

УДК 502.175 (477.46)

ОЦІНКА РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ ОНКОЛОГІЧНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ, ЩО ПРОЖИВАЄ В МІСЦЕВОСТІ З ПРИРОДНИМ ПІДВИЩЕНИМ РАДІАЦІЙНИМ ФОНОМ**Н. В. Загоруйко, О. О. Мислюк, Т. П. Гончаренко**

Черкаський державний технологічний університет

бульв. Т. Шевченко, 460, м. Черкаси, 18006, Україна. E-mail: sagnelly@yandex.ru, schandor@mail.ru

У Черкаській області радонові джерела зустрічаються в Звенигородському та Маньківському районах. Для дослідження було обрано систему водопостачання смт. Маньківка Черкаської області з населенням понад 8 тисяч. Дослідження води на еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону проводилось у лабораторії санаторію "Аквадар" на радіометрі радону "Альфарад" типу РРА. Аналіз результатів досліджень показав у всіх відібраних пробах перевищення вмісту радону приблизно у п'ять разів. Обрахована доза переходу радону з води в повітря приміщення, що дорівнює 2,15 мЗв/рік. Колективний ризик для розвитку злоякісних пухлин для всього населення смт. Маньківки Черкаської області складатиме 1,5 випадки на рік. Аналіз структури злоякісних новоутворень серед онкохворих мешканців досліджуваного селища показав, що найбільший відсоток складають пухлини трахеї, бронхів, легень. Запропонована низка заходів для забезпечення безпеки населення від дії підвищеного природного радіаційного фону.

Ключові слова: радон, природний радіаційний фон, ризик, онкологічні хвороби, безпека.

ОЦЕНКА РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЙ С ПОВЫШЕННЫМ ПРИРОДНЫМ РАДИАЦИОННЫМ ФОНОМ**Н. В. Загоруйко, О. А. Мислюк, Т. П. Гончаренко**

Черкасский государственный технологический университет

бульв. Т. Шевченко, 460, г. Черкассы, 18006, Украина. E-mail: sagnelly@yandex.ru, schandor@mail.ru

В Черкасской области радоновые источники встречаются в Звенигородском и Маньковском районах. Для исследования была выбрана система водоснабжения пгт. Маньковка Черкасской области с населением более 8 тысяч. Исследования воды на эквивалентную равновесную объемную активность радона были проведены на базе санатория «Аквадар» радиометром радона «Альфарад» типа РРА. Анализ результатов исследований показал во всех пробах воды превышение содержания радона в пять раз. Рассчитанная доза перехода радона из воды в воздух помещения составила 2,15 мЗв/год. Коллективный риск для развития злокачественных опухолей для населения пгт. Маньковка Черкасской области составил 1,5 случая в год. Анализ структуры злокачественных новообразований среди онкобольных исследуемого региона показал, что наибольший процент составляют опухоли трахеи, бронхов, легких. Предложен ряд мероприятий для обеспечения безопасности населения от действия повышенного радиоактивного естественного фона.

Ключевые слова: радон, естественный радиоактивный фон, риск, онкологические болезни, безопасность.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Техногенно підсилені діяльністю людини природні джерела є основними джерелами опромінення населення України, до речі, як і в інших країнах світу [1]. Середньорічна ефективна доза опромінення населення цими джерелами в Україні становить понад 6 мЗв. Більше 70 % цієї дози становить радон-222 – продукт розпаду природного урану-238 [2, 3].

На території України існують виходи скелястих порід, збагачених ураном і торієм. За геологічною будовою 40 % території України є радононебезпечними. Такі райони є в Черкаській, Дніпропетровській, Запорізькій, Житомирській, Кіровоградській та інших областях України, де проходить область Українського кристалічного масиву, води якого збагачені радіонуклідами, зокрема, радоном.

