активності  $^{222}Rn$  на робочих місцях, отриманих за



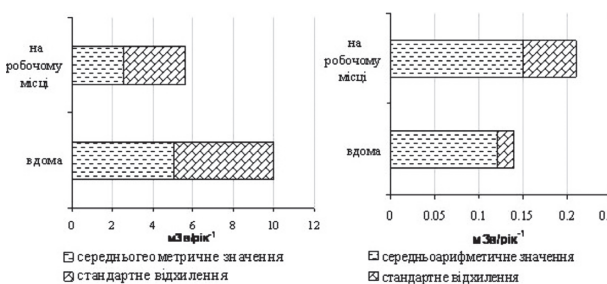
Середньозважене за кар'єрами значення – 137 Бк·м<sup>-3</sup>  
 Геометричне стандартне відхилення – 67 Бк·м<sup>-3</sup>  
 Максимальне значення – 355 Бк·м<sup>-3</sup>

**Рис. 2** Частотний розподіл ЕРОА  $^{222}Rn$  у повітрі робочих місць працівників гранітних кар'єрів

усіма кар'єрами (n=13 20). Значима різниця ( $p \leq 0,05$ ) між середніми величинами ЕРОА  $^{222}\text{Rn}$  отримана для робочого місця оператора дробілки ( $137 \pm 28$  Бк·м<sup>-3</sup>, n=19), бурильника перфораторного буріння ( $160 \pm 69$  Бк·м<sup>-3</sup>, n=19), каменотеса ( $171 \pm 53$  Бк·м<sup>-3</sup>, n=19) по відношенню до робочого місця машиніста екскаватору ( $96 \pm 35$  Бк·м<sup>-3</sup>, n=13) та машиніста бульдозеру ( $86 \pm 25$  Бк·м<sup>-3</sup>, n=16). За результатами середньозважена за кар'єрами РЕД від інгаляційного надходження  $^{222}\text{Rn}$  з повітрям робочих місць ( $E_{^{222}\text{Rn, work}}^{\text{ingal}}$ ) складала  $2,1 \pm 0,2$  мЗв.рік<sup>-1</sup> (при діапазоні  $0,9 - 5,9$  мЗв.рік<sup>-1</sup>); з повітрям житлових приміщень ( $E_{^{222}\text{Rn, home}}^{\text{ingal}}$ )  $4,1 \pm 0,2$  мЗв.рік<sup>-1</sup> (при діапазоні  $1,8 - 9,7$  мЗв.рік<sup>-1</sup>).

Результати досліджень вмісту  $^{222}\text{Rn}$  у воді, яка споживається робітниками гранітних кар'єрів (колядязь, свердловини), свідчили, що вміст  $^{222}\text{Rn}$  у деяких питних водних джерелах перевищував 100 Бк·л<sup>-1</sup> (ГДК  $^{222}\text{Rn}$  у питній воді за НРБУ-97/Д2000 [5]). Максимальні значення  $^{222}\text{Rn}$  виявлено в артезіанській воді на території Софіївського гранітного кар'єру ( $345 \pm 17$  Бк·л<sup>-1</sup>). Високі значення вмісту  $^{222}\text{Rn}$  у питній воді відзначені також для підземних джерел з Олександрівського гранітного кар'єру. За результатами досліджень вмісту  $^{222}\text{Rn}$  у воді з підземних питних джерел РЕД від  $^{222}\text{Rn}$  ( $E_{^{222}\text{Rn-work}}^{\text{ing(drink)}}$ ) складала: у Прибузькому і Ново-Данилівському гранкар'єрах  $0,02 \pm 0,01$  мЗв.рік<sup>-1</sup>; в Олександрівському гранкар'єрі – близько  $0,04$  мЗв.рік<sup>-1</sup>, у Софіївському гранкар'єрі  $E_{^{222}\text{Rn-work}}^{\text{ing(drink)}}$  досягала  $0,15$  мЗв.рік<sup>-1</sup>.

На підставі отриманих результатів маємо, що двофакторність надходження  $^{222}\text{Rn}$  з ДПР (вдома і на робочому місці) до людини, яка працює на гранітних кар'єрах обумовлювала формування сумарної РЕД від  $^{222}\text{Rn}$  з ДПР ( $E_{^{222}\text{Rn}}$ ), за середньозваженими показниками  $6,2 \pm 0,6$  мЗв.рік<sup>-1</sup> (при діапазоні  $5 \pm 17$  мЗв.рік<sup>-1</sup>) (рис. 3).



**Рис. 3. Двофакторність навантаження від  $^{222}\text{Rn}$  на працівників гранітних кар'єрів (вдома і на робочому місці):**  
**А) від інгаляційного надходження  $^{222}\text{Rn}$ ;**  
**Б) від надходження  $^{222}\text{Rn}$  з питною водою.**

З цих результатів маємо, що для цих працівників додатковий внесок (від 30 до 60% за різними кар'єрами) у повну "радонову дозу" вносив радон їхніх робочих місць.

Як відомо, сьогодні гігієнічні нормативи дозового навантаження від  $^{222}\text{Rn}$  для працівників

гранітодобувної галузі ліітують лише "виробничу" дозу, тобто не враховують існування при цьому можливості паралельного навантаження від  $^{222}\text{Rn}$  вдома. Наведені вище результати досліджень, вважаємо, вказують на перегляд такого принципу лімітування дозового навантаження від  $^{222}\text{Rn}$  для критичної за цим фактором групи населення – працівників гранітодобувної галузі.

