

УДК 546.296:546.212

ДИДЕНКО П.И.

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

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ РАДОНА НА НАСЕЛЕНИЕ

Рассмотрены различные аспекты радоновой проблемы. Основную часть дозы облучения населения Украины создают природные источники излучения; из них 70 % составляет радон. Наблюдаются повышенные дозы облучения населения в Днепропетровской, Кировоградской, Житомирской, Черкасской, Запорожской, Херсонской, Тернопольской, Николаевской, Луганской и Одесской областях.

Введение

Среди приоритетных экологических проблем в развитых странах мира радоновой проблеме отводится важное место. Радон обуславливает эффективную дозу облучения 1 мЗв в год, т.е. половину дозы облучения населения от всех природных источников [1]. По данным Научного комитета по действию атомной радиации при Организации Объединенных наций (НКДАР ООН) не менее 10 % регистрируемых ежегодно в мире заболеваний раком легких вызваны радоновой радиацией. Этот же радиоактивный газ существенно повышает риск нераковых заболеваний верхних дыхательных путей и сердечно-сосудистых заболеваний. Именно поэтому радоновая проблема занимает важное место в радиоэкологических программах США, стран Западной Европы и России. Международным агентством по исследованию рака радон отнесен к канцерогенам I класса [2]. В США радон в жилищах считают основной причиной возникновения рака легких у некурящих. В зависимости от дозы, создаваемой радоном, облучение населения Западной Европы (среднее значение эффективной дозы) за 70 лет жизни составляет 0,2–1,5 Зв, причем облучение жителей наиболее радоноопасных территорий превышает “нормальный” уровень облучения более чем на 1 Зв. При этом облучение небольших групп людей может превышать среднее значение эффективной дозы в десятки раз [3].

Радоновая радиация

К зонам повышенного риска относятся регионы, где на поверхность выходят гранит, гнейс, фосфорит, содержание урана и тория в которых до 100 г/т и более. Эманация радона существенно выше там, где порода дезинтегрирована (разломы, зоны выветривания). Из всех экологических факторов наиболее заметное влияние на онкозаболевания оказывают факторы, связанные с пространственным размещением населения в пределах развития зон тектонических нарушений. Повышенное выделение радона из почвы наблюдается также в сейсмически опасных зонах.

Наибольшую долю в облучение населения вносит радон в воздухе помещений. Концентрация радона в помещениях зданий зависит от содержания естественных радионуклидов в почве и породах, строительных материалах, их эманационной способности и ряда других факторов.

Концентрации и потоки радона неравномерны и зависят как от геолого-геофизических характеристик природной среды (содержания урана и тория в грунте, пород и грунтовых вод, климатических условий), так и от конструкции зданий, строительных материалов и вентиляции. Учет этих факторов позволяет существенно снизить облучение людей в жилых и производственных помещениях.

Внутри зданий радон проникает главным образом из почвы (через щели в фундаменте), из строительных материалов, газо- и нефтепродуктов. Из строительных

материалов наименьшей удельной активностью обладает древесина (ниже 1 Бк/кг). Активность бетона в зависимости от исходных компонентов (песка и цемента), как правило, в 30–50 раз больше, чем у древесины. Велика активность гранитов, туфа, пемзы (200–400 Бк/кг). В Швеции, США, Канаде и Японии для производства бетона использовали глиноземы, кальций-силикатный шлак и фосфогипс с радиоактивностью до 2000 Бк/кг. Высокую удельную активность имеет алюмосиликатный кирпич, доменный шлак и зольная пыль [4]. При оценке радиационного качества строительных материалов используется разделение их на классы с учетом эффективной удельной активности радионуклидов.