Для населення у реальних умовах довкілля, де людина живе і працює, діє складний комплекс чинників фізичної, хімічної і біологічної природи, які можуть поєднуватися з іонізуючим випромінюванням і викликати шкідливі наслідки для здоров'я. Негативні наслідки впливу радону на осіб, які протягом тривалого часу перебували в середовищі з відносно високим рівнем вмісту цього елемента і продуктів його розпаду, проявляються в збільшенні кількості випадків захворювання на рак легень, не-

сприятливих генетичних ефектах і патологічних змінах стану системи кровотворення [4]. За оцінками міжнародних організацій радон обумовлює до 45 % випадків загальної смертності від раку легень [5, 6]. Радон створює дози опромінення 4,5 мЗв у рік (біля 75 % сумарної дози опромінення населення України). Середні дози опромінення населення, що обумовлені аварією на Чорнобильській АЕС, сьогодні у п'ять разів менше. Дослідження Наукового центру радіаційної медицини АМН України прогнозують в Україні 8,5–9,0 тис. летальних випадків від раку легень за рахунок радону у повітрі приміщень. Прямі збитки для країни за рахунок неучасті померлих осіб у ВВП складають до 400 млн грн. на рік. Сумарний збиток від радону у повітрі приміщень для України майже 1,5 млрд грн. на рік. За останніми даними вітчизняних вчених в Україні доза опромінення населення за рахунок джерел природного походження складає 3,38 мЗв/рік, 72 % якої обумовлені радоном і продуктами його розпаду [7].

Майже половина жителів України мають накопичувальну дозу біля 350–400 мЗв за життя, а 80 % цієї дози належить до категорії, якою можна регулювати, що говорить про можливість обмеження опромінення населення від цих джерел [8].

Тому метою роботи є визначення ризику виникнення онкологічних захворювань для населення, що проживає в місцевості з підвищеним радіаційним фоном і розробка профілактичних заходів задля нейтралізації цього чинника.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. У Черкаській області радонові джерела зустрічаються в Звенигородському та Маньківському районах. Для дослідження було обрано систему водопостачання смт. Маньківка Черкаської області з населенням понад 8 тисяч. У системі водопостачання цього се-

лища використовуються підземні води зони вивітрювання та тріщинуватості кристалічних порід докембрію із восьми свердловин. Глибина свердловин знаходиться в межах 75–135 м. Водозбагаченість відносно висока. Дебіти свердловин коливаються в межах 3–8 л/с. Водозабір становить 209,2 тис. м³/рік. Об'єм потреби у воді варіюється за сезонами і в весняно-літній період значно більший ніж в зимово-осінній. Літологічний аналіз в місцях водозабору представлено у табл. 1 [9].

Таблиця 1 – Характеристика літологічного розрізу в місцях водозабору смт. Маньківка Черкаської області

№ п/п	Глибина залягання, м		Потужність, м	Короткий літологічний опис порід
	від	до		
Свердловина № 1-Ас				
1	0,0	1,0	1,0	Грунтово-рослинний шар
2	1,0	14,0	13,0	Суглинки, глина
3	14,0	30,0	16,0	Пісок з прошарками глин
4	30,04	41,0	11,0	Кора вивітрювання
5	41,0	90	49,0	Кристалічні породи
Свердловина № 5-Ас				
1	0,0	0,5	0,5	Грунтово-рослинний шар
2	0,5	11,0	10,5	Суглинки
3	11,0	42,0	31,0	Пісок з прошарками глин
4	42,0	52,0	10,0	Кора вивітрювання
5	52,0	90	38,0	Граніти, пегматити тріщинуваті
Свердловина № 6-А				
1	0,0	1,0	1,0	Грунтово-рослинний шар
2	1,0	12,0	11,0	Суглинки
3	12,0	20,0	8,0	Глина
4	20,0	35,0	15,0	Пісок
5	35,0	40,0	5,0	Каолін
6	40,0	70,0	20,0	Граніт сірий тріщинуватий
7	70,0	100,0	30,0	Граніт рожевий
Свердловина № 7-Ас				
1	0,0	2,0	2,0	Грунтово-рослинний шар
2	2,0	4,5	2,5	Суглинок темно-коричневий
3	4,5	11,0	6,5	Суглинок світло-жовтий лесовидний
4	11,0	24,2	13,2	Глина строката туго пластична
5	24,2	29,5	5,3	Піщаник жовтуватого-сірий м'який глинистий
6	29,5	32,5	3,0	Уламки піщаника і кристалічних порід, глина каолініста
7	32,5	33,4	0,9	Пегматит з кварцовими прожилками
8	33,4	42,5	9,1	Граніт сірий м'який зернистий
9	42,5	85,0	42,5	Граніт рожевий монолітний

