

EFFECTIVENESS ASSESSMENT OF RADON REMEDIATION MEASURES PERFORMED IN CHILDREN'S INSTITUTIONS IN THE KIROVOHRAD REGION

Fryziuk M.A.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОТИВОРАДОНОВЫХ МЕР, РЕАЛИЗОВАННЫХ В ДЕТСКИХ ЗАВЕДЕНИЯХ КИРОВОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ



ФРИЗЮК М.А.

ГУ "Институт гигиены и медицинской экологии им. А.Н. Марзеева НАМН Украины", г. Киев

УДК 614.876:613.55:546.296

Ключевые слова: радон, облучение детей, детские учебные заведения, противорадоновые меры, эффективность контрмер.

Связь между воздействием радона в воздухе зданий и развитием онкозаболеваний у человека изучалась во многих эпидемиологических исследованиях, проводившихся в разных странах мира [1-6]. Из анализа этих исследований был сделан вывод, что на каждые дополнительные $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ при хроническом облучении в течение 30 лет риск реализации (вероятность возникновения) рака легких увеличивается в среднем на 10% и напрямую зависит от среднегодового уровня объемной активности радона в воздухе помещений [7].

Однако относительный риск развития рака легких, обусловленного облучением дочерними продуктами распада радона, у детей в возрасте 10-14 лет выше, чем у взрослых примерно в 1,5-3 раза [5]. Поэтому дети являются самой чувствительной когортой населения к облучению радоном в воздухе помещений.

Дети облучаются радоном преимущественно в жилых домах. Однако они проводят достаточно много времени еще и в детских учебных заведениях (УЗ), где облучение от радона-222 при превышении его гигиенического норматива ($50 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$) [8] создает дополнительную дозовую нагрузку на организм детей. Поэтому в детских УЗ, где существует такое превышение, необходимо принимать соответствующие противорадоновые меры.

Наиболее распространенными противорадоновыми мероприятиями в мире являются изоляция коммуникационных отверстий, герметизация подпольных перекрытий, вентиляция пространства под полом, уменьшение давления под фундаментом здания и т.п. [9].

Одними из критериев для количественной сравнительной оценки эффективности различных технических решений по противорадоновой защите зданий являются уровень эк-

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОТИРАДОНОВИХ ЗАХОДІВ, РЕАЛІЗОВАНИХ У ДИТЯЧИХ ЗАКЛАДАХ КИРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ
Фризюк М.А.

Метою роботи є визначення ефективності (за рівнями ЕРОА радону-222) пробних протирадонових заходів, проведених у дитячих навчальних закладах Кіровоградської області, в яких було зафіксовано рівні вмісту радону-222 понад $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$.

Методи досліджень. У дослідженнях застосовували радіометричний (пасивної трекової радонOMETрії), математичні та статистичні методи. Проведено оцінку ефективності пробних протирадонових заходів у дитячих навчальних закладах Кіровоградської області.

Результати та обговорення. Досліджено 96 дитячих навчальних закладів у 80 населених пунктах Кіровоградської області. Встановлено, що після проведення контрзаходів рівень ЕРОА радону-222 $50 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ (норматив для дитячих закладів) перевищується у 90% випадків, рівень $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ (норматив для житлових будинків) — у 65% випадків. З метою оцінки ефективності

виконаних протирадонових заходів порівнювалися дані результатів вимірювань ЕРОА радону-222 до (загалом 184 вимірювання) та після (загалом 289 вимірювань) здійснення цих заходів. Визначався коефіцієнт зниження K , тобто чи знизилися й наскільки рівні вмісту радону-222 у приміщеннях.

За результатами розрахунків встановлено, що після реалізації протирадонових заходів у дитячих навчальних закладах рівні ЕРОА радону-222 знизилися від 0 до 30 разів: не знизилися зовсім у 10% випадків, знизилися у 2 рази — у 43% випадків, у 5 разів — у 33% випадків, у 10 разів — у 10% випадків, у понад 10 разів — у 3% випадків. Загалом реалізовані пробні протирадонові заходи є ефективними лише у 10% дитячих навчальних закладів. Для зниження рівнів ЕРОА радону-222 до нормативних значень необхідна оптимізація контрзаходів для їх ефективності.