Концентрация радона в помещениях и, соответственно, доза, обусловленная радоном, изменяется в широких пределах для различных регионов. По оценкам Международной комиссии по защите от радиоактивного излучения (МКРЗ) индивидуальная суммарная доза облучения людей изменяется от 0,5 до 100 от модального значения дозы; при этом она может превышать не только предел дозы для части населения от искусственных источников ионизирующего излучения (1 мЗв/год), но и может превышать предел дозы для людей, работающих в отраслях, добывающих, перерабатывающих и использующих природные радионуклиды (20 мЗв/год).

Предприятия горнодобывающих отраслей существенно влияют на радиационную обстановку в районе их размещения из-за выбросов и сбросов, содержащих значительное количество естественных радионуклидов. Более высокие дозы нагрузки населения характерны для территорий с повышенной природной радиоактивностью и районов размещения предприятий, горнодобывающих и перерабатывающих минеральное сырье, а также отраслей промышленности, тепловой энергетики и металлургии. Содержание радона в воздухе жилых и общественных зданий этих районов в десятки и сотни раз выше действующих гигиенических нормативов. Источники радиационной опасности для населения представлены в табл. 1.

Таблица 1. Источники радиационной опасности для населения

Радиационно-опасные объекты	Неурановые рудники	Урановые рудники
Отвалы и хвостохранилища	Уран и торий, использование в строительстве, радиоактивное загрязнение воды	Пыль, радиоактивное загрязнение воды
Радоноопасные тектонические зоны	Радон в грунтового воздухе с концентрацией более 40 Бк/л	
Переработка руды	Уран и торий с концентрацией более 80 и 250 г/т соответственно	Пыль, радиоактивное загрязнение воды
Вентиляция горных выработок	–	Пыль
Откатка горной массы, погрузочные работы	Уран и торий в пыли	Пыль
Шахтные воды	Уран в сбросных водах с концентрацией более $2 \cdot 10^5$ г/л	
Сбросы обогатительного процесса	Уран в сбросных водах с концентрацией более $2 \cdot 10^5$ г/л	

Тяжелые последствия Чернобыльской катастрофы испытывают Украина, Россия и Белоруссия. Сложность ситуации в том, что не существует надежных методов очистки

окружающей среды от радиоактивного загрязнения и эта территория выведена из хозяйственного использования.

В США активность радона в жилых зданиях достигает 100 тыс. Бк/м³. Среднее значение активности радона в зданиях составляет 55 Бк/м³. В воздухе 5 % зданий содержится более 150 Бк/м³ радона, а в 0,1 % зданий его активность превышает 800 Бк/м³. В 3 % из 130 обследованных школьных зданий уровень радона был выше 700 Бк/м³. Концентрации радона до нескольких тысяч Бк/м³, соответствующие эффективным дозам до 100 мЗв/год и более, обнаружены в Финляндии и Швеции [5]. В Великобритании выявлено 20 тыс. зданий, где эффективная доза за счет радона выше 20 мЗв/год. В Германии средний уровень активности радона в воздухе жилых зданий равен 40 Бк/м³, в 1 % обследованных зданий – выше 250 Бк/м³, в 0,1 % – выше 600 Бк/м³. В зданиях Швеции средняя активность радона – 50 Бк/м³, в 10 % зданий она превышает 100 Бк/м³, а в 1 % – 400 Бк/м³. Дозы облучения от радона населения России (90 %) не превышают 2 мЗв. 7,4 % населения страны живут в условиях повышенного – 2–5 мЗв; 2,5 % – высокого облучения от радона – свыше 5 мЗв. Один миллион жителей облучается от радона дозой более 10 мЗв. Около 200 тысяч жителей подвергаются облучению с уровнем, превышающим 20 мЗв.

Действие радона на организм человека

Радон – химически инертен, но ионизированные продукты его распада (полоний, висмут и свинец) сорбируются пылью и влагой, образуя альфа-радиоактивные аэрозольные частицы. Наиболее опасны аэрозоли субмикронных размеров, которые могут проникать в верхние дыхательные пути и оседать в них, создавая локальные источники альфа-облучения клеток. В определенной степени такие аэрозоли эквивалентны “горячим частицам” радиоактивной топливной пыли чернобыльских осадков.

