

П.И. ДИДЕНКО

Государственное учреждение “Институт геохимии окружающей среды НАН Украины”, г. Киев

ВЛИЯНИЕ РАДОНА НА НАСЕЛЕНИЕ УКРАИНЫ

Исследование радоновой обстановки и ее воздействие на население Украины представляет особую важность. Актуальность этой работы для областей очевидна, что объясняется воздействием радиационно-опасных факторов на организм человека. Определены факторы, влияющие на накопление радиоактивных газов в зданиях: геологическое строение территории, строительные материалы, вода и особенности конструкции здания. Получена информация, позволяющая оценивать уровни облучения населения радиоактивными газами и прогнозировать вероятность превышения в зданиях действующих нормативов.

Анализ данных по оценке эффективных доз облучения населения планеты от всех источников излучений показал, что суммарная доза облучения, в основном, обуславливается источниками природного происхождения [1–8]. В результате деятельности человека отдельные источники ионизирующего излучения природного происхождения могут концентрироваться. Из-за разработки урановых месторождений, шахт, заводов, атомных электростанций, хвостохранилищ происходит повышение вклада техногенных источников в суммарную дозу облучения населения. Накопленные в различных странах мира данные о дозах воздействия на население ионизирующего излучения природного происхождения свидетельствуют о значительных отличиях среднегодовых эффективных доз [5, 6]. Высокие дозы приходятся на население стран Европы: Финляндия, Швеция, Франция и Украина. Основным дозоформирующим фактором облучения населения планеты является радон [1]. Суммарный вклад космического облучения, природного гамма-фона и радиоактивности строительных материалов в среднегодовую эффективную дозу облучения значительно меньше вклада радона.

Радон высвобождается из земной коры повсеместно, но величина его среднегодовой эффективной дозы в различных регионах значительно отличается. Основными источниками радона в глобальной атмосфере Земли являются его выделение из недр и с поверхности Земли (2000 Ci в год), с поверхности морского дна (500 Ci в год), с поверхности мирового океана (30 Ci в год), из месторождений фосфатов (3 Ci в год), из отходов при добыче урана (2 Ci в год) [8].

Осознавая опасность воздействия радона на организм человека, ученые разных стран мира проводят исследования в рамках государственных противорадоновых программ, в основном, в таких направлениях: выявление источников радона, изучение факторов, механизмов и закономерностей поступления радона в здания, радиационно-гигиеническая оценка воздействия радона на организм человека, разработка научно-обоснованных нормативных документов и противорадоновых защитных мероприятий [9]. Учитывая неблагоприятные условия окружающей среды, для проживания населения Украины необходимо проводить исследования факторов среды, которые вредно влияют на здоровье населения в рамках социально-гигиенического мониторинга.

Исследования, которые проводятся в Украине, направлены на определение доз облучения населения природными источниками ионизирующего излучения, на мониторинг поступления радона в здания, на разработку норм радиационной безопасности населения.

На основании данных мониторинга была проведена суммарная оценка среднегодовых эффективных доз облучения населения Украины за счет источников природного происхождения [5, 6, 10, 11]. Суммарно от всех источников облучения до аварии на ЧАЭС и после нее население Украины получает в среднем около 6–7 мЗв в год. В течение среднего периода жизни (60–70 лет) человека суммарная доза может быть оценена 300–500 мЗв. Для половины жителей накопленные за жизнь дозы облучения составляют порядка 350–400 мЗв [12, 13].

Действующие в Украине нормативы природных источников облучения показывают, что проблема воздействия радона на население существует [14]. Основную часть суммарной дозы облучения (>70 %) население получает за счет радона и торона. Неуправляемая компонента суммарной дозы облучения населения Украины составляет около 20 %, а управляемая – 80 %, что свидетельствует о возможности разработки системы экономически и научно-обоснованных эффективных мер радиационной защиты населения от ионизирующего излучения природного происхождения.

