П.И. ДИДЕНКО¹, Е.В. АЛЕКСЕЕВА²

¹ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины», г. Киев

²Президиум НАН Украины, г. Киев

РАДОНОВАЯ ОПАСНОСТЬ ДЛЯ НАСЕЛЕНИЯ УКРАИНЫ

Проведена оценка эффективных доз облучения населения Украины от источников природного происхождения. По уровню радоноопасности выделяются: Днепропетровская, Кировоградская, Винницкая, Черкасская, Херсонская и Одесская области. Оценка доз позволяет подчеркнуть важность понимания основной роли радона в облучении населения страны. По мере появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов страны модель расчета коллективной дозы для населения Украины от радона может развиваться в сторону детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок доз, что позволит помимо идентификации групп риска уточнить ущерб, связанный с коллективными дозами, и более осознанно распределять усилия и средства на снижение облучения населения.

Введение

Воздействие ионизирующих излучений на человека является одной из наиболее актуальных современных проблем экологии. В последние годы произошел переход к более широкому пониманию проблем радиационной безопасности населения как необходимость ограничения и снижения облучения от источников ионизирующего излучения. Природные источники излучений включают космическое излучение и земные источники излучения природного происхождения, присутствующие в зданиях, шахтах, минеральном сырье, воде и т.д. Техногенные источники излучения – источники излучения, созданные для применения этого излучения или являющиеся продуктом технической деятельности человека. Специфическими источниками радиационного воздействия являются аварии на АЭС (Три-Майл-Айленд, Чернобыль и Фукусима), ядерные испытания в атмосфере и на полигонах и т.д. Медицинские источники – приборы и аппараты, применяемые для диагностики или лечения заболеваний человека.

Природные источники ионизирующего излучения относятся к категории повсеместно и постоянно действующих физических факторов окружающей среды, оказывающих влияние на здоровье человека. Они вносят доминирующий вклад в коллективную эффективную дозу, на них приходится основная доля вреда здоровью населения (около 70 %), причиняемого всеми источниками ионизирующего излучения, включая негативные последствия медицинского облучения и облучения от всех техногенных источников, в том числе от деятельности объектов атомной энергетики и промышленности. Наблюдается устойчивая тенденция к возрастанию уровней облучения людей от природных источников в результате хозяйственной деятельности. Медицинские последствия облучения населения от природных радионуклидов, включая радон и его дочерние продукты, выражаются главным образом в приросте онкологических заболеваний, связанном с величиной коллективной дозы. Согласно данным Научного комитета ООН по действию атомной радиации около 20 % заболеваний раком легких обусловлено воздействием радона. Международное агентство по изучению раковых заболеваний (МАРЗ) отнесло радон к числу канцерогенов группы 1, а это означает, что имеется достаточно свидетельств того, что радон является канцерогеном для человека.

Основной причиной ущерба в результате воздействия радона до настоящего времени было принято считать смерть от рака легких, однако в настоящее время ущербом

называются случаи рака без летального исхода, наследственные эффекты, продолжительность потерянной или неполноценной жизни. Ущерб на единицу эффективной дозы составляет $7,3 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹ для населения, включая вклад: случаев рака с летальным исходом – $5,0 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹; случаев рака без летального исхода – $1,0 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹; тяжелых наследственных эффектов – $1,3 \times 10^{-5}$ мЗв⁻¹.

Неблагополучная радиоэкологическая ситуация, сложившаяся в некоторых регионах Украины, вызывает вполне обоснованное беспокойство среди населения. Вместе с тем, преувеличенные представления о радиационном риске, обусловленном техногенными источниками, при отсутствии объективной информации об уровнях облучения от природных радионуклидов, приводят к возрастанию социальной напряженности не только на загрязненных территориях, но и в благополучных регионах страны, особенно в местах расположения предприятий ядерно-энергетического комплекса. Таким образом, правильное понимание радоновой проблемы весьма значимо и в социальном аспекте.

В Украине все в большей мере осознается определяющий вклад природных источников излучения в облучение населения и производственного персонала. Это нашло отражение в документах: "Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)", "Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности Украины (ОСПУ-05)" и т.д.