Альфа-излучение ДПР радона, осевших в бронхах, воздействует на эпителиальные клетки. Средняя годовая эквивалентная доза на бронхиальный эпителий за счет радона 15 мЗв [3]. Вклад других компонентов излучения незначителен. Радиационное повреждение молекул ДНК (генетического аппарата клетки) может вызвать нарушение функций генов, осуществляющих контроль размножения и дифференцировки – опухолевую трансформацию с последующим ростом опухоли.

Максимальные дозы от ДПР радона приходятся на эпителий сегментарных бронхов, что соответствует преимущественной локализации развивающихся опухолей. Среди разновидностей рака легкого, вызываемых радоновым облучением, чаще других диагностируются аденокарцинома, чешуевидная карцинома и саркома лимфатических узлов. Уязвимы клетки базального эпителия бронхов. Имеются данные о том, что радоновое облучение увеличивает риск рака желудка, мочевого пузыря, прямой кишки, кожи, а также данные о негативном влиянии этого облучения на костный мозг, сердечно-сосудистую систему, печень, щитовидную железу и гонады. Не исключается возможность отдаленных генетических последствий радонового облучения. Однако, эффекты радона, по крайней мере, на порядок менее вероятны, чем рак легкого [6]. Наиболее обычны мелкоклеточные и сквамозные карциномы. Имеются данные о синергизме канцерогенного действия радона и вдыхаемых химических канцерогенов (курения).

Существует точка зрения, что малые дозы радиации, в том числе радона, стимулируют защитные реакции клетки и организма и могут быть полезны – гормезисный эффект. В медицинской литературе обсуждаются целебные свойства радоновых ванн. Они применяются для лечения артритов, артрозов, гипертонии, возрастных нарушений функций мозга и ряда других заболеваний. Длительность курса лечения, как правило, невелика, и поэтому отрицательные эффекты радонового облучения (на легкие, сердечно-сосудистую систему) не успевают сказаться. Поскольку радоновая радиация создает в той или иной степени “сверхнормативные” концентрации свободных радикалов в клетках и тканях, то в

малых дозах радон действует как мягкий стрессовый фактор, повышающий надежность систем репарации ДНК и антиокислительной защиты клеток.

МКРЗ и НКДАР ООН пришли к заключению, что оптимистическая позиция о положительном влиянии малых доз радоновой радиации недостаточно обоснована. Поддерживающие ее наблюдения недостаточно воспроизводимы, а положительные клинические эффекты могут быть объяснены сопутствующими (например, бальнеологическими) факторами и не исключают канцерогенных последствий. Поэтому действующие нормативные документы основаны на беспороговой гипотезе. Облучение других органов и тканей, кроме легких, незначительно [6].

Ущерб от экспозиции радоном определяется риском рака легких. Наиболее тяжким следствием облучения радоном является увеличение заболеваемости раком легких. Доза 1 мЗв увеличивает риск онкологического заболевания со смертельным исходом на $5 \cdot 10^5$. Доза 2,2 мЗв/год увеличивает риск на $1,1 \cdot 10^4$ чел/год или в $8 \cdot 10^3$ за 70 лет жизни.

В настоящее время принято считать, что на радон приходится 80 % дозы облучения, получаемой населением планеты за год от всех природных источников радиации (около 50 млн чел./бэр в год). Радон несет ответственность за 10 % регистрируемых ежегодно в мире заболеваний раком легкого. При средней активности радона в американских зданиях 55 Бк/м³ и суммарной экспозиции 0,2 МРУ радоновое облучение вызывает 20 тыс. дополнительных случаев смерти от рака легких ежегодно, превышая допустимый нормативами рост смертности в 300 раз. Существенно повышается по той же причине риск нераковых заболеваний дыхательных путей, например, эмфиземы легких и сердечно-сосудистых заболеваний.