На территории Украины (Днепропетровская, Кировоградская, Житомирская, Винницкая и Черкасская области) известны аномалии, в десятки и сотни раз превышающие нормативы для радона в зданиях, строительных материалах и воде. Мониторинг радона в различных областях Украины выявил, что эти факты не являются единственными. Результаты обследования более 24 тыс. зданий различных типов позволили установить, что в 19 % зданий концентрации радона превышают 100 Бк/м³, а в 0,3 % зданий были зафиксированы концентрации, превышающие 200 Бк/м³. В отдельных случаях были зафиксированы концентрации, превышающие 500 Бк/м³ [5, 6, 11]. Причины подобных радоновых аномалий, основные факторы и закономерности процесса поступления радона в здания широко исследовались зарубежными учеными [15–20]. Анализ результатов этих исследований позволил сделать вывод о том, что вероятность повышения содержания радона в грунте и воздухе зданий в различных странах определяется в основном геологическими особенностями их территорий, архитектурно-планировочными решениями конкретных типов зданий и климатическими условиями. Отечественные ученые [5, 13, 10, 11] в Украине изучали геологические особенности территории, основные источники и факторы, влияющие на поступление радона в здания, что было положено в основу научного обоснования системы радиационной защиты населения Украины и разработки нормативного документа НРБУ-97 [5, 6, 14]. К геологическим особенностям территории Украины относятся: состав пород, содержание в них урана, тория, радия, тектонические аномалии, которые обуславливают наличие потенциальных источников радона, определяют пути его миграции и концентрирования в грунте, строительных материалах и подземных водах. Треть территории Украины находится в пределах Украинского щита, которому присущи повышенные содержания урана, тория и радия. Поэтому высокие потенциальные уровни радона установлены в пределах Украинского щита [10, 11].

Высокие концентрации урана свойственны магматическим породам, прежде всего гранитам. Они могут быть приурочены к темноцветным сланцам, осадочным породам, содержащим фосфаты, а также метаморфическим породам, образовавшимся из этих отложений. Основными источниками радона являются горные и осадочные породы, содержащие уран, торий и радий: углистые сланцы с содержанием урана более 0,002 %; углеродисто-глинистые дикиномовые сланцы глауконитовых и оболовых песков и песчаников с содержанием урана более 0,005 %; углеродсодержащие гравелиты песчаников и алевролитов с содержанием урана более 0,005 %; граниты верхнего протерозоя с содержанием урана более 0,0035 %; калиевые, микроклиновые и плагиомикроклиновые граниты протерозойско-архейского возраста с содержанием урана более 0,005 %; гранитизированные архейские гнейсы с содержанием урана более 0,0035 %. Грунты и обломочные отложения, образовавшиеся в результате переработки указанных пород, обогащены ураном. В качестве основных источников радона в атмосфере Земли определены также отходы при добыче урана (2 Сi в год).

На Украинском щите расположены Житомирская, Винницкая, Кировоградская и Запорожская области, восточные части Ровенской и Хмельницкой областей, северо-восточные части Одесской, Киевской (правобережье) и Черкасской областей, северные части Николаевской, Днепропетровской (правобережье) и Черкасской областей. Поэтому в зданиях этих областей часто наблюдается превышение нормативов по радону. Оценка доз облучения населения Украины свидетельствует о значительных вариациях радона в помещениях зданий [13, 11]. Максимальные значения активности радона отмечались в зданиях Херсонской, Одесской, Кировоградской и Черкасской областей; минимальные – в Волынской, Сумской и Киевской области (Полесский, Ирпенский и Киево-Святошинский районы).

Результаты мониторинга радона в помещениях зданий показали, что даже на территории одной области наблюдались различия в концентрациях радона. Определение средневзвешенных доз облучения населения за счет радона в помещениях зданий городов показало, что повышенные дозы облучения наблюдались в городах: Херсон, Черкассы, Винница, Одесса, Донецк, Киев, Тернополь, Желтые Воды, Вольногорск и Хмельник [13, 21, 10, 11].