**Висновки.**

1. Працівники гранітних кар'єрів отримують подвійне радіаційне навантаження від  $^{222}\text{Rn}$  (на робочих місцях і вдома). Середньозважена за кар'єрами величина радіаційного навантаження від інгаляційного надходження  $^{222}\text{Rn}$  з повітрям робочих місць складала  $2,1 \pm 0,2$  мЗв.рік<sup>-1</sup> (при розкиді від  $0,9$  до  $5,9$  мЗв.рік<sup>-1</sup>), а вдома  $4,1 \pm 0,2$  мЗв.рік<sup>-1</sup> (при розкиді від  $1,8$  до  $9,7$  мЗв.рік<sup>-1</sup>). Сумарна ефективна доза внутрішнього опромінення від надходження  $^{222}\text{Rn}$  з повітрям робочих і житлових приміщень та з питною водою становила, в середньому,  $6,5 \pm 0,2$  мЗв.рік<sup>-1</sup>, а максимальні величини складала близько  $15$  мЗв.рік<sup>-1</sup>.

2. При оцінці радіаційного навантаження на людей, які працюють на підприємствах гранітодобувної, уранодобувної галузей необхідно обов'язково враховувати можливість подвійного опромінення від  $^{222}\text{Rn}$  (на роботі і вдома).

3. Пропонується внести зміни у регламентацію опромінення людей, які живуть на територіях з підвищеним вмістом природних радіонуклідів і працюють у гранітодобувній, гранітопереробній, уранодобувній галузі, в першу чергу, через зниження гранично-допустимої дози від  $^{222}\text{Rn}$  з ДПР на робочих місцях та зниження тривалості робочого часу на робочих місцях з підвищеним рівнем  $^{222}\text{Rn}$ .

4. Пропонується: забезпечити цілодобову вентиляцію (природну або примусову) виробничих приміщень, герметизацію кабін бульдозерів, екскаваторів і автотранспорту, які працюють в кар'єрах, з одночасним встановленням в них кондиціонерів з фільтром; обладнати локальними повітрявсмоктувальними пристроями пневмоінструменти дробильників і бурильників; забезпечити працівників кар'єрів бутильованою водою та будувати виробничі приміщення на високому фундаменті з газоізоляцією підлоги і вентиляцією підбудинкового простору.

5. Виходячи з перспектив держави щодо розширення уранодобувної галузі у регіоні, введення у дію найбільшого в Європі Новокосятинівського родовища у Миколаївській області, потрібно, щоб державною радоноювою програмою були враховані усі радонозахисні заходи і рекомендації.

**Перспективи подальших досліджень.** Продовжити дослідження з виявлення груп працівників гранкар'єрів, які підлягають підвищеному "радоновому" навантаженню на робочому місці, а також з виявлення, де саме потрібно забезпечувати працівників гранкар'єрів привізною (бутильованою) водою.

### Список літератури

1. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А. Формування радіаційного навантаження на людину в умовах півдня України: чинники, прогнозування, контрзаходи: Монографія. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. – 370 с.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ – 97/2000Д). – Київ: МОЗ України, 2000. – 135 с.
3. Павленко Т.А., Лось І.П. Существующие дозы облучения населения Украины // Ядерна та радіаційна безпека – №1 – 2009. – С. 18 – 22.
4. Effects of Radiation on the Environment. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: UNSCEAR (2000) Report to the General Assembly with Scientific Annex. - New York: UN, 2000.
5. ICRP Publication 65 (Annals of the ICRP Vol. 23 № 2) Protection Against Radon-222 at Home and at Work. – Vienna: Pergamon, 1994. – 78 p.

**УДК 615.849 - 614.7:613**

#### **ДО ПИТАННЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ ГІГІЄНИЧНИХ НОРМАТИВІВ ДОЗОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД <sup>222</sup>Rn Григор'єва Л.І.**

**Резюме.** У статті наведено результати досліджень визначення ефективної дози внутрішнього опромінення робітників гранітних кар'єрів на півдні України від <sup>222</sup>Rn з ДПР, враховуючи двофакторність його надходження до людей цієї категорії: з повітрям робочих і житлових приміщень, з питною водою, яка використовується на робочому місці і вдома.

**Ключові слова:** ефективна доза, <sup>222</sup>Rn, працівники гранкар'єрів.

**УДК 615.849 - 614.7:613**

#### **К ВОПРОСУ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ГИГИЕНИЧЕСКИХ НОРМАТИВОВ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ ОТ <sup>222</sup>Rn Григорьева Л.И.**

**Резюме.** В работе представлены результаты определения эффективной дозы внутреннего облучения работников гранитных карьеров на юге Украины от <sup>222</sup>Rn с ДПР, учитывая двойственность поступления <sup>222</sup>Rn людям этой категории: с воздухом рабочих и жилых помещений, с питьевой водой, используемой на рабочем месте и дома

**Ключевые слова:** эффективная доза, <sup>222</sup>Rn, работники гранкарьеров.

**UDC 615.849 - 614.7:613**

#### **To The Question Of Improvement Of Hygienical Norms Relatively <sup>222</sup>rn Loading Grigorieva L.**

**Summary.** In the article it is reflected the results of researches of the dose loading are resulted on people which work on the granit careers of region, through the inhalation and peroral (with a drinking-water) receipt of <sup>222</sup>Rn in the workplace and at home.

**Key words:** effective dose, <sup>222</sup>Rn, workers of granite quarries.

Стаття надійшла 21.06.2011 р.