Ключові слова: радон, опромінення дітей, дитячі навчальні заклади, протирадонові заходи, ефективність контрзаходів.

© Фризюк М.А. СТАТТЯ, 2015.

вивалентной равновесной объемной активности (ЭРОА) радона-222 после реализации определенной защитной меры и стоимость выполненных работ. Если уровни содержания радона-222 не превышают гигиенический норматив и стоимость контрмер приемлема, то такие меры считаются эффективными.

На территории Украины одним из радоноопасных регионов является Кировоградская область. Только от облучения детей радоном в детских УЗ этой области прямой ущерб государству может составить более 7,4 млн. грн. [10].

Эффективное проведение контрмер позволит снизить дозовые нагрузки и радиационные риски от облучения радоном детской когорты населения, а также суммарные убытки государства от этого источника. Все указанные выше обстоятельства подчеркивают необходимость и актуальность таких исследований.

Особенности осуществления противорадоновых мер. Существующий мировой опыт применения защитных мер показывает, что задача противорадоновой защиты в абсолютном большинстве случаев практически разрешима [9-13].

В разных странах мира существуют значительные различия по объемно-планировочным решениям зданий, уровням радона, источникам и путям его поступления в воздух помещений, а также по стоимости единицы коллективной дозы 1 чел.-мЗв в зависимости от диапазона этой дозы [9, 11-14], поэтому виды контрмер, применяемых различными государствами, и/или их стоимость очень отличаются.

В условиях Украины при относительной дешевизне материалов выполнение некоторых противорадоновых мероприятий может представлять значительные трудности или быть вообще неприемлемым (нецелесообразным) с точки зрения их эффективности.

Например, простейшими и дешевыми являются герметизация щелей в полу и местах подвода коммуникаций, установка дополнительных вентиляционных отверстий и т.п. Более сложные и дорогие — герметизация подпольных перекрытий и изоляция подвода

коммуникаций и т.п. Установление же систем для отвода радона из-под фундамента дома ("радоновых отсосов") или "радоновых колодцев" из-за необходимости нарушения фундамента дома, величины стоимости некоторых основных материалов, оборудования и строительно-монтажных работ делает смету таких мероприятий весьма значительной, что может быть просто "не по карману" региональному бюджету [9-13].

За несколько прошлых лет впервые в Украине в рамках проведения региональной программы "Стоп-радон" были выполнены исследования ЭРОА радона-222 в воздухе помещений более 90% детских дошкольных и школьных заведений Кировоградской области. Анализом результатов измерений было установлено, что гигиенический норматив по этому радиационному источнику для детских УЗ ($50 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ [8]) превышен в 55% исследованных зданий. Из них в 479 помещениях ЭРОА радона-222 составила свыше $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ (норматив для жилых зданий [8]): в 20% случаев — $101-200 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$, в 7% — $201-400 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$, в 1% — свыше $400 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ [10].

При ЭРОА радона $51-100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$ для уменьшения этих уровней до норматива достаточно использовать дополнительное покрытие помещения (чаще открывать форточки или окна). Если уровни радона-222 составляют более $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$, необходимо осуществлять определенные контрмеры, которые определяются величиной ЭРОА на конкретном объекте [10].

Автором в работе [10] впервые в Украине было обосновано применение соответствующих противорадоновых мер с точки зрения их стоимости на определенных объектах, то есть по экономическому критерию. До-

казано, что стоимость реализации предложенных контрмер окупится за 2-3 года [10].

В последующие годы в рамках вышеуказанной региональной программы на некоторых объектах, где обнаружены уровни ЭРОА радона-222 свыше $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$, были реализованы пробные противорадоновые меры. Выполнялись недорогие работы по герметизации различного рода щелей, трещин, зазоров, установке дополнительных вентиляционных отверстий и т.п.