З урахуванням фізико-хімічних властивостей радону та літологічного складу порід можна передбачити, що вміст радону у різних свердловинах буде різний. Найбільша еманация радону у воду буде у свердловині №1-Ас через більшу потужність (на 5–12 м) пластів кори вивітрювання і кристалічної породи та найбільший дебіт – 8 л/с. Найменший вихід радону у воду здійснюватиметься із свердловини №5-Ас, що пояснюється меншою на 12 м потужністю пластів з підвищеною концентрацією радіонуклідів та найменшим дебітом – 5 м/с.

Щодо виходу радону з ґрунту у повітря, теоретично, найменшим буде поблизу свердловини № 1

та 7 у зв'язку із найбільшою потужністю шарів глини та суглинку, які як відомо володіють затримуючою здатністю. Найбільший вміст радону у повітрі буде поблизу території свердловини № 5 – Ас через найбільшу потужність шару піску та найменшу суглинків та глини.

Дослідження води на еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону (ЕРОА) відбувалось шляхом відбору проб зі свердловин. Аналіз проб проводився на радіометрі радону "Альфарад" типу РРА.

Методологічні основи обмеження опромінення від джерел природного походження, які створюють найбільші середні дози опромінення населення в

Україні відображені у Нормах радіаційної безпеки України (НРБУ–97), де техногенно-підсиленні джерела природного походження виділенні в окрему групу радіаційно-гігієнічних регламентів [9]. Прин-

ципи, покладені в основу їх обґрунтування, повністю відповідають міжнародним рекомендаціям, зокрема, забезпечується не перевищення ефективної дози опромінення 10 мЗв на рік (табл. 2).

Таблиця 2 – Гігієнічні нормативи природних джерел випромінювання і відповідні їм дози опромінення [8]

Джерело опромінення	Норматив	Доза опромінення, мЗв·рік ⁻¹
²²² Rn у повітрі приміщень	100 Бк·м ⁻³	4,3
²²⁰ Rn (торон в повітрі приміщень)	6 Бк·м ⁻³	1,7
²²² Rn у воді	100 Бк·л ⁻³	0,8
²²⁶ Ra у воді	1 Бк·л ⁻³	0,18
²²⁸ Ra у воді	1 Бк·л ⁻³	0,22

Результати аналізу проб питної води смт. Маньківка на вміст радону наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Вміст радону у воді систем водопостачання на основі артезіанських свердловин смт. Маньківка

Дата відбору проби	Номер проби	Вміст, Бк·л ⁻¹	Норма Бк·л ⁻¹
15.10.11	1	530	100
	2	506	
22.10.11	1	470	
	2	459	
29.10.11	1	506	
	2	495	

Варіація вмісту радону у пробах, відібраних у один і той же час, пояснюється швидкою еманациєю радону з води та, можливо, недосконалою герметичністю посуду для відбору проб.

Аналіз результатів досліджень показує у всіх відібраних пробах питної води перевищення вмісту радону приблизно у п'ять разів, що є небезпечним для здоров'я, особливо для немовлят і підлітків.