При выработке стратегии снижения уровней облучения населения в стране (регионе, районе и населенном пункте) необходимо руководствоваться принципами радиационной безопасности (обоснование, оптимизация, нормирование), из которых, в частности, следует, что первоочередные мероприятия по коллективной защите населения должны проводиться в отношении тех источников излучения, для которых возможно снижение коллективной дозы облучения при минимальных затратах. Таковыми являются природные источники, главным образом радон.

Из этого следует, что защита от воздействия природных источников ионизирующего излучения является, по-существу, одной из приоритетных проблем в области обеспечения радиационной безопасности населения.

Нормирование содержания радона в зданиях

При обосновании нормативных критериев радиационного неблагоприятия Международная комиссия по радиологической защите (МКРЗ) предлагает следующие основные принципы [1]: любое ограничение облучения населения может распространяться на источники радиации, для которых возможно влияние человека на создаваемую ими дозу облучения (принцип контролируемости облучения); необходимость учета стоимости защитных мероприятий при обосновании их целесообразности; критерии необходимости защитных мероприятий для определения очередности мероприятий в зданиях различного типа; наилучшим выбором уровня вмешательства является такой уровень, который определяет значительное, но разумное число зданий, нуждающихся в улучшении.

В Украине утверждены "Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97)" [2], основанные на рекомендациях МКРЗ. Согласно этим нормам, для существующих зданий приняты нормативные значения среднегодовых эквивалентных равновесных объемных активностей (ЭРОА) радона и торона в помещениях, равные 100 и 6 Бк/м³, а для строящихся – 50 и 3 Бк/м³ соответственно. При больших значениях объемной активности радона должны проводиться защитные мероприятия, направленные на снижение поступления радона в воздух помещений и улучшение вентиляции помещений. Вопрос о переселении жильцов (с их согласия) и перепрофилировании помещений или сносе здания решается в тех случаях, когда невозможно снижение среднегодовой ЭРОА до значения менее 400 Бк/м³.

В Украине введены в действие документы [2, 3], устанавливающие нормативные уровни радиационно-опасных факторов и предписывающих процедуры, направленные на обеспечение строительства радиационно-безопасных зданий. В соответствии с ними на разных этапах строительства предусмотрено проведение мероприятий:

– на предпроектной или проектной стадии – радиационное обследование площадки под строительство (гамма-съемка территории; поиск локальных источников излучений с последующей их дезактивацией в случае необходимости; определение удельной активности природных и техногенных радионуклидов, на основании результатов которого принимается решение о возможности перемещения грунта; измерение объемной активности радона в грунте в периметре здания, в зависимости от значения которого принимается решение о необходимости внесения в проект элементов противорадоновой защиты);

– в процессе строительства – контроль перемещения грунта и соответствия радионуклидной активности применяемых материалов и комплектующих изделий установленным нормативам;

– на этапе ввода в эксплуатацию законченных строительством (реконструкцией) объектов – радиационный контроль сдаваемого в эксплуатацию сооружения и прилегающей территории (измерение мощности дозы гамма-излучения по площади внутренних помещений и прилегающей территории, выборочный контроль помещений на содержание радона).

Методы защиты зданий от радона

В случае, когда концентрация радона в воздухе помещений зданий превышает установленные нормативы, требуются мероприятия по уменьшению содержания радона в помещениях. Способы защиты помещений зависят от того, что является источником поступления радона и какова его концентрация. При поступлении радона с водой и газом наиболее эффективным способом является вентиляция. В некоторых случаях при предельно высоких концентрациях радона в воде необходима замена источников водоснабжения. При других источниках поступления радона в помещение (строительный материал и грунтовый воздух из недр) вентиляция является наиболее простым и эффективным способом защиты.

Увеличение интенсивности вентиляции за счет использования нагревательных приборов и вентиляционных систем уменьшает концентрацию радона в помещениях. Использование кондиционеров и очистителей воздуха по одним данным снижает концентрацию радона, по другим – применение фильтрации воздуха увеличивает несвязанную фракцию дочерних продуктов распада радона в воздухе, что может привести к увеличению дозы на легкие.

Если учесть, что поступление и накопление радона имеет суточную вариацию, с максимальным выделением его в помещение в ночные и предутренние часы, то проветривание помещений во время сна (до утра), а затем периодически в течение дня может значительно снизить концентрацию радона во вдыхаемом воздухе. Однако в ряде случаев такой способ защиты от радона является недостаточным. Здесь требуется применение специальных средств защиты с использованием газо-изолирующих материалов (герметиков, лакокрасочных материалов, пленочных покрытий и т.д.). В качестве эффективного метода борьбы с проникновением радона из грунта является естественное и искусственное проветривание подпольных пространств, цокольных и подвальных помещений [4].

