

Массовый многолетний СИЧ–мониторинг населения Украины, вовлеченного в Чернобыльскую аварию

О.Н. Перевозников, В.В. Василенко, Л.А. Литвинец, Г.Н. Яковлева

НИИ радиационной защиты АТН Украины, Киев

Научный центр радиационной медицины АМН Украины, Киев

В НЦРМ АМН Украины создана и функционирует двухуровневая система мониторинга индивидуальных доз внутреннего облучения с использованием комплекса счетчиков излучения человека и единым методическим и метрологическим обеспечением, которая позволяет проводить как массовый оперативный скрининг населения (в том числе поддерживать единую сеть СИЧ Украины), так и углубленные исследования критических групп населения, пациентов радиационного регистра и персонала АЭС.

Ключевые слова: радиоактивно загрязненные территории, счетчики излучения человека, СИЧ-мониторинг, доза внутреннего облучения.

Авария на ЧАЭС привела к радиоактивному загрязнению территорий 12 областей Украины. Радиационному контролю подлежали более чем 3 млн человек. В послеаварийные годы проводились массовые измерения уровней внутреннего облучения населения радиоактивно загрязненных территорий (РЗТ) счетчиками излучения человека (СИЧ), активно разрабатывались и внедрялись новые виды счетчиков излучения человека [1].

На сегодняшний день в отделе создана и функционирует двухуровневая система мониторинга (рис. 1). Пер-

вый уровень предназначен для текущего массового скрининга населения пострадавших территорий и пациентов радиационного регистра НЦРМ (ликвидаторов, переселенцев из 30-километровой зоны ЧАЭС, жителей РЗТ) с использованием стационарных и мобильных СИЧ. Второй уровень предназначен для углубленного мониторинга критических групп населения и персонала с помощью экспертного СИЧ, который имеет высокую чувствительность и универсальность по отношению ко всем видам излучения радионуклидов [2].



Рис. 1. Система мониторинга доз внутреннего облучения НЦРМ

На рисунке 2 представлены стационарные СИЧ «Super-Jemini» и «Скриннер», расположенные в поликлинике радиационного регистра и используемые для контроля пациентов КЭР, на рисунке 3 – одна из передвижных дозиметрических лабораторий на базе автобуса ЛАЗ.

В таблице 1 представлены основные спектрометрические и технические характеристики парка СИЧ массового мониторинга.

В 1995 г. в связи с необходимостью выполнения Государственной программы «Общедозиметрическая паспортизация населенных пунктов Украины» создана и успешно функционирует единая сеть СИЧ Украины для контроля доз внутреннего облучения населения (рис. 4).

Медицинские организации 12 областей Украины, пострадавших от аварии на ЧАЭС, были обеспечены 57 установками СИЧ «Скриннер» как стационарного (40 единиц), так и передвижного (17 единиц) образца, которые изготовле-

ны в Институте экологии человека (г. Киев) с использованием программно-методического и метрологического обеспечения, разработанного специалистами отдела дозиметрии НЦРМ [3,4]. С 1995 г. по 1999 г. в лаборатории СИЧ было подготовлено более 100 операторов для работы на установках «Скриннер».

Ежегодно установки СИЧ, задействованные в программе «Дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины», проходят сличение в НЦРМ с помощью насыпных фантомов тела человека для единства измерений (рис. 5).

Фантомы запатентованы и созданы специалистами отдела дозиметрии НЦРМ [5]. Операторы, обслуживающие установки СИЧ, проходят собеседование, консультации, иногда кратковременную стажировку по проведению измерений на установках СИЧ, по работе с программным обеспечением Silbody 5.02 Net на рабочем месте в лаборатории СИЧ НЦРМ.