Целью данной работы стало определение эффективности (по уровням ЭРОА радона-222) пробных противорадоновых мер, которые были реализованы в помещениях детских УЗ Кировоградской области.

Оценка эффективности примененных контрмер в детских УЗ в Украине выполнена впервые, поэтому новизна такой работы является несомненной.

Методы исследования. При проведении работы использовались такие методы: радиометрический (пассивной трековой радонометрии), математические, статистические.

Для оценки эффективности реализованных противорадоновых мер в детских УЗ Кировоградской области, где зафиксированы уровни радона-222 в воздухе помещений свыше $100 \text{ Бк} \cdot \text{м}^{-3}$, выполнялись повторные измерения ЭРОА радона-222 на этих объектах.

Исследования уровней содержания радона-222 в воздухе помещений проводились в соответствии с требованиями Государственных гигиенических регламентов "Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)" [8]. Измерения ЭРОА радона-222 выполнялись методом пассивной трековой радонометрии с использованием приборов "Track 2010Z" по методике, утвержденной По-



ПРОБЛЕМЫ ЧОРНОБИЛЯ

мещений". В сертификат внеслись дата установления измерительного прибора, адрес здания, характеристики здания (тип дома, этаж — для многоэтажных зданий), наличие подвала, материал стен и пола, наличие вентиляции и т.п.), а также номер прибора. По окончании экспонирования в сертификате обязательно указывалась дата снятия прибора.

При расчете ЭРОА радона-222 использовался коэффициент равновесия между радоном и его дочерними продуктами распада, равный 0,4.

С целью оценки эффективности реализованных противорадоновых мер рассчитывался коэффициент снижения уровня ЭРОА радона-222, К:

$$K = \frac{n_1}{n_2},$$

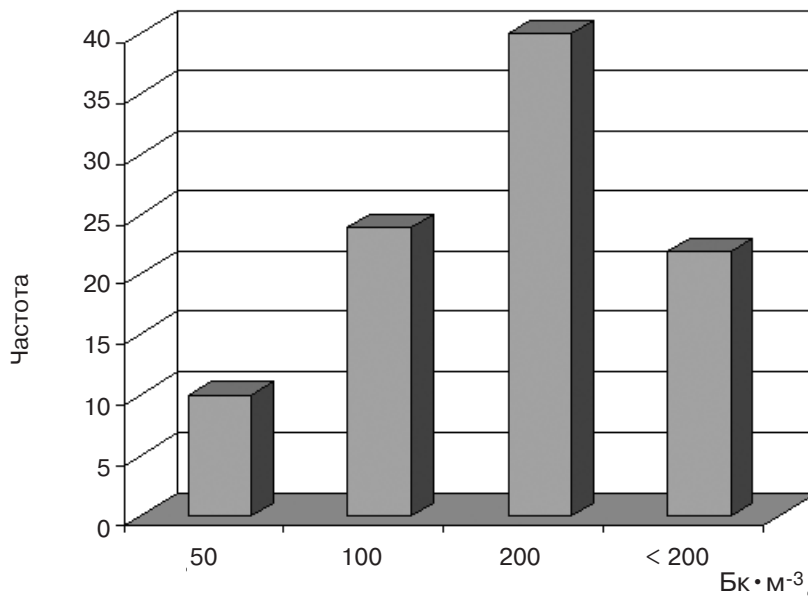
где n_1 — ЭРОА радона-222 в помещениях до проведения контрмер; n_2 — ЭРОА радона-222 в тех же помещениях после проведения противорадоновых мероприятий.

Результаты и их обсуждение. В рамках данного исследования было выполнено 289 измерений ЭРОА радона-222 в воздухе помещений 96 детских УЗ, в которых реализованы противорадоновые меры. Всего охвачено 80 населенных пунктов из всех районов Кировоградской области.