В составе мероприятий по уменьшению содержания радона в воздухе помещений важная роль принадлежит сбросу давления в подвальных помещениях, в снижении уровней поступления радона в здание.

В тех случаях, когда проницаемость почвы и засыпка стен, а также содержание радона в почве невысокое и фиксированное, уровень поступления радона может снизиться вдвое и более раз за счет уменьшения проницаемости засыпки стен, герметизации щелей или увеличения давления внутри стен. Эффективно использование комбинации непроницаемых стеновых стояков и малопроницаемых наполнителей.

Оценка доз облучения радоном населения Украины

Оценка средневзвешенных эффективных доз для различных ситуаций облучения служит одним из основных критериев при проведении процедур оправданности и оптимизации радиологической защиты населения [1]. Для техногенно-усиленных источников природного происхождения (радон в воздухе помещений, естественная радиоактивность строительных материалов и питьевой воде из подземных источников и др.) (управляемая компонента суммарной дозы) эти величины зависят от структуры жилищного фонда и демографической ситуации в стране [2]. Миграция населения, низкая рождаемость и высокая смертность привели к существенному изменению соотношения городского и сельского населения, их возрастной структуры и т.д. – тех параметров, которые в значительной мере влияют на оценку величины эффективной дозы.

Получена информация об уровнях облучения населения Украины природными источниками (радоном) в воздухе помещений зданий различного типа [5, 6, 7], о содержании природных радионуклидов в питьевой воде артезианских скважин, строительных материалах, продуктах питания [8, 9]; выполнены оценки эффективных доз населения для ситуации пролонгированного облучения и т.д.

Радон в воздухе помещений зданий

В Украине обследовано здания городского типа: квартиры и служебные помещения на первых этажах и выше и подвалы; здания сельского типа различных архитектурно-планировочных решений. Определено, что критическим по уровням радона типом зданий являются сельские дома. Основные закономерности формирования уровней радона в воздухе на территории страны, а также другие методические аспекты проведения измерений радона приведены в [10].

Анализ эффективных доз облучения населения страны от радона в воздухе жилых помещений зданий показывает, что среднегеометрическое значение эффективных доз от радона составляет $2,4 \text{ мЗв год}^{-1}$. Установлено, что для 5 % населения страны эффективная доза облучения превышает 10 мЗв год^{-1} . Для городского населения, проживающего в многоэтажных зданиях, средневзвешенные эффективные дозы на региональном уровне практически не отличаются и составляют $1,3\text{--}1,5 \text{ мЗв год}^{-1}$ для первых этажей, порядка 1 мЗв год^{-1} – для квартир, расположенных выше первого этажа. Для сельского населения диапазон средневзвешенных эффективных доз значителен: от $1,2$ до $8,2 \text{ мЗв год}^{-1}$ при среднегеометрическом значении $3,9 \text{ мЗв год}^{-1}$.

С точки зрения вариабельности эффективной дозы облучения населения сельских регионов наиболее показательна Киевская область. Средневзвешенные по районам области эффективные дозы лежат в диапазоне от $1,3$ до $8,6 \text{ мЗв год}^{-1}$. Максимальные значения зафиксированы в южных районах, которые находятся на Украинском щите в местах разломов с повышенной трещиноватостью. Для этих районов характерна застройка 1960–1970 гг. Средневзвешенная по районам величина эффективной дозы от радона в воздухе для населения Киевской области оценивается в $3,3 \text{ мЗв год}^{-1}$. Минимальные значения присущи северным регионам области, которые располагаются вне Украинского щита в низменной части Полесья.

Таким образом, по сравнению с более ранними оценками ($3,8 \text{ мЗв год}^{-1}$) [11] значение средневзвешенной эффективной дозы облучения от радона уменьшилось более чем на 30 %, что, по-видимому, связано с изменением демографической ситуации в стране и миграцией населения – существенным увеличением доли городского населения.