Один из самых высоких уровней заболеваемости раком легких в мире наблюдается в Финляндии. В стране с населением около 5 млн человек радон ежегодно вызывает 200–600 случаев смерти от рака легких. 7 % случаев фатального рака легких в западной части Германии обусловлено радоновой радиацией (1600 мужчин и 400 женщин ежегодно) [7].

Реакция организма человека не зависит от того, происходит ли облучение от естественных или техногенных источников, так как действие ионизирующего излучения не может зависеть от происхождения источника. Поэтому контроль радона в воздухе помещений может иметь не только самостоятельное значение, но и входить в число реабилитационных мероприятий для территорий и контингентов, подвергающихся техногенному воздействию.

Согласно данным МОЗ Украины [8] в 80-х годах показатель заболеваемости населения злокачественными образованиями возрос в 3 раза по сравнению с 50-ми годами. В 2003 г. смертность на 100 тыс. населения от заболеваний органов дыхания составила – 63,3, а от новообразований – 194,2 случая. Это высокие величины по сравнению с Нидерландами (24,2 случаев на 100 тыс. населения). Количество новообразований у населения различных областей Украины различается (табл. 2, 3). В 1990–2006 гг. в г. Киеве, г. Севастополе и Днепропетровской области высокую распространенность приобрели все виды новообразований; злокачественные новообразования наблюдались в г. Севастополе, Полтавской, Одесской и Кировоградской областях [9].

Отмечается повышенная заболеваемость в ряде областей Украины, где наблюдаются повышенные величины среднегодовой эффективной дозы облучения населения: Днепропетровская, Кировоградская, Житомирская, Черкасская, Запорожская, Херсонская, Тернопольская, Николаевская, Луганская и Одесская [11, 12]. В Кировоградской области есть районы с высокими концентрациями радона в помещениях зданий – 20000–50000 Бк/м³. В г. Желтые Воды Днепропетровской области объемная активность радона в атмосферном воздухе составляет $217 \div 364$ Бк/м³. В г. Желтые Воды и г. Вольногорск концентрация радона в помещениях зданий достигает 6000–10000 Бк/м³. Отдельные районы г. Желтые Воды, в которых размещены в основном дома частного сектора, в восточной, наиболее

радоноопасной части города, характеризуются повышенным уровнем заболевания населения [13]. В атмосферу г. Днепродзержинск Днепропетровской области из хвостохранилища отходов уранового производства ПО«Приднепровский химический завод» ежегодно попадает $2,13 \cdot 10^{13}$ Бк радона и 23,9 тонн радиоактивной пыли со средней удельной активностью 3,7 кБк/кг. В ряде регионов Украины обнаружены здания, где в квартирах, расположенных выше первого этажа, зафиксированы концентрации радона 200–300 Бк/м³ (например, в пгт Манькивка Черкасской области и г. Кривой Рог Днепропетровской области). Большие эффективные дозы получают некоторые жители на территориях, пострадавших от Чернобыльской аварии: Житомирская обл. – 5 мЗв/год и Киевская обл. – 4,6 мЗв/год. Для критических групп населения максимальные значения эффективных доз характерны для Житомирской (5,6 мЗв/год), Черкасской (5,5), Тернопольской (7,4), Николаевской (6,3) и Ивано-Франковской (6,2) областей. Повышенные значения дозы облучения наблюдаются в городах: Херсон (7,6 мЗв/год), Тернополь (7,4), Черкасы (7), Винница (5,4), Одесса (5,1), Донецк (4,3), Желтые Воды (4,8), Вольногорск (4,6) и Днепродзержинск (3,8 мЗв/год). Величина эффективной дозы внутреннего облучения населения, которое работает в условиях усиленного влияния естественных источников, – рабочих уранодобывающей и перерабатывающей промышленности – от радона при ингаляции его с воздухом жилищных и производственных помещений и при попадании с питьевой водой составляет 5–40 мЗв/год. Для этих специалистов основной вклад (до 70 %) в дозу от радона в воздухе помещений зданий, радиоактивности строительных материалов и питьевой воды осуществляет радон. Рабочие уранодобывающей и перерабатывающей промышленности получают двойную радиационную нагрузку от радона (на рабочих местах и дома).

