

Дозиметрические, радиоэпидемиологические и реабилитационные проблемы позднего периода Чернобыльской аварии

И.А. Лихтарев

НИИ радиационной защиты АТН Украины,
Научный центр радиационной медицины АМН Украины, Киев

Приводится перечень и современное состояние основных дозиметрических проблем позднего периода Чернобыльской аварии на Украине. К таким проблемам отнесены: постоянный мониторинг доз «чернобыльского» облучения населения; совершенствование системы ретроспективной дозиметрии общего облучения в ранний период Чернобыльской аварии; совершенствование ретроспективной дозиметрии внутреннего облучения щитовидной железой; дозиметрическая поддержка радиоэпидемиологических исследований; дозиметрическое сопровождение и радиологический контроль работ по стабилизации и преобразованию объекта «Укрытие».

Ключевые слова: *общедозиметрическая паспортизация, ретроспективная дозиметрия, дозиметрический мониторинг, облучение щитовидной железой, радиоэпидемиология, объект «Укрытие».*

1. Общая характеристика законодательной и радиационно-дозиметрической обстановки в Украине

В Чернобыльской аварии, как и в любой другой радиационной коммунальной аварии, выделяются несколько фаз формирования аварийного источника облучения населения: сверххранная; йодная; фаза формирования радиоактивного следа; поздняя фаза долгоживущих осколочных и топливных радионуклидов (по принятой в Украине классификации).

Каждая фаза характеризуется преобладающими источниками облучения и своими основными облучаемыми контингентами [1]. Важным является также существенное различие концепций и технологий, применяемых в форме контрмер на разных стадиях аварии для снижения (предотвращения) влияния аварийного источника на здоровье населения.

Хотя массовые измерения содержания радиойода-131 в щитовидной железе (ЩЖ), массовые измерения содержания радиоцезия в теле (СИЧ-измерения) и мониторинг радиоактивного загрязнения продуктов питания (главным образом, молока) проводились, уже начиная с первых дней и месяцев после Чернобыльской аварии (т.е. на сверххранной и ранней ее фазах), широкомасштабное и плановое введение Государственными органами контрмер на всей радиоактивно загрязненной территории Украины началось после принятия в 1990 г. ряда Законодательных актов:

- Концепция проживания населения на территории УССР с повышенными уровнями радиоактивного загрязнения [2];
- Закон Украины от 27.02.1991 №791а-ХІІ «О правовом режиме территорий, пострадавших от радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы» [3];
- Закон Украины от 28.02.1991 №796-ХІІ «О статусе и социальной защите граждан, которые пострадали вследствие Чернобыльской катастрофы» [4];
- Постановление КМ Украины №106 от 23.06.1991, дополнение 1 [5].

Принятие и Концепции [2], и Законов [3, 4], и, позже, разработка инструктивно-методического инструментария для их реализации [1, 6], позволили уже к началу 1990-х годов воссоздать довольно полную картину пространственно-временной эволюции радиационно-дозиметрической обстановки в Украине на протяжении всего послеварийного периода. Были разработаны ряд эколого-дозиметрических моделей (ЭДМ) внешнего (гамма) [7] и внутреннего (от радиоцезия, радиостронция и радиойода) [8,9] облучения различных контингентов населения («ликвидаторы», «эвакуанты», дети с облученной ЩЖ, жители радиоактивно загрязненных территорий). Особенностью этих ЭДМ было то, что они максимально полно основывались на аналитическом обобщении и математической обработке результатов радиоэкологического мониторинга окружающей среды (радиоактивное загрязнение почвы, молока, других продуктов питания, мощности экспозиционной дозы в воздухе) и дозиметрического (СИЧ, ТЛД) мониторинга населения.

Важнейшим принципом, который был законодательно закреплен в документах [2–5], был принцип абсолютного приоритета дозы как основного критерия оправданности вмешательств и принятия решений, касающихся жизнедеятельности населения радиоактивно загрязненной территории.

2. Основные дозиметрические проблемы поздней фазы Чернобыльской аварии

Среди подобных проблем в Украине особо выделяются следующие:

- Необходимость постоянного мониторинга доз «чернобыльского» облучения населения.
- Совершенствование системы ретроспективной дозиметрии общего облучения в ранний и сверххранный периоды Чернобыльской аварии.
- Совершенствование ретроспективной дозиметрии внутреннего облучения щитовидной железой.
- Дозиметрическое сопровождение радиоэпидемиологических исследований постчернобыльских отдаленных медицинских эффектов у населения.