Таблица 1

Основные спектрометрические и технические характеристики парка СИЧ массового мониторинга НЦРМ АМН Украины

Установка	Размер детектора, мм	Фон, имп • мин ⁻¹	МДА*, кБк чел • час ⁻¹	Пропускная способность,
<i>Стационарный комплекс</i>				
«Super-Gemini»	2×Ø76×76	140	0,3	10 ÷ 15
«Positronika»	210×140×70	650	0,1	10 ÷ 15
«Скриннер»	Ø150×100	1180	0,4	10 ÷ 15
<i>Портативные и ПРДЛ</i>				
Портативный	Ø63×63	700	0,8	10 ÷ 15
ПРДЛ на базе ЛАЗ-42021	I к. Ø75×75	600	0,2	20 ÷ 30
	II к. 2×Ø75×75	800	0,2	20 ÷ 30
ПРДЛ «Скриннер» на базе УАЗ	Ø150×100	1450	0,5	15 ÷ 20

* – значение МДА для экспозиции 3 минуты.



Рис. 2. Стационарный комплекс СИЧ НЦРМ АМН Украины



Рис. 3. Передвижная дозиметрическая лаборатория на базе автобуса ЛАЗ. Общий вид



Рис. 4. Единая сеть СИЧ Украины

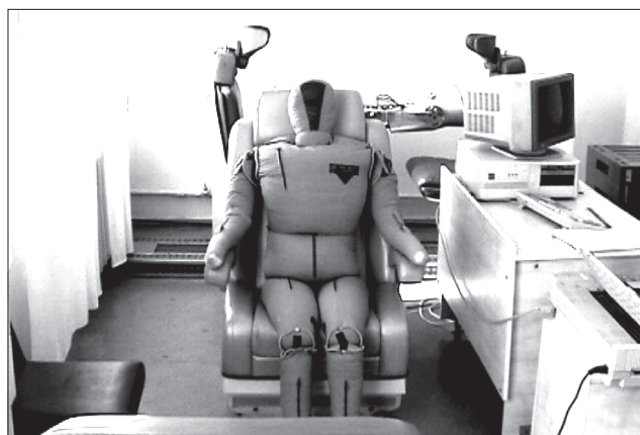


Рис. 5. Фантом тела взрослого человека с радиоактивным наполнителем

Функционирование единой сети СИЧ Украины дает возможность выполнять ежегодно от 50 до 100 тыс. измерений. С 1995 по 2006 г. получено около 700 тыс. измерений, которые пополнили базу данных НЦРМ и МЧС.

На основе результатов собственных измерений, а также измерений, полученных в единой сети СИЧ Украины, отслеживается динамика доз внутреннего облучения на РЗТ (рис. 6).

Динамика доз неустойчива. Значения доз в разные годы варьировались в диапазоне $0,01\text{--}2,0\text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ при логнормальном характере распределения. При этом допустимый уровень для населения составляет $1\text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$ по суммарному облучению. Следует отметить высокие и почти не изменяющиеся со временем уровни облучения в Ровненской области за счет аномально высокого перелома радиоцезия в продукты питания.

Практически во всех районах в связи с эффективно проведенными контрмерами удалось отследить систематическое снижение содержания радиоцезия до 1992 г. (35% в год). Начиная с 1992 г. отмечен его рост на 30–80% ежегодно, что обусловлено практическим сворачиванием контрмер вследствие экономического спада в стране и употреблением населением местных продуктов питания. В 1996–1999 гг. дозы внутреннего облучения в некоторых населенных пунктах превысили значения доз в первые годы аварии [1, 2].

В последние годы следует отметить снижение и стабилизацию доз внутреннего облучения от радиоцезия прак-

тически во всех регионах. Однако эта стабилизация происходит на уровнях, характерных для 1988–1990 гг.

Установлен ряд населенных пунктов с аномально высокими уровнями внутреннего облучения (таких НП, где дозы внутреннего облучения значительно выше ожидаемых, расчетных) [6].