Відомо, що дія радону з води посилюється ще й за рахунок його інгаляційного надходження до організму. Встановлено, що при водокористуванні коефіцієнт переходу радону з води у повітря приміщення дорівнює $(0,5-1,0) \cdot 10^{-4}$. Якщо кількість радону у воді відповідає нормативу 100 Бк·л⁻¹, це дає додаткову кількість радону в повітря приміщення приблизно 10 Бк·м⁻³. Концентрації радону, які були визначені у питній воді досліджених зразків, дадуть додаткове надходження радону у повітря із води в середньому 50 Бк/м³.

За нормами радіаційної безпеки України доза опромінення від 50 Бк/м³ у повітрі становитиме 2,15 мЗв/рік, а при вживанні води з вмістом радону 500 Бк·л⁻¹ – 4 мЗв/рік. Таким чином, сумарна доза опромінення радоном тільки за рахунок споживання води з системи водопостачання на основі артезіанських свердловин становитиме для мешканців смт. Маньківки 6,15 мЗв/рік. Доза 1 мЗв збільшує ризик онкологічного захворювання зі смертельним результатом на $7,5 \cdot 10^{-5}$. Таким чином, сумарна доза

опромінення радоном тільки з води системи водопостачання у 6,15 мЗв/рік збільшує ризик захворювання на рак на $4,6 \cdot 10^{-4}$ осіб/рік, а для всього населення смт. Маньківки колективний ризик складатиме 37 випадків на рік. Радіаційний ризик від опромінення радоном населення Запорізької області, розрахований фахівцями Запорізької обласної СЕС, склав $2,2 \cdot 10^{-4}$, що в порівнянні з класифікацією ВООЗ відносить його до середнього, тобто прийняттого для промисловості та неприйняттого для населення.[10]. Таким чином можна вважати, що ситуація в досліджуваному селищі є більш загрозливою для її жителів.

Епідеміологічні дослідження виявили прямий зв'язок між опроміненням радоном в житлі і виникненням раку легенів. Було встановлено, що зі збільшенням колективної дози опромінення населення збільшувалася кількість захворювань на рак легенів, захворювань органів кровотворення, генетичних порушень. Найбільш характерним є збільшення захворювань легенів у зв'язку з високою чутливістю бронхіальних клітин до продуктів розпаду радону, що мають високу іонізуючу здатність.

Аналіз структури захворюваності на рак по регіону показує, що найбільш поширеним в Черкаській області є рак молочної залози. Динаміка цього захворювання по Україні має незначну тенденцію до росту.

На другому місці за розповсюдженістю на території України та Черкаської області є рак легень. На третьому місці – рак простати, шлунку та тіла матки. Протягом семи останніх років серед жителів смт. Маньківки Черкаської області спостерігається стійка тенденція до стабільно високого рівня захворюваності на злоякісні новоутворення (рис. 1).

Найбільший відсоток локалізації пухлин традиційно спостерігається у трахеях, бронхах та легенях (15 %), досить високі показники новоутворень мають шлунок та шкіра (11 %).

В середньому по смт. Маньківка реєструється 13–15 випадків онкозахворювань дихальної системи щорічно.