• Дозиметрическое сопровождение работ, связанных со строительством нового конфинмента для 4-го блока ЧАЭС, а также работ по снятию всей ЧАЭС с эксплуатации.

3. Постоянный мониторинг доз «чернобыльского» облучения населения

Такой мониторинг является и стал важнейшей составляющей всего комплекса противорадиационной защиты в послеаварийный период. В двух инструктивно-методических указаниях: «Радиационно-дозиметрическая паспортизация населенных пунктов территории Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии ЧАЭС, включая тиреодозиметрическую паспортизацию» (Методика 96) [1] и «Реконструкция и прогноз доз облучения населения, проживающего на территориях Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии ЧАЭС» (Методика 97) [6] были обобщены и сформулированы:

- структура и параметры ЭДМ внутреннего и внешнего облучения;
- расчетные процедуры;
- требования к масштабам, периодичности, качеству измерений в рамках радиозоологического и дозиметрического мониторингов, используемых для расчета так называемой «паспортной» годовой дозы облучения жителей населенного пункта (НП), референтных ретроспективно-перспективных годовых и накопленных доз облучения населения.

Сформулированные в цитированных инструктивно-методических указаниях требования служили основой проведения ежегодной общедозиметрической паспортизации для 2161 сельских НП (с населением около 2 300 000 человек), а также для расчета для этих НП накопленных доз за различные периоды после аварии, включая «дозу за жизнь». Результаты этой работы обобщены в 13 ежегодных «Сборниках (Каталогах) общедозиметрической паспортизации». Эти данные использовались для отнесения того или иного НП к одной из трех законодательно выделяемых четырех* территориальных зон:

- 2-я зона «обязательного отселения», годовая доза свыше 5 мЗв;
- 3-я зона «гарантированного добровольного отселения», годовая доза 1–5 мЗв;
- 4-я зона «усиленного радиозоологического мониторинга», годовая доза 0,5–1 мЗв.

В таблице 1 приведено изменение количества паспортизуемых НП по этим трем зонам, а также указано количество НП в т.н. «безопасной зоне», где величина «паспортной» дозы не достигает 0,5 мЗв. Результаты, представленные в этой таблице, отчетливо демонстрируют увеличение со временем количества НП в «безопасной» зоне и снижение их числа во 2-й и 3-й зонах.

4. Совершенствование системы ретроспективной дозиметрии общего облучения в ранний период Чернобыльской аварии

В «Методике-97» [6], содержащей процедуры реконструкции и прогноза доз внутреннего и внешнего облучения за весь послеаварийный период, регламентируемая величина внутренней дозы облучения от радиоцезия (нор-

мированной на единицу плотности выпадений цезия-137 на почву) на ранней фазе аварии (1986) была основана на анализе результатов массовых СИЧ-измерений радиоцезия в организме жителей радиоактивно загрязненных районов. Позже [8–11] была разработана и параметризована ЭДМ внутреннего облучения населения в ранний период (1986), позволяющая сделать независимую оценку доз внутреннего облучения и от радиоцезия, и от всех других основных радионуклидов чернобыльского выброса (табл. 2). Использование этой ЭДМ для расчета содержания радиоцезия в организме показало удовлетворительное совпадение модельных расчетов с результатами измерений [10].

Для сравнения используемых в России и в Украине инструментально-аналитических процедур оценки доз послеаварийного облучения населения были сопоставлены величины доз облучения (внутреннего, внешнего и суммарного), выполненных для жителей близлежащих украинских и российских НП [12]. Как следует из данных, приведенных в таблицах 2 и 3, имеет место вполне удовлетворительное совпадение величин оцениваемых доз, что подтверждает единство методологических подходов в двух странах.