На рисунке 7 представлены динамики доз внутреннего облучения для взрослого населения и для детей в с. Раговка Полесского района Киевской области. Дозы внутреннего облучения жителей этого населенных пунктов в 1994–2001 гг. едва ли не самые высокие в Украине. Более 30% жителей (из них до 10% дети) от всех обследованных в эти годы имеют среднегодовые дозы внутреннего облучения, которые превышают 1 мЗв . На рисунке 8 представлены динамики доз внутреннего облучения для взрослого населения и для детей в с. Мотейки Народичского района Житомирской области – 3 зоны (плотность выпадений радиоцезия на почву $6\text{ Ки} \cdot \text{км}^{-2}$). Дозы внутреннего облучения от радиоцезия в 1986 году превышали $3\text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$. В связи с хорошо спланированными и тщательно проведенными контрмерами удалось значительно снизить дозы вплоть до 1994 г., с 1995 г. наблюдается их рост как и по всей Украине, но следует отметить существенную разницу между дозами у детей и взрослых (в 1,2–5,8 раз) вплоть до последних лет, когда детские дозы уже сравнимы и выше, чем у взрослых. Это еще одна особенность формирования доз внутреннего облучения, которая наблюдается на позднем этапе аварии. Ослаблено внимание к детскому контингенту, к их рациону питания.