Высокие концентрации радона в зданиях связаны с расположением зданий над шахтами (г. Кривой Рог Днепропетровской области). Старые выработки, которые накапливают большие концентрации радона, расположены под зданиями. Добыча железной руды ведется в основном открытым методом (взрывами), который приводит к значительной вибрации и создает трещины как подлежащего грунта, так и фундамента зданий. Эти условия способствуют интенсивному поступлению радона в подвалы, дальше – по вентиляционной системе в помещения зданий. Среднегеометрическое значение ЭРОА радона на первых этажах зданий составляет 143 Бк/м^3 (максимальные значения – $820\text{--}980 \text{ Бк/м}^3$). В этих зданиях на 4 и 5 этажах были зафиксированы концентрации радона – $200\text{--}300 \text{ Бк/м}^3$ (средние ЭРОА радона для квартир, расположенных выше первого этажа, – $15\text{--}20 \text{ Бк/м}^3$).

В пгт Маньковка Черкасской области в квартирах, расположенных выше первого этажа, были зафиксированы повышенные концентрации радона [6]. Изучение причин такой аномалии позволило установить, что водоснабжение зданий ведется из артезианских скважин, вода которых содержит радон. Среднее содержание радона в воде составляло 1000 Бк/кг (максимальные значения – 3000 Бк/кг). Суточные уровни колебаний объемной активности радона в воздухе квартир многоэтажных зданий составляли: $74\text{--}200 \text{ Бк/м}^3$ (первый этаж) и $22\text{--}168 \text{ Бк/м}^3$ (второй этаж).

Измерения радона в грунте и зданиях г. Киева показали значительные различия. Территория города в геоструктурном плане находится в зоне сочленения Украинского щита и Днепровско-Донецкой впадины. Концентрации радона в зданиях левобережной и правобережной частей города отличаются в 3–5 раз [10, 11]. Причиной этого явления может быть то, что около 70 % площади подстилающего фундамента города состоит из гранитоидов и восемь из десяти районов расположены в пределах гранитного массива, край которого проходит по правому берегу р. Днепр. Перекрытые маломощным чехлом рыхлых отложений гранитные породы характеризуются повышенными концентрациями радиоактивных элементов: урана, тория и радия.

С целью выявления радонопроводящих зон в грунте проводилась эманационная съемка. На 30 рекогносцировочных профилях длиной около 400 км было выполнено около 2500 измерений. Анализ результатов измерений показал, что фоновые концентрации радона в грунте левобережной части города составляли в среднем 12 кБк/м^3 , правобережной – 20 кБк/м^3 . На территории города было выделено три уровня радоновых полей: более $16,5 \text{ кБк/м}^3$ (на который приходится 30,9 % общей длины профилей); $16,5\text{--}30 \text{ кБк/м}^3$ (15,5 % длины профилей); 30 кБк/м^3 и выше (2,0 % длины профилей). Аномалии подпочвенного радона и торона в городе практически приурочены к районам развития разломных зон, перекрытых у дневной поверхности четвертичными мореными суглинками и глинами небольшой мощности. В пределах радоноопасных зон с объемной

активностью радона в грунте свыше 20 кБк/м^3 концентрация радона в помещениях превышает 100 Бк/м^3 , что обуславливает дозу облучения жильцов свыше 5 мЗв в год и такие зоны относятся к территориям радиоэкологической опасности. На территории города было установлено, что средние уровни облучения населения (до $2,6 \text{ мЗв/год}$) характерны для 70 % от общего числа помещений в обследованных зданиях. Повышенный уровень облучения радона (до $5,5 \text{ мЗв/год}$) был зафиксирован в 10 % помещений от общего обследованного фонда, высокий уровень (свыше $5,5 \text{ мЗв/год}$) установлен в 2 % помещений в зданиях города.

Ожидаемые в связи с разнообразным рельефом различных районов города вариации объемной активности радона в грунте были подтверждены после обследования территорий возле станций Киевского метрополитена. Наблюдалось 3–7-кратное изменение объемной активности радона в грунте. Повышенные величины объемной активности радона наблюдались в районах станций метрополитена: «Дорогожичи», «Арсенальная», «Лыбидская», «Святошин» и «Республиканский стадион» [10, 11].