Радиоактивность строительных материалов

Для оценки эффективных доз облучения населения, обусловленных излучением естественных радионуклидов, обследовано около 30 карьеров щебня, песка и глины. Проанализирована информация об архитектурно-планировочных решениях сельских домов каждого региона, используемого в процессе оценки доз облучения. В основном необходимые сведения получены из баз данных, которые заполнялись по сертификатам измерений радона в воздухе. Указанные сертификаты содержат информацию о материале, из которого построено здание, типе покрытий стен, подсыпке под фундамент, типе вентиляции и т.д.

Оценки эффективных доз облучения городского населения рассчитаны для панельных и кирпичных домов, а затем полученные значения взвешены в соответствии со структурой жилищного фонда. Средневзвешенная эффективная доза облучения городского населения составляет $0,3 \text{ мЗв год}^{-1}$, а средневзвешенная эффективная доза облучения сельского населения на уровне отдельных регионов отличается от этой величины в 2–3 раза.

Средневзвешенная в соответствии со структурой жилищного фонда эффективная доза облучения составила $0,23 \text{ мЗв год}^{-1}$. Если сравнивать эту величину с более ранними оценками ($0,26 \text{ мЗв год}^{-1}$) [11], то ее уменьшение, прежде всего, связано с системой ограничений, которая была введена в конце 80-х годов прошлого столетия (норматив на содержание естественных радионуклидов в строительных материалах).

Естественные радионуклиды в питьевой воде

По результатам измерений радона в питьевой воде из артезианских скважин [9, 12] сделана оценка внутренних эффективных доз облучения населения страны. Установлено, что для населения, которое проживает на территории Украинского щита и потребляет воду из артезианских скважин, средневзвешенная эффективная доза от радия-226 составляет $0,08 \text{ мЗв год}^{-1}$, от урана – $0,09 \text{ мЗв год}^{-1}$, радона – $0,08 \text{ мЗв год}^{-1}$. Соответствующие величины, средневзвешенные по территории Украины, оценены для радия-226 в $0,03 \text{ мЗв год}^{-1}$, урана – $0,02 \text{ мЗв год}^{-1}$, радона – $0,07 \text{ мЗв год}^{-1}$. Суммарная эффективная доза облучения от естественных радионуклидов, которые содержатся в питьевой воде артезианских скважин, – $0,12 \text{ мЗв год}^{-1}$. Если эту воду употребляет около 10 % населения страны, вклад данной компоненты в суммарную дозу составляет порядка $0,1 \text{ мЗв год}^{-1}$. Однако индивидуальные дозы облучения могут превышать 5 мЗв год^{-1} .

Все перечисленные источники являются управляемыми и ограничиваются в соответствии с требованиями «Норм радиационной безопасности Украины» (НРБУ-97) [2]. Средневзвешенная величина этой компоненты для населения страны составляет $2,8 \text{ мЗв год}^{-1}$: на уровне отдельных регионов варибельность управляемой компоненты суммарной дозы облучения, обусловленной техногенно-усиленными источниками природного происхождения, может быть двух-четырёхкратной.

Атомные электростанции

Эффективная доза газоаэрозольных выбросов (на примере Южно-Украинской АЭС) (для территорий радиусом 2,5 км. от АЭС) составляет: $(2...12) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк с^{-1} выбросов ^{137}Cs ; $(0,05...0,7) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк с^{-1} выбросов ^{131}I . Эффективная доза загрязнения территории в результате газоаэрозольных выбросов АЭС составляет $(0,07...1,05) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк м^{-2} ^{137}Cs на поверхности почвы. Эффективная доза поступления радионуклидов в сельскохозяйственные растения с оросительной воды через жидкие сбросы АЭС составляет $(90...195) \cdot 10^{-3} \text{ Зв год}^{-1}$ на $1 \text{ Бк/л} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$ ^{137}Cs . Доза загрязнения ^3H сельскохозяйственных растений через орошение составляет $(0,01...0,04) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк л^{-1} ^3H в оросительной воде. Доза ингаляционного поступления ^3H в человека во время оросительных работ – $(0,005...0,014) \cdot 10^{-6} \text{ Зв год}^{-1}$ на 1 Бк л^{-1} ^3H в оросительной воде [13].

Радиоэкологический риск от радионуклидов, которые попадают в окружающую среду с газоаerosольными выбросами АЭС в условиях нормальной работы станции, составляет 0,5...12,0 мкЗв/(кБк м⁻²) ¹³⁷Cs. Радиоэкологический риск от радионуклидов, которые попадают в оросительную воду с жидкими сбросами АЭС, – 10...260 мкЗв/(кБк м⁻²) ¹³⁷Cs.