Таблица 2. Количество новообразований, зарегистрированных на 100 тыс. населения Украины*(до 2001 г.) [8]

Области	Количество зарегистрированных случаев	Области	Количество зарегистрированных случаев
Автономная Республика Крым	7466	Одесская	8366
Винницкая	6018	Полтавская	6064
Волынская	2586	Ровненская	2966
Днепропетровская	11600	Сумская	4493
Донецкая	16088	Тернопольская	3266
Житомирская	4163	Харьковская	8098
Закарпатская	2784	Херсонская	4104
Запорожская	6798	Хмельницкая	4966
Ивано-Франковская	3671	Черкасская	4367
Киевская	6287	Черновицкая	2441
Кировоградская	4010	Черниговская	4073
Луганская	8232	г. Киев	8774
Львовская	7190	г. Севастополь	1654
Николаевская	4479		
Украина	155 004		

*Медстат, база данных «Здоров'я для всіх», 2002 р.

Таблиця 3. Структура основных причин смертности населения по данным Госкомстата Украины в 2007–2008 гг. [10]

Причины смерти	Количество человек		На 100 тыс. чел.	
	2008	2007	2008	2007
Новообразования	89042	90030	192,5	193,6

Нерешенные проблемы

На большей части территории Украины контроль содержания радона не осуществляется, карт радоноопасности практически нет, необходимый объем полного обследования жилищ далек до завершения. Наибольший объем исследований и радонозащитных мероприятий выполнен в областных центрах. В регионах проводились в основном выборочные исследования.

Вполне закономерен вопрос о причинах недопустимых задержек в выполнении обследований в населенных пунктах с явными превышениями уровней радиационных показателей. Как ни парадоксально, но они заключаются в непонимании проблем радоновой опасности и торможении работ со стороны административных подразделений, ответственных за состояние окружающей (производственной) среды.

Существующая проработка радонозащиты страдает отсутствием достоверных методов прогноза радоноопасности территорий и помещений зданий. Имеющиеся фактические материалы по Украинскому щиту отличаются от прогнозной радоноопасности территории Украины. Следует уточнить принципы прогнозного мелкомасштабного районирования территории Украины с учетом поисково-гигиенических критериев.

Вслед за радиационным воздействием естественных радионуклидов стоят диагностические медицинские процедуры и неопределенность оценки радиационного риска в наземных условиях. Следует учитывать влияние других факторов риска – уровень урбанизации, образ жизни и быт, а также особенности в характере питания населения страны. По данным МКРЗ (Публикация 65) курение увеличивает радиационный риск последствий воздействия радона на человека.

Важное значение приобретает организация радиационно-гигиенического мониторинга в карьерах и на стройках, при вводе в эксплуатацию зданий и сооружений различного назначения. Как показывает практика, несмотря на законодательные и нормативные акты по обеспечению защиты работников от природных радионуклидов, положение остается неблагоприятным. Главные причины этого – некомпетентность руководителей, отсутствие специалистов, методических и нормативных материалов, необходимой измерительной техники и средств. Без специальных радиационно-гигиенических исследований и мер защиты невозможно обеспечить радиационную безопасность производства и применения строительных материалов, создания комфортных условий в помещениях.

В регионах страны назрела жизненно важная необходимость в создании специальных программ (научно-технических и социальных), на основе которых будут осуществлены системы: входного, пооперационного и выходного радиационного контроля; эффективных мер по снижению уровня ионизирующего излучения на технологических этапах и переделах; надежной защиты людей от радоновой опасности путем проветривания, обогащения минералов и материалов, применения коллективных (защитные экраны, покрытия) и индивидуальных средств защиты.