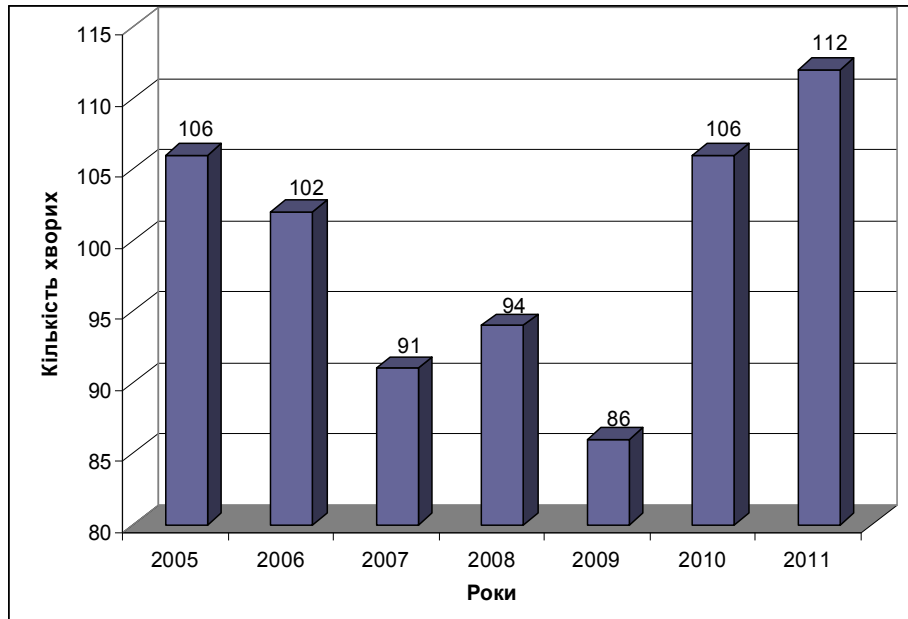


Рисунок 1 – Динаміка онкозахворюваності серед жителів смт.Маньківка Черкаської області

Поєднана дія на організм радону, його дочірніх продуктів розпаду і ряду факторів нерадіаційної природи (пил, вихлопні гази двигунів, продукти згорання тютюну) посилює несприятливі ефекти для організму, обумовлені цими факторами. Наприклад, водночас з тютюновим димом онкогенний ефект впливу радону і його дочірніх продуктів розпаду збільшується в 2–10 разів і, що важливо, зменшується латентний період розвитку раку легенів (у шахтарів, що курять на 3–12 років) [10, 11]. Детальне вивчення причин формування раку легенів показало, що у бронхах людей існують «клітини ризику», які отримують найвищу дозу під час впливу α -частинок, що викидаються радоном і продуктами його розпаду. Віддалені ефекти опромінення органів дихання радоном визначаються насамперед сумарною дозою незалежно від часу, протягом якого вона була накопичена. Через нерівномірність розподілу радіонуклідів в легенях можливе масивне опромінення окремих сегментів бронхолегеневої системи і розвиток раку легенів в них при середніх поглинутих дозах на легені, близьких до граничнодопустимих для професіоналів [10].

Постійне перебування в умовах підвищеного вмісту радону в приміщеннях для мешканців смт. Маньківка призводить до високого ризику розвитку онкологічних хвороб, зокрема на рак легенів. Аналіз статистичної звітності медичних закладів селища та вивчення структури онкологічної захворюваності населення цього регіону показує значний відсоток хворих із злоякісними новоутвореннями, серед яких переважають пухлини, локалізовані в трахеях, бронхах та легенях (15 %).

Для регіонів з підвищеним природним радіаційним фоном проблема захисту людей від впливу радону має не тільки радіаційно-гігієнічне, але і соціально-суспільне значення. Перш за все, необхідно створити передумови для розвитку підприємництва в галузі проведення вимірювань активності радону в помешканнях з наступною реалізацією профілактичних заходів. До інших пріоритетних напрямів подальшої роботи над протирадоною програмою слід віднести, з урахуванням зарубіжного досвіду, наступні:

- проведення радіаційного моніторингу в житлових приміщеннях, особливо з тривалим перебуванням дітей, для яких рівні ризику вищі;
- підтримку розвитку «радоностійких» будівельних технологій;
- розробку скоординованого плану подальших науково-методологічних досліджень щодо організації радіаційно-гігієнічного контролю і обґрунтування типових контрзаходів.

Реалізацію профілактичних заходів необхідно координувати з обов'язковою наступною оцінкою їх ефективності. Комплексна державна програма по зменшенню радіаційної небезпеки для регіонів з природним підвищеним вмістом радону в навколишньому середовищі могла б сприяти зниженню індивідуальних та колективних ризиків, пов'язаних з опроміненням населення України від цього чинника довкілля.