Исследования артезианских скважин, источников и колодцев в г. Киеве показали, что удельная активность радона в воде составила 1–34 Бк/кг [11]; артезианских скважин Конча-Заспы – 1297–1657 Бк/кг [23]. Удельная активность радона источников Киевской области составила: пригород г. Киева (Гостомельское шоссе и ул. Городская) – 207 Бк/кг [22] и г. Мироновка – 500–2000 Бк/кг [23].

Индустриальные центральные и восточные регионы страны дополнительно несут значительную техногенную нагрузку: энергетика (ядерная и тепловая), металлургия, шахты, заводы, транспорт, хвостохранилища (рис. 1). Загрязнение промышленной пылью в Европе имеет два максимума: немецко-польская граница и восток Украины.

На территории Донецкой области сосредоточена пятая часть промышленного потенциала страны. Высокая концентрация промышленной и сельскохозяйственной промышленности, транспортной инфраструктуры, большая плотность населения создали тут огромную нагрузку на биосферу – наивысшую в Украине и Европе. Донецкая область является регионом с критическим состоянием окружающей природной среды. Экологические проблемы накопились в Донеччине на протяжении длительного времени, а негативные изменения, которые произошли в окружающей среде, приближаются к необратимым. Здесь сосредоточено 55,5 % промышленных токсичных отходов страны. Концентрации радона во многих зданиях в отдельных районах области превышают нормативные величины.

Приднепровский регион по уровню загрязнения окружающей природной среды занимает одно из главных мест в стране. Свыше 80 % населения проживает в городах с выраженной техногенной нагрузкой. Удельный вес экологической нагрузки Среднего Приднепровья для страны составляет около 40 %. Как следствие, наблюдаются высокие уровни загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов, почвы в крупных промышленных центрах: Днепропетровск, Кривой Рог, Желтые Воды, Днепродзержинск, Павлоград и т.д. В области насчитывается более 600 предприятий – источников загрязнения атмосферного воздуха. Здесь расположены крупные тепловые электростанции: Приднепровская ГРЭС и Криворожская ГРЭС-2. В школах г. Днепродзержинска уровни радона и торона превышают нормативные величины в несколько раз. Радиоэкологическая обстановка в г. Желтые Воды определяется наличием вблизи города Желтореченского месторождения урана, переработкой на гидрометаллургическом заводе урановых руд, накоплением радиоактивных отходов в хвостохранилищах [10, 11]. Мощность экспозиционной дозы в городе составляет $0,88 \text{ мЗв}$, но имеются участки, где этот показатель значительно выше. В городе в значительной части зданий концентрация радона превышает допустимый уровень. Установлено, что норматив ЭРОА радона 50 Бк/м^3 в зданиях г. Желтые Воды – 27 %; норматив 100 Бк/м^3 ЭРОА радона – 34 %. Доза облучения радоном населения города составляет $4,5 \text{ мЗв/год}$.



Рис. 1. Экологическая карта Украины. Генеральная схема планировки территории Украины

На территории Кировоградской области есть высокие концентрации радона, особенно в центральной части, которая расположена на массиве горных пород гранитоидного состава с повышенным содержанием радиоактивных элементов. Эту проблему осложняет использование в строительных целях местного минерального сырья и промышленных отходов с большим содержанием естественных радионуклидов. На многих участках города, включая жилые массивы, отмечается повышенный гамма-фон и высокие концентрации радона в зданиях ($20000\text{--}50000\text{ Бк/м}^3$). Объемная активность радона в грунте города достигает 100000 Бк/м^3 . На территории Петровского района в балке «Щербаковская» расположено хвостохранилище гидрометаллургического завода.