Для получения радиационно-чистых и радиационно-стойких материалов следует улучшить существующие технологии по добыче и переработке минералов и широко применять принципиально новые технологии. Управление радиационным качеством строительной продукции (на основе объективной информации об измеренных параметрах

естественных радионуклидов с помощью спектрометрии, радонометрии и дозиметрии) обеспечит научно обоснованную закладку отдельных компонентов в строительные конструкции.

К большому сожалению, в отечественной литературе и СМИ, несмотря на общепризнанность доминирующей роли радона в формировании коллективной дозы населения, мало внимания уделяется выявлению закономерностей поведения радона и его ДПР, изучению их дозиметрических параметров, новым современным методам (методикам) измерений и аппаратуре, оценкам радиационных рисков и собственно защите от естественных радионуклидов.

Проблема радиационного контроля радона сложна и недостаточно понимается населением. Отсутствие знаний о радоноопасности у населения рождает, с одной стороны, необоснованную радиофобию по поводу несуществующих опасностей, а с другой – игнорирование реально существующих угроз здоровью. Ошибки при установлении причинно-следственных связей между выявленным заболеванием и действием естественных радионуклидов (нахождение связи там, где ее реально нет, а также неидентификация природного радиационного фактора как причины заболевания) наносят большой ущерб личности конкретного больного и обществу в целом.

Радиотоксикология природных нуклидов должна быть хорошо известна врачам, поскольку в круг токсических процессов, формирующихся при остром и хроническом контактах с радиоактивными веществами, могут быть вовлечены практически все органы и системы, а развивающиеся эффекты отличаются удивительным разнообразием. Происходит недооценка влияния радона на организм (помимо дыхательного тракта) в целом и кроветворную систему непосредственно. Требуется углубленный анализ заболеваемости и смертности населения от радоновой радиации. Слабо изучаются отдаленные последствия радиационного воздействия естественных радионуклидов.

До сих пор еще не проведено сравнительной оценки силы сенсibiliзирующего действия различных строительных материалов. Назрела необходимость систематизировать, классифицировать природные материалы по способности их вызывать аллергию, канцерогенез и нарушение иммунитета организма.

В реальных условиях производства приходится иметь дело не с отдельными строительными материалами и естественными радионуклидами, а с различными их комбинациями с водой. Наряду с радоном в воде часто обнаруживается более полный набор естественных радионуклидов, включая уран и радий. В публикациях [14] приводится оценка среднегодовой дозы от потребления воды, которая составляет 3,5 мЗв, что соизмеримо с влиянием продуктов распада радона в воздухе помещений. Этот важный вывод обязывает более комплексно и дифференцированно подходить к обследованию территорий и системной оценке радиационных рисков.

Возможны суммирующие и независимые эффекты биологического действия показателей радиационного и химического загрязнений, зон тектонических нарушений особенно на жителей ураноносных районов. Эти вопросы являются предметом дальнейших исследований, важных для гигиенического регламентирования производственной среды. Таким образом, возникает необходимость в проведении радиационно-экологического и гигиенического мониторинга (контроль + меры безопасности + прогноз) среды обитания и системном поиске эффективных и экономически приемлемых способов радонозащиты.

Учет дозовых нагрузок от естественных радионуклидов необходим при радиационном контроле окружающей среды, при экологической экспертизе радиоактивности строительных материалов и земельных участков, при планировании и проведении дезактивационных работ, а также для информационного наполнения системы государственного и ведомственного учета радоноопасных территорий и населенных пунктов, для создания медико-генетического мониторинга населения Украины. Такой всесторонний учет позволит определить в условиях

отсутствия должного финансирования приоритеты реабилитационных мероприятий, направленных на снижение дозовых нагрузок на население. Снижение их будет более эффективным и менее дорогостоящим при наличии справочно-методического руководства по выбору оптимальных методов (методик) оперативного контроля, анализа, оценки и прогнозирования радоноопасности территорий и населенных пунктов, а также при проведении работ по снижению радона в жилых и общественных зданиях.