Індивідуальний захист від радону може здійснюватись за допомогою провітрювань приміщень, герметизації щілин, та встановлення фільтрів. Прикладом вирішення проблеми високої радіоактивно-

сті води може бути і м. Міронівка (Київська обл.). Спочатку джерела водопостачання використовували воду глибоких свердловин (понад 100 м), в яких вміст Rn-222 складав 300–1000 Бк/л. За сприяння районної санепідстанції всі системи водопостачання було переведено на свердловини глибиною 20–50 м, в результаті чого більше не фіксувалося жодного перевищення нормативу [2].

ВИСНОВКИ. 1 Дослідження питної води смт. Маньківка на еквівалентну рівноважну об'ємну активність радону показало у всіх відібраних пробах наявне перевищення вмісту радону приблизно у п'ять разів, що є небезпечним для здоров'я.

2. За розрахунками сумарна доза опромінення радоном з води становить 6,15 мЗв/рік, що збільшує ризик захворювання на рак зі смертельним результатом на $4,6 \cdot 10^{-4}$ осіб/рік, а для всього населення смт. Маньківки колективний ризик становитиме 37 випадків на рік.

3. Необхідні розробка і запровадження в Україні дієвої державної програми та методологічної бази для проведення радіаційно-гігієнічного моніторингу і радонового картування усіх регіонів країни.

4. Для територій з підвищеним природним радіаційним фоном необхідно впровадження дієвої профілактичної системи заходів, які повинні бути обов'язковими для дитячих, санаторно-курортних та лікувально-оздоровчих закладів, а також громадських приміщень.

5. Вирішенням проблеми високої радіоактивності води в регіоні може бути використання радоноуловлювачів зі спеціальними фільтрами на основі активованого вугілля, іонообмінних смол та переведення системи водопостачання на свердловини глибиною 20–50 м (за умови відповідності якості води у свердловинах на цих глибинах вимогам до якості питної води), що дозволить знизити ризик розвитку раку легень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Brill A.B. Facts concerning environmental radon: levels, mitigation, strategies, dosimetry, effects and guidelines // J. Nucl. Med. – 1994. – V. 35, № 2. – PP. 368–385.
2. Бузинний М.Г., Михайлова Л.Л., Сахно В.І., Романченко М.О. Дослідження природних радіонуклідів у підземній воді в Україні. // Довкілля та здоров'я. – 2011. – № 1. – С. 31–35.
3. Павленко Т.О., Лось І.П. Існуючі дози опромінення населення України // Ядерна та радіаційна безпека. – 2009. – Т. 12, №1. – С. 18–22.
4. Радиация. Дозы, эффекты, риск / Пер. с англ. Ю.А. Банникова. – М.: Мир, 1990. – 79 с.
5. Москалев Ю.И. Отдаленные последствия воздействия ионизирующих излучений. – М.: Медицина, 1991. – 464 с.
6. Риск заболевания раком легких от воздействия дочерних продуктов распада радона в помещениях: Публикация 50 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 350 с.
7. НАК "Надра України" – дочірнє підприємство "Центрургеологія". Паспорт артезіанської свердловини № 1-Ас, № 5-Ас, № 6-Ас та № 7-Ас.
8. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ–97). – Київ: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1998.
9. Павленко Т.А., Костенецкий М.И., Аксенов Н.В. Оценка доз облучения населения Запорожской области // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2006. – Т. 10, № 1. – С. 103–106.
10. Гнеушева Г.И. Роль курения в возникновении рака легкого у горнорабочих урановых шахт. // Материалы третьего отраслевого симпозиума по гигиене труда, радиационной безопасности и профпатологии при добычи и первичной переработке радиоактивных руд. – СПб, 1992. – С. 262–263.
11. Кольтовер В.К. Радоновая радиация: источники, дозы, биологические эффекты // Вестник РАН. – 1996. – Т. 66, № 2. – С. 114–119.