Таблица 1

Изменение во времени (2001–2007) распределения НП по зонам радиоактивного загрязнения

Год	Количество паспортизованных НП	мЗв в год			
		<0,5 «безопасно»	0,5–1 4-я зона	1–5 3-я зона	>5 2-я зона
Относительное количество паспортизованных НП					
2001	2163	67%	15%	18%	0,23%
2002	2163	68%	15%	17%	0,14%
2003	2163	71%	16%	13%	0,09%
2004	2163	72%	19%	9%	<0,01%
2005	1831	66%	14%	5%	<0,01%
2006	1967	82%	14%	3,5%	0,05
2007	1596	81%	15%	3,6%	<0,01%

5. Совершенствование ретроспективной дозиметрии внутреннего облучения щитовидной железы

В мае-июне 1986 г. в Украине было выполнено около 150 тыс. довольно качественных измерений содержания радиойода в ЩЖ жителей радиоактивно загрязненных территорий. Результаты этих измерений и легли в основу развитой системы ретроспективного восстановления доз чернобыльского облучения ЩЖ жителей Украины. Другим источником информации, на котором базировалась трехуровневая система [13] реконструкции доз облучения ЩЖ, была динамика ежесуточных выпадений йода-131 во всех НП Украины, восстановленная с помощью разработанной модели атмосферного переноса [14]. Система реконструкции доз облучения ЩЖ позволила оценить два основных типа доз облучения этого органа:

* К 1-й зоне отнесены НП, население которых было эвакуировано еще в 1986 г.

Таблица 2

Абсолютные (на 1 кБк/м² выпадений ¹³⁷Cs) и относительные (%) дозы за счет алиментарного поступления радионуклидов в 1986 г. сельскому населению Украины

Радионуклид	Молоко		Зеленые овощи		Молоко и овощи	
	мкЗв на кБк/м ² ¹³⁷ Cs	%	мкЗв на кБк/м ² ¹³⁷ Cs	%	мкЗв на кБк/м ² ¹³⁷ Cs	%
⁸⁹ Sr	0,10	0,55	0,06	4,3	0,16	0,8
⁹⁰ Sr	0,39	2,20	0,09	6,3	0,49	2,5
⁹⁵ Nb	0,00001	0,00	0,02	1,4	0,02	0,1
⁹⁵ Zr	0,00002	0,00	0,04	2,8	0,04	0,2
¹⁰³ Ru	0,0025	0,01	0,11	7,5	0,11	0,6
¹⁰⁶ Ru	0,020	0,11	0,37	25,1	0,39	2,0
¹²⁵ Sb	0,39	2,22	0,02	1,0	0,41	2,1
¹³⁴ Cs	6,8	38,3	0,06	4,1	6,9	35,7
¹³⁷ Cs	10,0	56,5	0,36	24,3	10,4	54,0
¹⁴¹ Ce	0,00	0,00	0,04	2,6	0,04	0,2
¹⁴⁴ Ce+ ¹⁴⁴ Pr	0,0003	0,00	0,21	14,0	0,21	1,1
¹⁴⁰ Ba+ ¹⁴⁰ La	0,014	0,08	0,10	6,6	0,11	0,6
Все радионуклиды	17,8	100	1,5	100	19,3	100

Таблица 3

Сравнение суммарных доз за 1-й аварийный год для пограничных населенных пунктов России и Украины

РОССИЯ Брянская обл., Стародубский (С) и Климовский (К) районы			УКРАИНА* Черниговская обл., Семеновский район		
Села	¹³⁷ Cs на почве, кБк/м ²	Доза, мЗв	Села	¹³⁷ Cs на почве, кБк/м ²	Доза, мЗв
Дубино (С), Малиновка (С), Марица (С)	50-52	3,4-3,8	Логи	51	2,4
Ст. Юровичи (К), Поляна (С), Вишенки (С)	57-58	3,3-3,8	Семеновка, Черв. Пахар	57	2,7
Пролетарское (С), Еремино (С)	79-60	4	Покровское	61	2,8
Зап. Халеевичи (С), Кр. Октябрь (С)	64-66	4,1, 4,3	Николаевка	63	3
Гриденки (С), Остроглядово (С)	72-75	2,8-5,3	Заречье	72	3,4
Рябово (С), Тарасовка (С)	78	3,6, 4,3	Калиновское, Ульяновское	79	3,8
Коровченко (С), Мытнич (С), Курковичи (С), Ломаковка (С), Вербовка (С)	80-83	3,7-5,8	Михайлово, Жовтнево, Тимонович	80-84	3,8-4,0
Петрова Гута (К), Дубняки (С), Ленский С)	85-89	4,2-5,5	Кринички	86	4
Круглое (С), Волна(С), Кулики (С), Прохоровка (С)	94-99	4,8-6,9	Медведовка, Чернозем	96, 97	4,5, 4,7
Скачок (К), Красиловка (С), Дерееви (С)	109, 116	4,7; 5,3; 6,6	Набережное, Ракужа, Красни Лозы	112, 117	5,2; 5,5
Черовичское Лес. (К), Ивановка (К), Любичаны (К), Рясинка (К), Зеленый Кут (К)	120-130	4,5-4,7	Дачное, Червоний Гай, Прогресс, Хотиевка	126-132	5,9-6,1
Рудня Цата (К), Красный Став (К), Прогресс (К), Брахов (К), Горки (К)	132-139	4,7-5,7	Блешня	135	6,3
Чадица (К), Шелковский (К), Шамовка (К), Погары (К), Курсоново (К), Куничев (К), Ягодное (К), Петровский (К)	149-158	5,2-6,7	Гати	153	7,3

* Дозы пересчитаны на период 365 дней.