Радиоактивные отходы

В Украине находится значительное количество радиоактивных отходов с повышенным содержанием природных радионуклидов, сеть ПЗРО МСК “Радон”, куда поступают отходы от предприятий и организаций, использующих в своей деятельности радиоактивные вещества и оборудование на их основе; ПЗРО и пункты временной локализации радиоактивных отходов, образовавшихся в процессе работ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС; хранилища отходов атомной энергетики и хвостов добычи и переработки урановых руд; отвалы, терриконы, шламо- и золохранилища отходов производства железорудной, угольной и нефтяной отраслей промышленности, теплоэнергетики и строительной индустрии; радиоактивные отходы производства фосфатов; объекты хранения радиоактивных отходов Минобороны. В результате долгоживущие радионуклиды распространяются в окружающей среде как естественным образом (выветриванием, вымыванием дождями и т.д.), так и при использовании населением отходов при индивидуальном строительстве (в качестве подсыпок под фундамент, в виде наполнителей и т.д.).

Неуправляемые источники облучения населения

К неуправляемым источникам относятся: космическое излучение, космогенные радионуклиды, естественная радиоактивность грунтов и продуктов питания. Облучение этими источниками почти не меняется во времени и не поддается управлению.

Для большинства жителей Украины среднегодовая эффективная доза от космического излучения составляет 227–232 мкЗв год⁻¹ и зависит от высоты территории проживания над уровнем моря. Если учитывать нейтронную составляющую, ее средневзвешенная величина может быть оценена в 0,3 мЗв год⁻¹.

Вторым по величине вклада в суммарную дозу источником является внутреннее бета-облучение, которое формируется за счет перорального поступления калия-40 с продуктами питания. Среднегодовая эффективная доза облучения населения от этого источника оценена в 0,2 мЗв год⁻¹ [14]. В этой работе приведена оценка терригенной составляющей средневзвешенной эффективной дозы облучения населения страны, которая обусловлена природным гамма-фоном и составляет 0,15 мЗв год⁻¹,

Проведена оценка эффективной дозы облучения населения страны от урана-238 и тория-232 в продуктах питания. Эффективная доза облучения от урана-238 составляет два порядка. Минимальные значения эффективных доз получает население Ровенской области – 0,08 мкЗв·год⁻¹, максимальные – 3,43 мкЗв год⁻¹ – зафиксированы в Хмельницкой обл. В среднем по стране эффективная доза облучения от урана в продуктах питания равна 0,71 мкЗв год⁻¹. Диапазон эффективных доз облучения от тория-232 имеет меньший тренд: минимальные значения – 0,11 мкЗв год⁻¹ (Сумская обл.), максимальные – 0,65 мкЗв год⁻¹ (Одесская обл.). Средневзвешенное значение эффективных доз от этого источника – 0,25 мкЗв год⁻¹ [15, 16]. Таким образом, средневзвешенная эффективная доза облучения, обусловленная пероральным поступлением урана-238 и тория-232, составляет около 0,1 мкЗв год⁻¹.

Аварийные источники облучения населения

Оценка доз облучения населения, которое проживает на территориях, пострадавших от Чернобыльской аварии, приведена в [17]. Максимальные эффективные

дозы в контексте пролонгированного облучения получают жители Житомирской области – около 5 мЗв год⁻¹ и Киевской области – 4,6 мЗв год⁻¹. Минимальные значения эффективных доз зафиксированы в Волынской области – порядка 2 мЗв год⁻¹. Для большинства загрязненных областей аварийные дозы составляют 3–5 % величины пролонгированной компоненты. Исключением является Ровенская область, для которой вклад аварийной компоненты оценивается в 36 % при средней суммарной эффективной дозе 2 мЗв год⁻¹. В первую очередь, это связано с благополучной ситуацией относительно облучения техногенно-усиленными источниками природного происхождения и существенными аварийными дозами внутреннего облучения (в основном за счет цезия-137 в продуктах питания).