Частотное распределение уровней содержания радона-222 по всему массиву данных представлено на рисунке 1.

Рисунок 1

ЭРОА радона-222 в детских УЗ Кировоградской области после реализации в них противорадоновых мер



По результатам измерений установлено, что после выполнения защитных мероприятий в помещениях детских УЗ уровень ЭРОА радона-222 50 Бк·м⁻³ (норматив для таких заведений) [8] превышает в 90% случаев, уровень 100 Бк·м⁻³ (норматив для жилых зданий) [8] — в 65% случаев.

Максимальное значение ЭРОА 419 Бк·м⁻³ зафиксировано в детском саду с. Солгатово Гайворонского района. Уровни свыше 300 Бк·м⁻³ наблюдаются в школе-интернате с. Песчаный Брод Добровеличковского района (308 Бк·м⁻³), в общеобразовательной школе № 7 с. Знаменка Знаменского района (329 Бк·м⁻³), в детском саду с. Вишняковка Кировоградского района (390 Бк·м⁻³), в учебно-воспитательном комплексе с. Любомирка Александровского района (321 Бк·м⁻³), в общеобразовательной школе с. Устиновка Устиновского района (331 Бк·м⁻³). Уровни выше 200 Бк·м⁻³ наблюдались в 23% случаев.

С целью оценки эффективности реализованных противорадоновых мер сравнивались данные результатов измерений ЭРОА радона-222 до (184 измерения) и после (289 измерений) осуществления этих мер. Определялся коэффициент снижения К, т.е. снизились ли и насколько уровни содержания радона-222 в помещениях (рис. 2).

По результатам расчета установлено, что значение коэффициента снижения К находится в диапазоне от 0 до 30, т.е. уровни ЭРОА радона-222 в некоторых случаях были снижены до 30 раз. В целом после реализации противорадоновых мер в детских УЗ уровни ЭРОА радона-222 не снизились совсем в 10% случаев, снизились в 2 раза в 43% случаев, в 5 раз — в 33% случаев, в 10 раз — в 10% случаев, более чем в 10 раз — в 3% случаев.

Максимальное значение коэффициента снижения ($K \approx 30$) зафиксировано в общеобразовательной школе с. Терновка Новоархангельского района, то есть после проведения контрмер значение ЭРОА радона-222 снизилось в этом заведении почти в 30 раз: с 656 Бк·м⁻³ до 22 Бк·м⁻³.

Величина ЭРОА радона-222 снизилась почти в 19 раз (с

EFFECTIVENESS ASSESSMENT OF RADON REMEDIATION MEASURES PERFORMED IN CHILDREN'S INSTITUTIONS IN THE KIROVOHRAD REGION

Fryziuk M.A.

Objective: We determined an effectiveness (by the EERC levels of radon-222) of the test radon remediation measures performed in the children educational institutions in the Kirovohrad region where the registered levels of indoor radon-222 concentration exceeded $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Materials and Methods. In the study we used radio-metric (passive track detectors), mathematical and statistical methods. Effectiveness evaluation of the test radon remediation measures was performed in the children's educational institutions in the Kirovohrad region.

Results. 96 children's educational institutions were examined in 80 settlements of the Kirovohrad region. We established that after the performance of countermeasures the EERC level of radon-222 of $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (standards for the children institutions) was exceeded in 90% of cases, the level of $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ (standards for dwelling houses) was exceeded in 65% of cases.

To estimate effectiveness of the performed radon

remediation measures, we compared the data of results of the EERC measurements of radon-222 before (184 measurements) and after (289 measurements) performance of these measures. We determined a reduction coefficient K , i.e. whether the levels of the indoor radon-222 concentration was reduced and what were the levels of these reductions. By the results of calculation we established that after undertaken radon remediation measures in children's educational institutions the EERC levels of radon-222 were reduced up thirtyfold: weren't reduced in 10% of cases, were reduced twofold — in 43% of cases, fivefold — in 33% of cases, tenfold — in 10% of cases, over tenfold — in 3% of cases. Altogether the performed test radon remediation measures are effective only in 10% of the children's educational institutions.