RISK ASSESSMENT OF EMERGENCE OF ONCOLOGICAL DISEASES FOR THE INHABITANTS OF AREAS WITH THE HIGH NATURAL BACKGROUND RADIATION

N. Zagoruiko, O. Mysliuk, T. Goncharenko

Cherkassy State Technological University

blvd. Shevchenko, 460, Cherkasy, 18006, Ukraine. E-mail: sagnelly@yandex.ru, schandor@mail.ru

There are radon sources in Zvenigorod and Mankovsky area in Cherkassy region. Water supply system of the Mankovka village of Cherkassy region with a population over 8000 was the subject studied. Research on water equivalent equilibrium volumetric activity of radon (EEVA) was carried out at the "Akvdar" sanatorium by means of "Alfarad" radiometer radon of PPA type. The studies have shown excess of radon by 5 times in samples of drinking water. The calculated dose of radon indoor exposure from the water supply system is 2.15 mSv / year. The collective risk of malignant tumors for the entire village of Mankovka of Cherkasy region constitutes 1,5 cases per year. Structural analysis of malignant tumors of cancer patients of the studied area shows that tumors of the trachea, bronchi and lungs are the

most occurring cases. A number of measures to ensure the safety of the inhabitants from the exposure to high natural background radiation are offered.

Key words: radon, a natural background radiation, risk, cancer diseases, safety.

REFERENCES

1. Brill A.B. et al. Facts concerning environmental radon: levels, mitigation, strategies, dosimetry, effects and guidelines // *J. Nucl. Med.* – 1994. – V. 35, № 2. – PP. 368–385.
2. Buzynnyy M.G., Mykhailova L.L., Sakhno V.I., Romanchenko M.O. Study of natural radionuclides in the underground water in Ukraine// *Dovkilia ta zdorovya.* – 2011. – № 1. – PP. 31–35. [in Ukrainian]
3. Pavlenko T.O., Los' I.P. Possible exposure doses of the Ukrainian population // *Nuclear and radiation safety.* – 2009. – V. 12, № 1. – PP. 18–22. [in Ukrainian]
4. *Radiation, doses, effects, risk* / Translated from English by Y.A. Bannikova. – Moscow: Mir, 1990. – 79 p. [in Russian]
5. Moskaliev Y.I. *Otdalennye posledstviya ioniziruyuschikh izluchenii* [Distant effects of ionizing radiation]. – Moscow: Medicine, 1991. – 464 p. [in Russian]
6. *Risk zabolevaniya rakom legkikh ot vozveistviya dochernikh produktov raspada radona v pomescheniyakh* [Risk of lung cancer caused by indoor radon daughter exposure]: Publication 50 МКРЗ. – Moscow: Energoatomizdat, 1992. – 350 p. [in Russian]
7. NAC "Wealth of Ukraine" – subsidiary "Tsentrukrgeologiya": Passport of artesian well № 1-Ас, № 5-Ас, № 6-Ас та № 7-Ас. [in Ukrainian]
8. Standards of radiation safety of Ukraine (NRBU-97). – Kyiv: Department of printing industry of the Ukrainian centre of the state sanitary-and-epidemiological control of Ministry of Health of Ukraine. – 1998. [in Ukrainian]
- 9 Pavlenko T.A., Kostenetskii M.I., Aksenov N.V. Assessment of the exposure doses of the population of the Zaporizhzhia region. // *Newsletters of hygiene and epidemiology.* – 2006. – V. 10, № 1. – PP. 103–106. [in Ukrainian]
10. Gneusheva G.I. et al. Smoking as a possible cause of lung cancer of uranic mines diggers. // *Materials of the Third branch symposium on labour hygiene, radiological safety and professional pathology during radioactive ore mining and primary processing.* – SPb., 1992. – PP. 262–263. [in Russian]
11. Koltover V.K. Radon radiation: sources, doses, biological effects. // *Herald of the Russian Academy of Sciences.* – 1996. – Vol. 66, № 2. – PP. 114–119. [in Russian]

Стаття надійшла 28.12.2012.