Исследования, проведенные в различных климатических зонах на территории Украины, свидетельствуют о существенном влиянии климатического фактора и метеорологических условий на колебания среднемесячной ЭРОА радона [9, 12, 21] и, следовательно, на величины суммарных среднегодовых доз облучения населения. Максимальные активности для большинства областей фиксируются в отопительный сезон, минимальные – в летнее время. С целью выяснения вариабельности ЭРОА радона в зданиях были проведены мониторинговые исследования. Установленные в процессе длительных исследований в одном из сел Черкасской области отношения среднемесячных ЭРОА радона к среднегодовым ЭРОА радона позволили определить коэффициенты, отражающие колебания поступления радона в здания. Наиболее близкими к среднегодовой ЭРОА радона оказались среднемесячные величины ЭРОА радона, полученные в сентябре и в апреле. Коэффициент соотношения «зима – лето» составил 3,4. Аналогичные исследования были проведенные в южных и центральных областях Украины. Показано, что соотношение коэффициентов «зима-лето» в Одесской области составило 10,6, в то время как для центральных областей изменяется от 1,6 (Народичский район Житомирской области) до 5,25 (Житомирский район) [6]. Определение зависимости концентрации радона в помещениях зданий от температуры, давления и влажности

показало, что зависимость концентрации радона от давления носит обратный характер. С ростом температуры увеличивается концентрация радона. Величина коэффициента соотношения концентраций радона, полученных в зимний и летний периоды для разных областей Украины, изменяется от 5 до 11, а вариабельность концентраций радона в воздухе зданий на уровне отдельных населенных пунктов может составлять до двух порядков. Так, например, по результатам обследования более чем 100 домов села Самчинцы Немировского района Винницкой области установлено, что концентрация радона в домах может изменяться от 25 до 469 Бк/м³ [6].

Для более точного определения среднегодовой эффективной дозы радона, воздействующей на население Украины, необходимо проведение длительных комплексных исследований по определению концентраций радона в конкретных помещениях зданий в различных климатических условиях и диапазона суточных колебаний этой величины для последующего учета закономерностей изменения суточных и сезонных колебаний этой величины.

Санитарно-гигиенические, эпидемиологические и радиологические аспекты проблемы накопления радона в помещениях жилых и производственных зданий, в рудниках и шахтах, воздействия радона на организм человека как фактора увеличения риска заболевания раком легких широко представлены в литературе, отчетах, публикациях МКРЗ, в нормативных документах [1, 5, 8, 12, 24, 25].

Согласно данным МОЗ Украины [26] в 80-х годах показатель заболеваемости населения злокачественными заболеваниями возрос в 3 раза по сравнению с 50-ми годами. Смертность населения от заболеваний органов дыхания (2003 г.) составляла 63,3 случаев, а от новообразований – 194,2 случаев на 100 тыс. населения. Это достаточно высокие величины для Украины по сравнению с радонобезопасной страной Нидерланды (24,2 случаев на 100 тыс. населения). Повышенные коэффициенты детской смертности ($K_{дс}$) наблюдались в 2003 г. в тех областях Украины, где было выявлено превышение нормативов по радону. В Херсонской области $K_{дс} = 10,7$, в Кировоградской – 10,7, Тернопольской – 9,1, Одесской – 10,6, Черкасской – 10,7, Кировоградской – 10,7. Для сравнения в Киевской обл. $K_{дс}$ равнялся 7,8.

В настоящее время не вызывает сомнений негативное воздействие радона на дыхательную систему человека и повышение риска заболевания раком легких. В мире происходит развитие научно-практического направления в области экологии и радиационной гигиены, в задачи которого входят экспериментальные и теоретические исследования по выявлению источников радона, механизмов его поступления и накопления в помещениях зданий с последующей оценкой риска возникновения онкозаболеваний населения, по разработке контрмер. В Публикациях МКРЗ «Защита от ²²²Rn в жилых зданиях и на рабочих местах» (№ 65, 1995 г.) [24] и «Защита населения в условиях пролонгированного облучения» (№ 82, 2000 г.) [25] описан ряд контрмер, приводящих к значительному уменьшению доз радона.

Анализ данных позволил провести оценку средних годовых эффективных доз воздействия радона на население. Оказалось, что при суммарной дозе облучения 6,15 мЗв в год в воздухе помещений доза радона составляет около 70 %. Обследование зданий на территории областей Украины показало, что около 20 % жилого фонда превышает норматив ЭРОА радона. Средневзвешенные по типам зданий и структуре жилого фонда эффективные дозы облучения населения были повышенными в Херсонской, Кировоградской, Тернопольской, Луганской, Одесской и ряде других областей. Значительная вариабельность концентраций радона наблюдалась в пределах одной области, города, поселка. Выявлено влияние различных факторов (геологические, климатические, сезонные, суточные) на концентрацию радона в воздухе помещений, что позволяет более точно определять суммарные годовые эффективные дозы облучения населения, риски возникновения онкологических заболеваний.