Перспективы исследований

Существуют международные программы по радоновой проблеме. До недавнего времени в этих программах доминировали прикладные задачи. Основное внимание уделялось техническим аспектам мониторинга радона и его ДПР в жилых и производственных зданиях, методам снижения уровня радоновой радиации, дозиметрии радонового излучения, сбору и статистическому анализу эпидемиологических данных о онкологических заболеваниях [12, 15, 16]. В США и странах Европейского союза заметно возрос интерес к фундаментальным аспектам радоновой проблемы – от изучения факторов, определяющих пути миграции радона в почве, до расшифровки молекулярно-биологических и физико-химических механизмов канцерогенных и мутагенных эффектов этого радиоактивного газа. В последние годы международные программы по радоновой проблеме имеют отношение к геофизике и геохимии (проблемы источников и переноса радона в почве), к миграции радона в зданиях, к физико-химическим процессам в атмосфере с участием радона и продуктов его распада, к биомедицинским проблемам [12, 16, 17]: экспериментальные исследования на лабораторных животных и культурах клеток, расчеты риска заболевания раком легкого в зависимости от условий экспозиции к радону, изучение физико-химических механизмов радонового канцерогенеза, в том числе механизмов действия альфа-излучения радона на структуру ДНК и хроматина, трансформации фибробластов в клеточных культурах и роли онкогенов в этих процессах.

Выводы

Радоновая проблема настоятельно требует своего решения. Для ограничения облучения населения Украины необходимо: организовать обязательное радиационно-гигиеническое обследование земельных участков под различные виды деятельности; провести детальное обследование детских учреждений, жилых и общественных зданий в населенных пунктах и, в первую очередь, расположенных в пределах выделенных зон радоноопасности; исследовать радиационные показатели основных источников питьевого водоснабжения; разработать и провести радонозащитные мероприятия.

Решение радоновой проблемы диктует необходимость согласованных совместных действий специалистов по радиационной безопасности и выработки взаимоприемлемых подходов к обеспечению радонозащиты населения Украины. В условиях экологического кризиса, технико-экономических трудностей и повышения экологических требований на первом этапе создания систем радиационного контроля и принятия эффективных мер по защите людей наиболее целесообразным и оптимальным представляется идти по пути сотрудничества и кооперирования, применения накопленного положительного зарубежного и отечественного опыта, использования научно-технической базы и опыта региональных специализированных и сертифицированных лабораторий радиационного контроля и экологии институтов, АЭС, предприятий атомной промышленности.

Эффективный результат может быть получен за счет применения системно-комплексного подхода к планированию и реализации долгосрочных программ по ядерной радиационной безопасности. Основными компонентами плана действий являются: контроль за содержанием естественных радионуклидов в среде обитания; медико-биологический мониторинг состояния здоровья лиц, профессионально контактирующих с естественными

радионуклидами; совершенствование средств и методов радиационно-гигиенического мониторинга, профилактики и лечения последствий воздействия радоновой радиации; просвещение и распространение знаний по радоноопасности среди населения и медицинских работников.

С целью установления приоритетов реабилитационных мероприятий в Украине необходимо ввести радиационно-гигиенический паспорт региона как показатель радиационного благополучия. Первым шагом на пути решения этой проблемы является создание системы оперативного контроля, анализа, оценки и прогнозирования радиационной обстановки в регионах Украины.

Одним из важных условий успешного решения радоновой проблемы в долгосрочной перспективе является создание соответствующих мер по защите населения от естественных радионуклидов в соответствии с результатами радиационно-гигиенического мониторинга и прогнозной радоноопасности территорий. В связи с этим возрастает роль распространения корректной информации о состоянии дел в данной области через средства массовой информации.