For the reduction of the EERC levels of radon-222 down to standard meanings we should optimize the countermeasures for their effectiveness.

Keywords: Radon, exposure of children, children's educational institutions, radon remediation measures, effectiveness of countermeasures.

$450 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ до $24 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) в ПТУ № 33 с. Александрия Александровского района. В общеобразовательной школе с. Данилова Балка Ульяновского района после проведения защитных мероприятий величина ЭРОА снизилась почти в 17 раз: с $285 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ до $17 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Однако несмотря на то, что после реализации контрмер в 90% случаев произошло снижение уровней содержания радона-222 более чем в 2 раза, гигиенического норматива для детских УЗ $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ и даже норматива для жилых зданий

$100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ в большинстве детских УЗ (более 65%) не удалось достичь. То есть пробные противорадоновые мероприятия в целом по Кировоградской области можно считать неэффективными.

Чтобы выбрать оптимальные контрмеры и эффективно их реализовать, нужно детально проанализировать конструктивные особенности каждого отдельного здания, геологические особенности подстилающей почвы, а также источники и пути поступления в это здание радона-222.

Таким образом, в исследованных детских УЗ, в которых не достигнут гигиенический норматив по ЭРОА радона-222 в воздухе помещений для таких заведений, необходимо с помощью оптимизации противорадоновых мер реализовать более сложные и эффективные защитные мероприятия с целью снижения дополнительной дозовой нагрузки от этого источника на детскую когорту населения.

Выводы

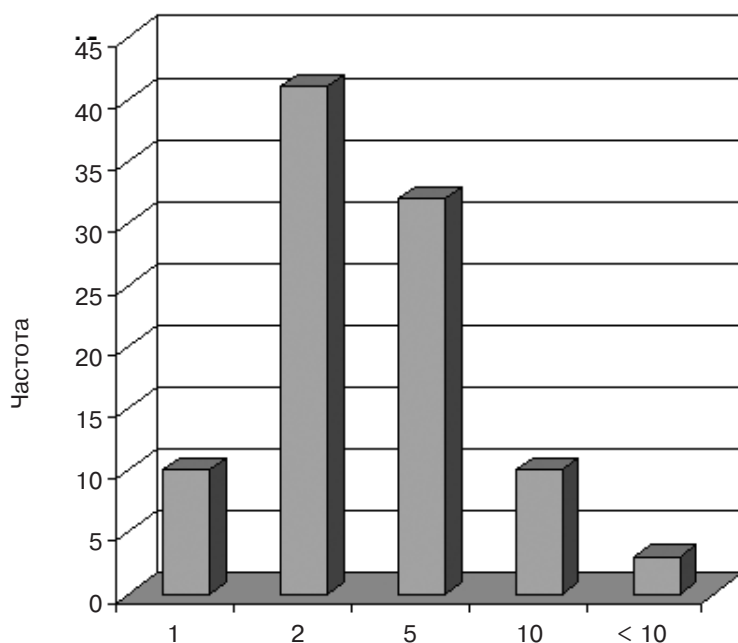
1. После реализации противорадоновых мер в детских УЗ Кировоградской области превышение гигиенического норматива по ЭРОА радона-222 для таких заведений ($50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) наблюдается в 90% случаев, норматива для жилых зданий ($100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$) — в 65% случаев.

2. Снижение уровней ЭРОА радона-222 в 2 раза зафиксировано в 10% случаев, в 5 раз — в 33% случаев, в 10 раз — в 10% случаев, более чем в 10 раз — в 3% случаев, не наблюдалось совсем в 43% случаев.

3. В подавляющем большинстве детских УЗ уровни ЭРОА радона-222 не удалось снизить до гигиенического норматива для детских УЗ $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ и даже до норматива для жилых зданий $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, т. е. в целом пробные контрмеры можно считать неэффективными.