Оценки структуры и величины вклада отдельных источников в суммарную дозу облучения являются обязательной составляющей процедур оправданности вмешательства и оптимизации контрмер, причем дозовый критерий может быть вторичным для некоторых сценариев облучения. Практика показала, что на поздней, восстановительной стадии аварии на принятие решения о вмешательстве больше влияют не дозовые, а социальные и политические аспекты проблемы реабилитации пострадавших территорий. Анализ доз облучения свидетельствует о том, что на загрязненных территориях преобладают в основном техногенно-усиленные источники природного происхождения и эта компонента должна учитываться при выборе защитных мероприятий по уменьшению существующих доз облучения.

Результаты радоновых исследований в регионах Украины носят ограниченный и фрагментарный характер. Возможно, это обстоятельство и отсутствие единой методологии приводит к тому, что оценки коллективной дозы населения Украины от природных источников излучения, проведенные различными специалистами, изменяются в широких пределах. Очевидно, что в связи с этим важнейшее значение для правильного определения приоритетных мер приобретает обоснованная и стандартизованная методология расчета коллективных доз облучения населения от разных видов облучения (природные источники, техногенные источники и медицинское облучение). Следует отметить, что такая методология необходима не только для определения приоритетных мер, но и для адекватной оценки эффективности планируемых или уже проведенных защитных мероприятий.

При отсутствии детальных результатов выборочных исследований помещений зданий по объемной активности радона во всех регионах Украины с учетом их геолого-геофизических, климатических, социальных и демографических особенностей оценка коллективной дозы облучения населения Украины может быть проведена лишь с большей или меньшей долей достоверности. Однако в любом случае она должна основываться на определенных обоснованных предположениях и допущениях, которые в последующем могут уточняться.

Оценки доз позволяют подчеркнуть важность адекватного понимания ведущей роли радона в облучении населения Украины. Численность населения страны, облучаемого в профессиональных дозах, превышает, или как минимум, сопоставима с количеством персонала, для которого ведется учет облучения. Очевидно, что по мере уточнения социо-демографических характеристик населения Украины и появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов страны модель расчета коллективной дозы для населения Украины от радона может развиваться в сторону большей детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок доз, что позволит, помимо более четкой идентификации групп риска, уточнить ущерб, связанный с

коллективными дозами, и более осознанно распределять усилия и средства на снижение облучения населения.

Выводы

Средневзвешенная суммарная эффективная доза облучения населения Украины, обусловленная природными источниками, составляет $3,5 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$. Вклад управляемой компоненты в суммарную дозу оценивается в $2,8 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$, причем существенная доля этой дозы формируется за счет радона в помещениях зданий – $2,4 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$. Для техногенно-усиленных источников природного происхождения средневзвешенная эффективная доза облучения составляет $3,9 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$, а эффективная доза от всех природных источников – $4,6 \text{ мЗв}\cdot\text{год}^{-1}$. Установлена значительная вариабельность эффективных доз облучения населения на региональном уровне. По уровню радоноопасности выделяются: Днепропетровская, Кировоградская, Винницкая, Черкасская, Херсонская и Одесская области.

Оценка доз позволяет подчеркнуть важность понимания ведущей роли радона в облучении населения страны. По мере появления новых результатов радонового мониторинга в большем количестве регионов страны модель расчета коллективной дозы для населения Украины от радона может развиваться в сторону детализации и станет возможным дальнейшее уточнение оценок доз, что позволит помимо более четкой идентификации групп риска уточнить ущерб, связанный с коллективными дозами, и более осознанно распределить усилия и средства на снижение облучения населения.