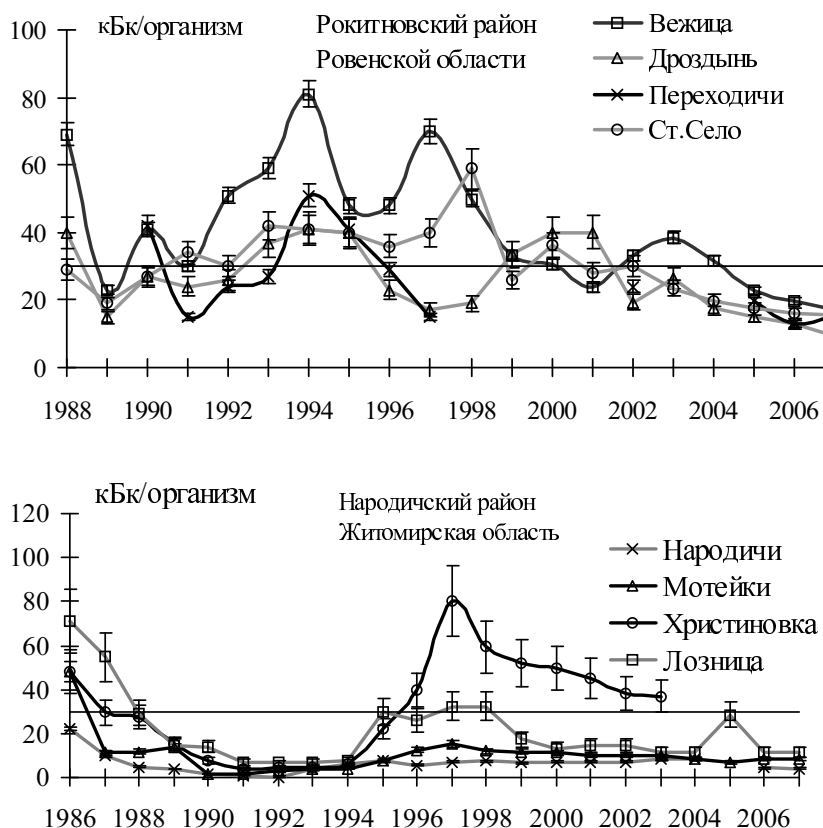


Рис. 6. Динамика уровней внутреннего облучения в некоторых НП Украины

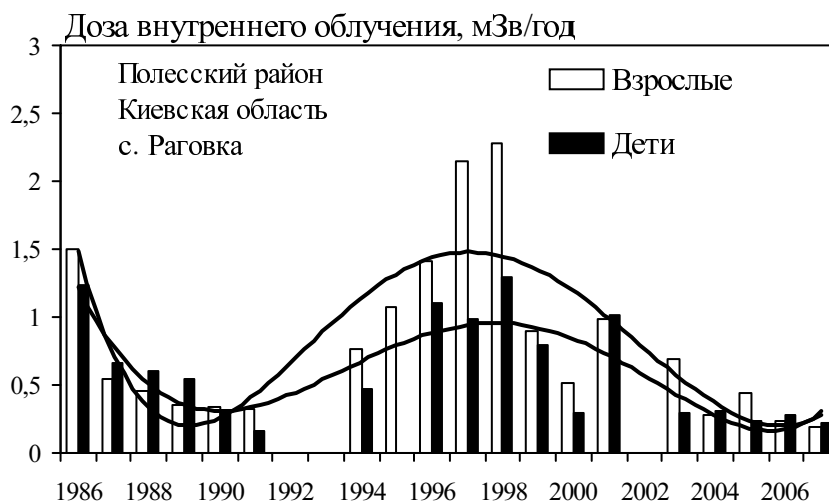


Рис. 7. Динамика доз внутреннего облучения от радиоцезия (средние значения) у жителей с. Раговка Полесского р-на Киевской области

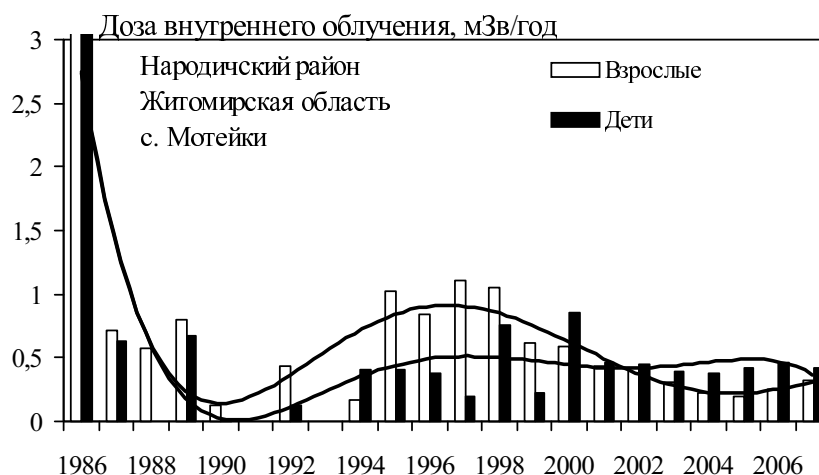


Рис. 8. Динамика доз внутреннего облучения от радиоцезия (средние значения) у жителей с. Мотейки Народичского р-на Житомирской области

Непростая ситуация складывается в последние годы в отселенных прежде населенных пунктах. С каждым годом число жителей в них увеличивается, люди возвращаются на старые места жительства.

Такие населенные пункты требуют особого внимания, информационной работы с населением.

В 2002–2003 гг. было проведено анкетирование жителей сел Червона Зирка, Раговка (Полесского района), Христиновка и Мотейки (Народичского района) с целью установить корреляционные зависимости между дозами внутреннего облучения от ^{137}Cs и уровнем годового потребления некоторых видов местных продуктов, продуктов дикой природы и молока.

Самый высокий уровень связи выявлен между дозами внутреннего облучения от ^{137}Cs и уровнем потребления мо-

лока из личных хозяйств – $r = 0,605$; а между дозами и уровнями потребления грибов и ягод из местных лесов, коэффициенты корреляции составляют, соответственно, 0,455 и 0,381 (рис. 9) [7]. Таким образом, к основным источникам формирования доз внутреннего облучения от ^{137}Cs в этих НП относятся такие продукты питания, как грибы и ягоды из местных лесов и молоко из личных хозяйств. По результатам этой работы нами создана и распространена среди населения памятка по кулинарной обработке этих продуктов.

Таким образом, учитывая наличие в Украине 4 атомных станций, работы, проводимые на объекте «Укрытие», наличие НП с аномально высокими уровнями доз внутреннего облучения, нам представляется необходимым поддерживать работоспособность и функционирование единой сети СИЧ.