4. Детские учебные заведения, в которых не достигнут гигиенический норматив по уровням ЭРОА радона-222 в воздухе помещений, нуждаются в оптимизации контрмер для их эффективности.

Рисунок 2
Частотное распределение значений отношения уровней ЭРОА радона-222 в детских УЗ Кировоградской области до и после проведения в них контрмер



ЛИТЕРАТУРА

1. Residential radon and lung cancer among never-smokers in Sweden / F. Lagarde, G. Axelsson, L. Damber et al. // *Epidemiology*. — 2001. — Vol. 12 (4). — P. 396-404.

2. Radon in homes and risk of lung cancer: collaborative analysis of individual data from 13 European case-control studies / S. Darby, D. Hill, A. Auvinen et al. // *BMJ*. — 2005. — Vol. 330 (7485). — P. 223-227.

3. A combined analysis of North American case-control studies of residential radon and lung cancer / D. Krewski, J.H. Lubin, J.M. Zielinski et al. // *J. Toxicol Environ Health. A*. — 2006. — Vol. 69. — P. 533-597.

4. Risk of lung cancer and residential radon in China: pooled results of two studies / J.H. Lubin, Z.Y. Wang, J.D. Boice et al. // *Int. J. Cancer*. — 2004. — Vol. 109. — P. 132-137.

5. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon / ed. C.H. Clement // *Annals of the ICRP*. — 2010. — Vol. 40 (1). — 64 p.

6. Domestic Radon and Childhood Cancer in Denmark / O. Raaschou-Nielsen, C.E. Andersen, H.P. Andersen et al. // *Epidemiology*. — 2008. — Vol. 19. — P. 536-543.

7. WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective / H. Zeeb, F. Shannoun (eds.). — Geneva : WHO, 2009. — 94 p.

8. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : Державні гігієнічні нормативи : ДГН 6.6.1.-6.5.001-98. — К., 1998. — 135 с.

9. Методи протирадонового захисту будівель (огляд) / Т.О. Павленко, М.В. Аксьонов, М.А. Фризюк, О.О. Герман // *Гігієна населених місць*. — 2012. — Вип. 60. — С. 218-222.

10. Фризюк М.А. Наукове обґрунтування оптимізації протирадонових заходів для гро-

мадських будівель (на прикладі дитячих навчальних закладів Кіровоградської області) : автореф. дис. — Київ, 2013. — 20 с.

11. Protecting the public against indoor exposure to radon / A. Janssens, F. Luyckx, J. Sinnaeve, M. Olast // *Health and the Environment : 29 Hanford Symp.* — Columbus, Richland : Battelle Press, 1990. — P. 1065-1084.

12. Eggermont G.X. The Optimization of Communication and Decision Making in Radon Policies Areas / G.X. Eggermont, A.J. Poffijn // *Comprehending Radiation Risk : Proc. of the Intern. Conf. on Radiation and Society*. — Vienna : IAEA, 1994. — Vol. 2. — P. 369-375.

13. Клавеншѐ Б. Радоновая книга. Меры по борьбе с радоном в существующих зданиях / Б. Клавеншѐ, Г. Окерблум. — Стокгольм : Formas, 2007. — 140 с.

14. Information Sheet man-Sievert monetary value survey: 2012 update / ISOE // ISOE European Technical Centre — Information Sheet. — 2012. — № 55. — 11 p.

15. Вимірювання концентрації радону-222 у повітрі будинків методом пасивної трекової радонOMETрії з використанням приладу "Track 2010Z" : методичні вказівки з методів контролю : MBK 6.6.2.-063-2000. — Київ, 2000. — 21 с.