На основании результатов массовых измерений получена информация, позволяющая оценивать уровни облучения населения радоном и прогнозировать вероятность превышения в зданиях действующих нормативов. Однако, несмотря на успехи зарубежной и отечественной науки в области радиозащиты и санитарной гигиены,

проблема радона как в Украине, так и в других странах является еще недостаточно изученной, поскольку очень многие аспекты воздействия радона на организм в целом, органы, ткани и клетки еще остаются практически не исследованными. Поэтому становится все более необходимым проведение комплексных исследований по изучению воздействия радона на механизмы наследственности и изменчивости микроорганизмов, растений, животных и человека, а также изучению путей метаболизма радона и его продуктов распада, поступающих по отдельным звеньям пищевой цепочки в организм, поскольку без знания этих аспектов невозможно представить себе масштаб проблемы радона для населения Земли и в том числе для Украины. Все это указывает на необходимость проведения радиоэкологического мониторинга по всем областям Украины. Результаты мониторинга позволят выявить природные аномалии, превышения нормативов, влияние различных факторов на суммарные коллективные дозы облучения населения областей и на основе полученных данных провести более точную оценку радиационных рисков.

Выводы

Исследование радоновой обстановки и ее воздействие на население Украины представляет чрезвычайную важность. Актуальность этой работы для областей очевидна, что объясняется дополнительным воздействием радиационно-опасных факторов на организм человека.

Загрязнены радоном территории Украины: Днепропетровская, Кировоградская, Донецкая, Херсонская и Запорожская области. Определены факторы, влияющие на накопление радона в зданиях: геологическое строение территории, строительные материалы, вода и особенности конструкции зданий.

Получена информация, позволяющая оценивать уровни облучения населения радоном и прогнозировать вероятность превышения в зданиях действующих нормативов. Необходимо проводить паспортизацию зданий, что позволит разрабатывать и осуществлять меры по обеспечению радонобезопасности населения.

В качестве эффективного мероприятия радиационной защиты населения необходимо проводить информационно-просветительную работу среди населения для разъяснения природы радоновыделения, его влияния на организм человека и необходимость профилактических действий.

1. Ionising Radiation Sources and Biological Effects. UNSCEAR 1982. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation Report to the General Assembly, United Nation. – New York, 1982.

2. Lung Cancer Risk from Indoor Exposures to Radon Daughters. ICRP Publication 50. // Annals of the ICRP. V. 17(1).

3. Радиация. Дозы, эффекты, риск. – М.: Мир, 1990. – 79 с.

4. Крисюк Э.М. Радиационный фон помещений. М.: Энергоатомиздат, 1989. 186 с.

5. Лось И.П. Гигиеническая оценка дозообразующих источников ионизирующих излучений природного и техногенного происхождения и доз облучения населения Украины: дисс. на соиск. уч. степ д-ра биол. наук.: 14.00.07. – К., 1993. – 402 с.

6. Павленко Т.А. Научное обоснование системы радиационной защиты населения Украины от радона-222. // Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук: 05.26.05. – Киев, 1996. – 119 с.

7. Жуковский М.В., Ярмошенко И.В. Радон. Измерение, дозы, оценка риска. – Екатеринбург: УрО РАН, 1997. – 215 с.

8. Levesque B., Gauvin D., McGregor R.G. Radon in residences: influences of geological and housing characteristics. // Health Physics. – 1997. – V. 72. – P. 907–914.

9. Лось І.П., Павленко Т.О. Огляд протирадонових програм різних країн / Гігієна населених міст. – 2000. – Вип. 36, ч. 1. – С. 173–180.

10. Komov I.L., Frolov O.S., Didenko P.I. et al. Methods and Facilities for the Assessment of the Radon-Hazard Potential. – Kyiv: Logos. – 2004. – 416 p.