Рис. 9. Коэффициент корреляции доз внутреннего облучения и уровнем потребления продуктов

На сегодняшний день стоит задача перехода от массового радиационного мониторинга к направленному мониторингу «гибкого реагирования», адресного – то есть в тех населенных пунктах или регионах, где по прогнозу на основе уровней содержания радиоцезия в продуктах питания и (или) организме людей ожидаются дозы свыше $0,5\text{--}0,7\text{ мЗв} \cdot \text{год}^{-1}$.

Однако, как показал ход ликвидации аварии на ЧАЭС, ограничиваться проведением массового скрининга недостаточно.

Наличие в Украине ядерно-энергетических комплексов, работы на объекте «Укрытие», увеличивающийся со временем относительный вклад в дозу внутреннего облучения от радиострания и трансураниевых элементов требуют комплексных, высокочувствительных ко всем видам излучения установок. Для решения экспертных задач и углубленного мониторинга был создан экспертный счетчик излучения человека, который, в отличие от СИЧ массового мониторинга, может регистрировать альфа-, бета-, гамма-излучатели на широком диапазоне энергий (рис. 10). Он сделан в виде низкофоновой защитной камеры, в которой расположена система детекторов. Камера обеспечивает снижение радиационного фона до 100 раз. Это дало возможность достигнуть чрезвычайно высокой чувствительности – 20 Бк по ^{137}Cs и 100 Бк по ^{40}K за 10 минут измерения [1, 2].

В систему детектирования экспертного СИЧ входит гамма-спектрометрическая линейка из 6 низкофоновых блоков детектирования, низкоэнергетический гамма-спектрометр, состоящий из двух двухслойных фосвич-детекторов, измерительный канал для регистрации бета-излучателей. Над линейкой находится сканирующая система, позволяющая определять локализацию радионуклидов в организме человека. В таблице 2 представлены основные характеристики экспертного СИЧ.

Высокая чувствительность регистрации гамма-спектрометрической линейки позволяет достоверно регистрировать минимальные уровни накопления гамма-излучателей, на качественно новом уровне изучать особенности метаболизма, определять сложные случаи интоксикации.

На экспертном СИЧ обследовано более 3 тысяч человек.

Проведенные исследования позволили выявить ряд лиц из числа участников ликвидации аварии на ЧАЭС

и персонала атомных электростанций (35 человек) с ингаляционно поступившими нерастворимыми формами топливной смеси в виде «горячих» частиц, а также ^{60}Co .

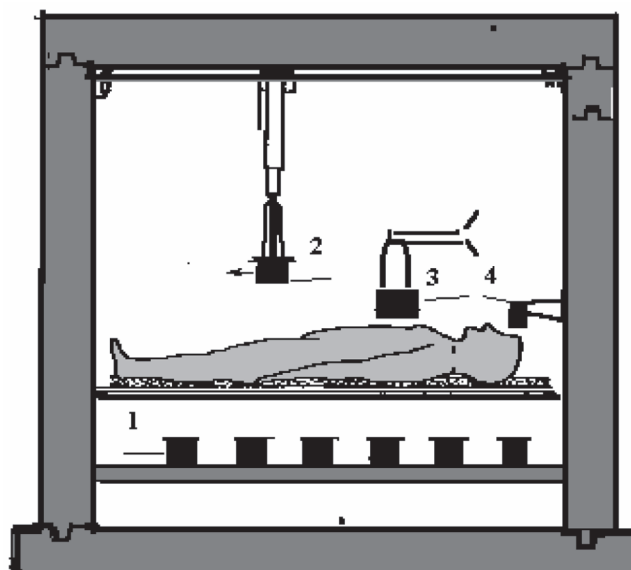


Рис. 10. Экспертный низкофоновый СИЧ в защитной камере:

- 1 – «линейка» из 6 большеобъемных блоков детектирования;
- 2 – сканирующее устройство с блоком детектирования;
- 3 – спектрометр низкоэнергетического гамма-излучения на основе фосвич-детекторов; 4 – бета-детекторы, изготовленные из полистирола