1. «Референтно-экологические» дозы, использующие в своей основе экологическую модель переноса йода по звеньям пищевой цепи [13] и биокинетическую модель йода в организме человека [15];

2. «Референтно-инструментальные» дозы, в форме инструментально индивидуализированных и среднegrupповых (по поло-возрастным группам) доз. Помимо экологической модели переноса и биокинетической модели, в этом типе дозовых оценок использо-

вались результаты прямых индивидуальных измерений активности радиойода в ЩЖ и результаты индивидуального анкетирования [16].

Трехуровневая система реконструкции тиреоидных доз [13] включала:

- *Первый уровень*: инструментально-индивидуализированные дозы;
- *Второй уровень*: среднegrupповые инструментальные оценки доз для 36 поло-возрастных групп населения, кото-

рое проживало в НП, где активность радиойода в ЩЖ в мае-июне 1986 г. измерялась хотя бы у части жителей (748 НП).

• *Третий уровень:* среднегрупповые оценки доз для разных поло-возрастных групп населения, которое проживало в НП, где измерения активности радиойода в ЩЖ в мае-июне 1986 г. не проводились (все остальные НП Украины).

В таблице 4 приведены обобщенные результаты оценки инструментально-индивидуализированных доз облучения ЩЖ, выполненные для 98 100 детей и подростков (возраст 1–18 лет) в рамках первого уровня реконструкции.

Как видно из результатов, представленных в таблице 4, для более чем 80% детей в каждой из выделенных возрастных групп (кроме младших детей у эвакуированных) поглощенная доза облучения ЩЖ не превысила 1 Гр.

В таблице 5 представлено распределение 745 НП (в которых хотя бы часть жителей была охвачена прямыми измерениями) по интервалам среднегрупповых инструментальных доз облучения ЩЖ у детей 12–14 лет («референтная группа»).

Как видно из таблицы 5, наибольшее количество НП с относительно высокими (свыше 500 мГр) средними дозами облучения ЩЖ в референтной группе детей находится в Житомирской области. В 192 НП (из 229) Черниговской обл. и в 209 НП (из 255) Киевской обл. среднегрупповые дозы облучения ЩЖ у представителей референтной группы детей оценены ниже 200 мГр.

Таблица 4

Распределение 98100 сельских и городских детей с прямыми измерениями активности ЩЖ различных возрастных групп по интервалам индивидуально-инструментальных доз облучения ЩЖ (первый уровень реконструкции) [13]

Возрастная группа (годы)	Количество детей	Интервал доз облучения ЩЖ (Гр)				
		<0,2	0,2–1	1–5	5–10	>10
Процент (%) детей						
Сельское население						
1–4	9 119	40	43	15	1,7	0,87
5–9	13 460	62	31	6,5	0,44	0,07
10–18	26 904	73	23	3,7	0,16	<0,01
Городское население						
1–4	5 147	58	33	7,5	1,0	0,70
5–9	11 421	82	15	2,6	0,23	0,04
10–18	24 442	91	7,7	1,4	0,12	<0,01
Эвакуированные						
1–4	1 475	30	45	22	2,7	1,0
5–9	2 432	55	36	8,4	0,58	0,08
10–18	4 732	73	23	3,6	0,13	0,02

Таблица 5

Распределение 745 НП с измерениями радиоактивности ЩЖ по территории Киевской, Житомирской и Черниговской областей и по интервалам среднегрупповых инструментальных доз облучения ЩЖ в референтной группе детей (12–14 лет)

Область	Всего с измерениями	Численность детей 1–18 лет (в 1986 г.)	Дозовый интервал, мГр							
			<20	20–50	50–100	100–200	200–500	500–1000	1000–2000	>2000
Количество НП с измерениями										
Киевская	255	97 200	–	38	103	68	37	4	5	–
Житомирская	261	74 400	1	9	42	62	87	37	18	5
Черниговская	229	36 800	16	71	56	49	31	5	1	–

Карта-схема на рис. 1 в обобщенной форме демонстрирует результат реконструкции доз, позволивший оценить среднеобластные дозы облучения ЩЖ как средневзвешенные по численности населения в референтной группе во всех НП соответствующей области (третий уровень). Это позволило выделить в Украине три крупные территориальные зоны, характеризующиеся различным потенциальным риском возникновения рака ЩЖ.