1. НКДАР, 1982. Ионизирующее излучение: источники и биологические эффекты // Доклад НКДАР за 1982 г. ООН. – Нью-Йорк. – 1982. – Т. 1. – 881 с.
2. Публикация 50 МКРЗ. Риск заболевания раком легких от воздействия дочерних продуктов распада радона в помещениях. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 105 с.
3. НКДАР, 1988. Источники, эффекты и опасность ионизирующей радиации // Доклад НКДАР за 1988 г. – М.: Мир, 1992.
4. Кольтовер В.К. Радиологическая проблема радона // Радиационная биология. Радиоэкология. – 1994. – Т. 34, № 2. – С. 257–264.
5. МКРЗ, 1994. Защита от радона-222 в жилых зданиях и на рабочих местах // Публикация 65 МКРЗ. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 78 с.
6. Health Risks of Radon and Other Internally Deposited Alpha Emitters // BEIR IV. – Washington: Acad. Press, 1988.
7. Protection against Radon222 at Home and at Work // Annals of the ICRP, № 65. – Oxford: Pergamon, 1994.
8. Україна в цифрах у 2003 р. // Держкомстат України: Короткий довідник. К.: Консультант. – 2004. – 270 с.
9. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2006 році. – Київ. – 2006. – 549 с.
10. Здоровье и здравоохранение в Украине. Часть 1. Статистические характеристики [Электронный доступ]. – Режим доступа: <http://www.moz.gov.ua/ua/main/?docID=7813>; <http://www.moz.gov.ua/ua/main/docs/?docID=9910>
11. Pavlenko T.A., Los I.P., Aksenov N.V. Indoor 222Rn levels and irradiation doses in the territory of the Ukraine // Radiation measurement. – 1996. – Vol. 26. – N 4. – P. 585–592.
12. Комов И.Л., Фролов О.С., Диденко П.И. и др. Основные проблемы радоновой безопасности. – Киев: Логос, 2005. – 351 с.
13. Макаренко М., Диденко П., Купенко І. Оцінка радононебезпеки територій міста Жовті Води Дніпропетровської області і Києва // Геолог України. – 2010. – № 4. – С. 98–103.
14. Гудзенко В. Еволюція радіоактивності підземних вод в умовах міста // Геолог України. – 2010. – Т. 32, № 4. – С. 91–97.
15. Жуковский М.В., Кружалов А.В., Гурвич В.В., Ярмошенко И.В. Радоновая безопасность зданий. – Екатеринбург: УрО РАН, 2000. – 180 с.
16. Komov I., Frolov O., Didenko P. et al. Methods and facilities for the assessment of the radon-hazard potential. – Kyiv: Logos, 2004. – 416 p.

17. Radon: Radon Research Program, FY 1992. – Washington: US Dept. Energy – Oak Ridge Inst., 1993.

Діденко П.І.

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВПЛИВУ РАДОНУ НА НАСЕЛЕННЯ

Розглянуто різні аспекти радонової проблеми. Основну частину дози опромінення населення України становлять природні джерела випромінювання; з них 70% становить радон. Спостерігаються підвищені дози опромінення населення в Дніпропетровській, Кіровоградській, Житомирській, Черкаській, Запорізькій, Херсонській, Тернопільській, Миколаївській, Луганській та Одеській областях.

Didenko P.

ENVIRONMENTAL ASPECTS OF RADON EXPOSURE ON POPULATION

In the article were analyzed different aspects of the radon problem. The bulk of the radiation dose of the of Ukraine make natural sources of radiation; of which radon is 70%. Observed increased population exposure in Dnipropetrovsk, Kirovohrad, Zhitomir, Cherkassy, Zaporozhiia, Kherson, Ternopil, Mykolaiv, Lugansk and Odessa regions.