1. Публикация № 65 МКРЗ: М. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
2. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: МОЗ України, 1998. – 135 с.
3. Основні санітарні правила забезпечення радіаційної безпеки України (ОСПУ-05). Державні санітарні правила: ДСП 6.177-2005-09-02 // МОЗ України. – К., 2005. – 62 с.
4. Гулябянц Л.А. Рекомендации по проектированию противорадоновой защиты жилых и общественных зданий / Л.А. Гулябянц // АНРИ. – 1996/97. – №5 (11). – С. 58–67.
5. Павленко Т.О. Рівні радону в повітрі будинків України / Павленко Т.О. // Довкілля та здоров'я. – 2007. – № 2. – С. 22–25.
6. Комов И.Л. Основные проблемы радоновой безопасности. / [Комов И.Л., Фролов О.С., Диденко П.И. и др.]– К.: Логос. – 2005. – 352 с.
7. Павленко Т.А. Экологические аспекты воздействия ионизирующего излучения радона на население Украины / Т.А. Павленко, Е.К. Вовнянко, И.Л. Комов, П.И. Диденко // Агроекологічний журнал, – 2005, – № 2. – С. 64–73.
8. Павленко Т.О. Будівельні матеріали як джерело доз опромінення населення України / Т.О. Павленко, М.В. Аксьонов, М.А. Фризюк // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2007. – Т. II, № 1. – С. 94–96.
9. Бузинний М.Г. Природна радіоактивність питної води свердловин на території України / М.Г. Бузинний // Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: Мат. 14 з'їзду гігієністів України. –Дніпропетровськ: АРТ-ПРЕС, 2004. – Т. II. – С. 308–310.
10. Павленко Т.О. Контроль радона в воздухе жилых помещений Т.О. Павленко // СЕС: профілактична медицина. – 2007. – № 5. – С. 28–31.
11. Лось І.П. Дози опромінення населення України джерелами природної радіоактивності / І.П. Лось, Т.О. Павленко, М.Г. Бузинний та ін. // Радіаційна безпека в Україні: бюлетень НКРЗУ. – 1994. – № 1. – С. 26–29.

12. Костенецкий М.И. Радиоактивность питьевой воды подземных источников и дозы облучения населения: Мат. III Междунар. водного форума АКВА Украина 2005. М.И.Костенецкий, А.И.Севальнев – К., 2005. – С. 229–232.

13. Григор'єва Л.І. Радіоекологічний ризик винесення радіонуклідів у довкілля з викидами та скидами АЕС / Л.І. Григор'єва, Ю.А. Томілін, К.В. Григор'єв // Ядерна та радіаційна безпека. – 2012. – Т. 1, № 53. – С. 30–36.

14. Лось И.П. Гигиеническая оценка дозообразующих источников ионизирующих излучений природного и техногенного происхождения и доз облучения населения Украины: Дис. д-ра биол. наук. / И.П. Лось– К., 1993. – 402 с.

15. Shiraishi K. Dietary intakes of trace elements and health effects in Ukraine: report of research project, grant-in aid for scientific research, Japan Society for the Promotion of Science / National Institute of Radiological Sciences. Chiba, Japan. – Chiba, 2005. – P. 66–134.

16. Аксенов И.В. Дозы облучения населения Украины, обусловленные поступлением урана и тория с продуктами питания / И.В. Аксенов, Т.А. Павленко, М.А. Фризюк // Гігієна населених місць, 2008. – № 51. – С. 302–305.

17. Лось І.П. Оцінка існуючих доз опромінення населення джерелами «аварійного» та «неаварійного» походження / І.П. Лось, Т.О. Павленко // Журнал академії медичних наук України. – 2006. – Т. 12, № 1. – С. 168–173.

П.І. Діденко, О.В. Алексєєва

РАДОНОВА НЕБЕЗПЕКА ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

Проведена оцінка ефективних доз опромінення населення України від джерел природного походження. По рівню радонобезпеки виділяються: Дніпропетровська, Кіровоградська, Вінницька, Черкаська, Херсонська і Одеська області. Оцінка доз дозволяє підкреслити важливість розуміння основної ролі радону в опроміненні населення країни. З появою нових результатів радонового моніторингу в більшій кількості регіонів країни модель розрахунку колективної дози для населення України від радону може розвиватися в бік деталізації і стане можливим подальше уточнення оцінок доз, що дозволить крім ідентифікації груп ризику уточнити збиток, пов'язаний з колективними дозами, і більш усвідомлено розподіляти зусилля і засоби на зниження опромінення населення.

P.I. Didenko, E.V. Alekseeva

RADON DANGER FOR POPULATION OF UKRAINE

Effective doses estimation of population of Ukraine from natural origin sources was done. Differ level of radioactive danger has the following oblasts: Dnipropetrovska, Kirovohradska, Cherkaska, Khersonska and Odesska. Doses assessment can emphasize the importance of understanding the basic role of radon exposure for population. New radon monitoring results in different regions of the country can improve calculating model of the collective dose to the population of Ukraine from radon and it will be possible to specify doses estimation. It helps to identify risk groups and specify damages, connected with collective doses, and more consciously allocate efforts and facilities to reduce public exposure.