11. Комов И.Л., Фролов О.С., Диденко П.И. и др. Основные проблемы радоновой безопасности. – Киев: Логос. – 2005. – 351 с.

12. Лось І.П., Павленко Т.О., Бузинний М.Г., Горчицький А.В., Зеленський А.В. Природне іонізуюче опромінювання // Національна комісія з радіаційного захисту населення України. – 1994. – № 1. – С. 26–29.
13. Pavlenko T., Los I. Exposure doses due to indoor radon-222 in Ukraine and basic directions for the desize // Radiation measurement. – 1997. – V. 28, N 1–6. – P. 733–738.
14. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – Київ, – 1998. – 125 с.
15. Tanner A.B. Radon migration in the ground: a supplementary // Proceedings natural radiation environment. – 1980. – V. 111. (Technical Inf. Centr, U.S.Department of Energy, Washington D.C. CONF – 780422).
16. Ярмошенко И.В., Жуковский М.В., Екидин А.А. Моделирование поступления радона в жилища // АНРИ, 1999. – № 4. – С. 17–26.
17. Павленко Т.А., Вовнянко Е.К., Комов И.Л., Диденко П.И. Экологические аспекты воздействия ионизирующего излучения радона на население Украины // Агроекологічний журнал. – 2005. – № 2. – С. 64–73.
18. Porstendorfer J. Properties and behaviour of radon and thoron and their products in the air. // J. Aerosol Sci. – 1994. – V. 25. – N 2. – P. 219–263.
19. Gogolak C., Beck H.L. Diurnal variation of radon daughter concentrations in the lover atmosphaera in natural radiation environment. – 1980. – V. 111 (1). – P. 230–259 (Technical Inf. Centr, U.S.Department of Energy, Washington D.C. CONF – 780422).
20. Bittenveck G. Natürlich radionuklide auf Trassercur Messung des Turbulenten austausches un der Trocken deposition in der Unlaud. Dissertation Georg – August Universitet – Gettingen, 1991.
21. Pavlenko T.A., Los I.P., Aksenov N.V. Indoor ²²²Rn levels and irradiation doses in the territory of the Ukraine // Radiation Measurements. – 1996. – V. 26, N 4. – P. 585–592.
22. Гудзенко В.В., Голюкова Т.О., Гудзенко Г.І., Шевченко О.Л. Радон у підземних водах Києва // Вісник Київського національного університету ім. Т. Шевченка. Серія «Геологія». – 2004. – № 29–30. – С. 56–64.
23. Діденко П.І. Радон підземних вод України // Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист. – К.–Кременчук, 2011. – Вип. 3. – С. 123–128.
24. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах // Публикация 65 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат. – 1995 г. – 68 с.
25. Защита населения в условиях пролонгированного облучения // Публикация 82 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат. – 2000. – 60 с.
26. Україна в цифрах у 2003 р. // Держкомстат України: Короткий довідник. – К.: – Консультант. – 2004. – 270 с.

П.І. Діденко

ВПЛИВ РАДОНУ НА НАСЕЛЕННЯ УКРАЇНИ

Дослідження радонової обстановки і її дія на населення України представляє особливу важливість. Актуальність цієї роботи для областей очевидна, що пояснюється дією радіаційно-небезпечних факторів на організм людини. Визначено фактори, які впливають на накопичення радону в будівлях: геологічна будова території, будівельні матеріали, вода і особливості конструкції будівель. Отримана інформація, яка дозволяє оцінювати рівні опромінювання населення радіоактивними газами і прогнозувати імовірність перевищення в будівлях діючих нормативів.

P.I. Didenko

EFFECT OF RADON ON THE POPULATION OF UKRAINE

Investigation of radon situation and its effect on the population of Ukraine is very important. This is because of the influence of radiation hazards on human health. Factors affecting on accumulation of radon in buildings, such as geological structure of the territory, building materials, water features and design of buildings, are defined. This information, which allows to estimate population exposure radioactive gases and predict the probability of exceeding existing standards in buildings is received.