Таблица 2

Основные технические параметры экспертного СИЧ в защитной камере

Масса стальной защиты, т	44,0
Габариты, м	2,4×2,2×2,0
Сечение квадратных брусов (толщина стены), мм	200,0
Кратность ослабления защиты по ^{137}Cs , раз	76
Кратность ослабления защиты от 0 до 2,0 МэВ, раз	83
Детекторы:	
а) линейка из 6 блоков – разрешение по ^{137}Cs , %	9,5
МДА при $t=10$ мин, Бк	20
б) «Сканер»: сцинтилляционный детектор, разрешение по ^{137}Cs , %	6,5
МДА при $t=5$ мин, Бк	51
в) легочные фосвичи, эффективность по ^{241}Am , %	4,6
МДА (точечный источник) при $t=30$ мин, Бк	18
г) бета-излучения, разрешение по $E=0,624$ МэВ, %	15,5
МДА для излучения с $E=2,25$ МэВ при $t=60$ мин, Бк	500
Пропускная способность за 12 ч, чел.	20–40
Время измерения одного человека, мин	5–60

На рисунке 11 представлены случаи нормального распределения радиоцезия, полученного путем сканирования на спектрометрической линейке, обусловленного поступлением ^{137}Cs через ЖКТ, то есть с пищей, которое по форме полностью соответствует распределению ^{40}K . Оно характерно для лиц, которые проживают на РЗТ и употребляют радиационно-загрязненные продукты, то есть для пищевого поступления.

На рисунке 12 представлено аномальное распределение радиоцезия, отличное от распределения ^{40}K , обусловленное, как показал анализ, ингаляционным поступлением топливной матрицы нерастворимой формы, так называемых «горячих частиц».

Локализация «горячей частицы» определяется с помощью узкоколимированного механического сканера.

Таким образом, созданная в НЦРМ двухуровневая система мониторинга индивидуальных доз внутреннего облучения с использованием комплекса счетчиков излучения человека и единым методическим и метрологическим обеспечением позволяет обеспечивать как массовый

оперативный скрининг населения (в том числе поддерживать единую сеть СИЧ Украины), так и углубленные исследования критических групп населения, пациентов радиационного регистра и персонала АЭС.

Получено более 600 тыс. собственных измерений и около 700 тыс. измерений в единой сети СИЧ МЧС Украины.

Полученная информация позволяет корректно оценивать радиационную обстановку, оценивать эффективность контрмер и принимать решения, направленные на снижение ущерба здоровью и риска отдаленных последствий, проводить эпидемиологические исследования.

Функционирование экспертного СИЧ позволило на качественно новом уровне решать экспертные задачи сложных случаев инкорпорации смеси радионуклидов, «горячих частиц», изучать метаболические процессы, осуществлять метрологическую поддержку всего комплекса СИЧ, обеспечивать качественный контроль критических групп населения и персонала АЭС.

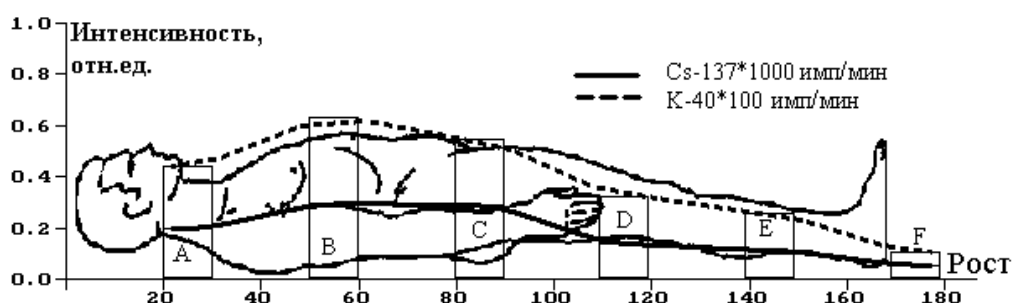


Рис. 11. Нормальное распределение инкорпорированных радионуклидов, полученное путем сканирования на спектрометрической линейке