REFERENCES

1. Lagarde F., Axelsson G., Damber L., Mellander H., Nyberg F., Pershagen G. *Epidemiology*. 2001 ; 12 (4) : 396-404.

2. Darby S., Hill D., Auvinen A., Barros-Dios J.M., Baysson H., Bochicchio F. et al. *BMJ*. 2005 ; 330 (7485) : 223-227.

3. Krewski D., Lubin J.H., Zielinski J.M., Alavanja M., Catalan V.S., Field R.W. *J. Toxicol Environ Health. A*. 2006 ; 69 : 533-597.

4. Lubin J.H., Wang Z.Y., Boice J.D. Jr., Xu Z.Y., Blot W.J., De Wang L. et al. *Int. J. Cancer*. 2004 ; 109 : 132-137.

5. ICRP Publication 115. Lung Cancer Risk from Radon and Progeny and Statement on Radon / ed. C.H. Clement. In : *Annals of the ICRP*. 2010 ; 40 (1) : 64 p.

6. Raaschou-Nielsen O., Andersen C.E., Andersen H.P., Gravesen P., Lind M., Schuz J. et al. *Epidemiology*. 2008 ; 19 (Is) : 536-543.

7. Zeeb H., Shannoun F. (eds.) *WHO Handbook on Indoor Radon: a Public Health Perspective*. Geneva : WHO ; 2009 : 94 p.

8. Normy radiatsiinoi bezpeky Ukrainy (NRBU-97) : Derzhavni

hihiienichni normatyvy [Radiation Safety Standards of Ukraine (RSSU— 97): State Hygienic Standards]. DHN 6.6.1.-6.5.001-98. Kyiv ; 1998 : 135 p. (in Ukrainian).

9. Pavlenko T.O., Aksionov M.V., Fryzyuk M.A., Herman O.O. *Metody protyradonovoho zakhystu budivvel (review) [Methods of Buildings Protection against Radon]*. In : *Hihiiena naselenykh mist (Hygiene of Settlements)*: zb. nauk. pr. 2012 ; 60 : 218-222 (in Ukrainian).

10. Fryziuk M.A. *Naukove obhruntuvannia optymizatsii protyradonovykh zakhodiv dlia hromadskykh budivvel (na pryklad dytyachykh navchalnykh zakladiv Kirovohradskoi oblasti) : avtoref. dys. [Scientific Substantiation of Optimization Measures in Public Buildings Protection against Radon (on the Example of Children's Education Facilities, Kirovograd region): Abstract. PhD Thesis, Biol. Sciences]*. Kyiv, 2013. — 20 p. (in Ukrainian).

11. Janssens A., Luyckx F., Sinnaeve J., Olast M. Protecting the public against indoor exposure to Radon. In : *Health and the Environment : 29 Hanford Symp.* Columbus, Richland : Battelle Press ; 1990 : 1065-1084.

12. Eggermont G.X., Poffijn A.J. *The Optimization of Communication and Decision Making in Radon Policies Areas*. In : *Comprehending Radiation Risk : Proc. of the Intern. Conf. on Radiation and Society*. Vienna : IAEA ; 1994 ; 2 : 369-375.

13. Klavenshio B., Okerblum G. *Radonovaia kniga. Mery po borbe s radonom v sushchestvuiushchikh zdaniakh [Radon Book. Measures against Radon in Existing Buildings]*. Stokgolm : Formas ; 2007 : 140 p. (in Russian).

14. ISOE (Information System on Occupational Exposure) Information Sheet man-Sievert monetary value survey: 2012 update. In : *ISOE European Technical Centre — Information Sheet*. 2012 ; 55 : 11 p.

15. Vymiriuvannia kontsentratsii radonu-222 u povitri budynkiv metodom pasyvnoi trekovoi radonOMETрії z vykorystanniam pry-ladu "Track 2010Z" : metodychni v-kazivky z metodiv kontroliu [Measurement of Radon-222 in Houses Air, Using Passive Track Radonometry Method with the "Track 2010Z": Guidelines on Control Methods]. MVK 6.6.2.-063-2000. Kyiv ; 2000 : 21 p. (in Ukrainian).

Надійшла до редакції 25.11.2014