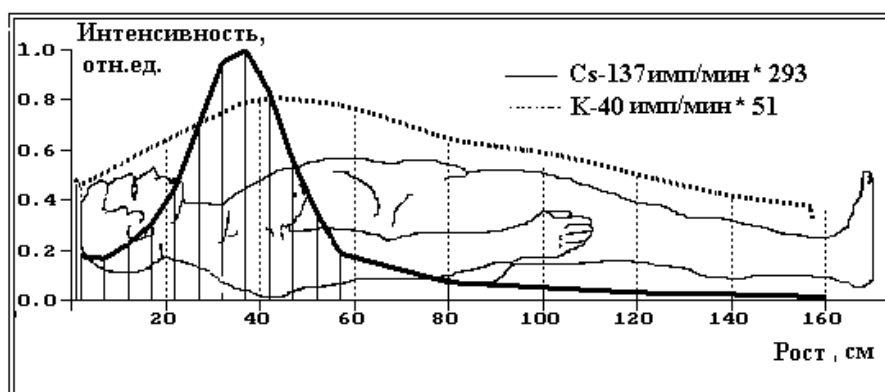


Рис. 12. Аномальное распределения инкорпорированных радионуклидов, полученное путем сканирования на спектрометрической линейке и механическом сканирующем устройстве

Литература

1. Перевозников О.Н., Ключников А.А., Канченко В.А. Индивидуальная дозиметрия при радиационных авариях // Чернобыль: Институт проблем безопасности АЭС НАН Украины, 2007. 199 с.
2. Перевозников О.М., Василенко В.В. Моніторинг індивідуальних доз внутрішнього опромінення за допомогою лічильників випромінювання людини // Медичні наслідки аварії на Чорнобильській атомній електростанції. Київ: ДІА, 2007. С. 71–84.
3. Методические рекомендации по оценке доз внутреннего облучения населения за счет радиоцезия с использованием счетчиков излучения человека / НЦРМ АМН Украины. К., 1994. 24 с.
4. Методические рекомендации по проведению измерений с использованием счетчиков излучения человека при дозиметрической паспортизации населенных пунктов Украины / МинЧернобыль Украины, НЦРМ АМН Украины. К., 1996. 73 с.
5. Фантом человека: Патент № 1808214, СССР; Опубл. 21.03.1991 г.; И.А. Лихтарев [и др.]
6. Перевозников О.М. Стан і перспективи системи радіаційного моніторингу внутрішнього опромінення на радіоактивно забруднених територіях внаслідок Чорнобильської аварії // Довкілля та здоров'я / Перевозников О.М. [и др.]. 2006. №1(36). С. 18–22.
7. Перевозников О.М. Аномальні рівні вмісту цезію-137 і стронцію-90 в організмі жителів радіаційно забруднених територій України у віддалений період аварії на ЧАЕС // Довкілля та здоров'я / О.М. Перевозников [и др.]. 2002. №3 (22). С. 56–60.

O.M. Perevornikov, V.V. Vasilenko, L.A. Litvinetz, G.N. Yakovleva

Mass many years WBC-monitoring of Ukrainian inhabitants involved in Chernobyl NPP accident

Research Radiation Protection Institute of Academy of Technological Sciences of Ukraine, Kiev
Research Centre for Radiation Medicine of Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kiev

Abstract. Two-level monitoring system of individual internal exposure doses has been created in the RCRM MSA (Research Centre for Radiation Medicine of Medical Sciences Academy of Ukraine) and works nowadays. It includes whole body counters complex and single methodical and metrological support. It allows implementing both mass prompt screening of inhabitants (including the unique WBC-net support all over Ukraine) and deep advanced research for critical groups of population, patients recorded in radiation registry, NPP staff.

Key words: radioactive contaminated territories, whole body counters, WBC-monitoring, internal exposure dose.

Поступила 29.12.2008 г.

В.В. Василенко
Тел. (8-10-380-44) 451-82-95, моб.+38-095-677-88-04
E-mail: wbc@i.com.ua