6. К проблеме оценки рисков радиоиндуцированных раков ЩЖ

Разработанная трехуровневая система реконструкции доз облучения ЩЖ населения Украины позволила обеспечить дозиметрическую поддержку ряда крупных международных эпидемиологических проектов по исследованию риска возникновения радиоиндуцированного рака ЩЖ при внутреннем облучении ЩЖ радиойодом. Так, методология первого уровня реконструкции была использована для индивидуализации доз облучения ЩЖ у ~13 000 членов когорты в рамках Украинско-Американского проекта «Ис-

следование рака и других заболеваний ЩЖ в Украине после аварии на ЧАЭС». В рамках этого проекта при восстановлении дозы облучения ЩЖ каждого члена когорты использовались результаты прямых индивидуальных измерений активности радиойода в ЩЖ в 1986 г., а также результаты индивидуального опроса о перемещениях и питании субъекта в мае-июне 1986 г. [16]. Методология второго уровня реконструкции была применена в Украинско-Германском экологическом эпидемиологическом исследовании «Облучение детей Украины и Белоруссии в результате Чернобыльской аварии и рак щитовидной железы», в рамках которого оценивались и использовались средние поло-возрастные дозы облучения для жителей НП северных районов Украины. Использование среднегрупповых доз позволило вовлечь в исследование ~340 000 субъектов [17]. Оценки среднегрупповых доз облучения ЩЖ положены в основу определения абсолютного и относительного рисков радиоиндуцирования рака ЩЖ в рамках совместного украинско-американского экологического эпидисследования [18].



Рис. 1. Среднеобластные взвешенные по численности населения дозы облучения ЩЖ. Третий уровень реконструкции [13]

7. Дозиметрическое сопровождение работ, связанных со строительством нового конфайнмента на 4-м блоке ЧАЭС и работ по снятию ЧАЭС с эксплуатации

В соответствии с НРБУ-97/Д-2000 [19] современный статус Объекта «Укрытие» (ОУ)* определяется как «место поверхностного хранения неорганизованных радиоактивных отходов (РАО)» («временное хранилище неорганизованных РАО, находящееся в стадии стабилизации и реконструкции»). В настоящее время проводятся активные работы по стабилизации ОУ и строительству нового конфайнмента на 4-м блоке ЧАЭС. Условия радиационных полей (мощное гамма-облучение, наличие альфа-излучателей на рабочих объектах), в которых проводятся эти работы, не имеют аналогов в мировой истории развития атомной энергетики (рис. 2).

Для обеспечения радиологического контроля при проведении работ на ОУ в настоящее время разработана уникальная комплексная система радиационного мониторинга внутреннего (от возможного ингаляционного и перорального попадания в организм трансураниевых альфа-излучателей) и внешнего гамма-облучения [20].

Эта система включает:

- Индивидуальный текущий контроль внешнего гамма-облучения.
- Контроль поступления, содержания и выведения радионуклидов ТУЭ из организма, основанный на радиохимическом и альфа-спектрометрическом анализе суточных проб кала и мочи.
- Ежесуточный индивидуальный контроль содержания топливных и осколочных радионуклидов в мазках носоглотки.
- Пред- и послесменный СИЧ-контроль.
- Контроль концентрации радионуклидов в воздухе рабочих помещений, включая индивидуальный и коллективный контроль дисперсности радиоаэрозолей.

На основании данных этого индивидуального мониторинга производится оценка индивидуальных доз внутреннего и внешнего облучения каждого работающего, а также принимаются решения о возможности продолжения работ или проведении специального дозиметрического контроля.

Внедрение такого комплекса мероприятий позволило уже сегодня обеспечить надежную противорадиационную защиту персонала ОУ. Детально этот вид мониторинга внутреннего облучения и меры защиты персонала даем в отдельных сообщениях в настоящем журнале [21], а также в [20, 22, 23].

* В публицистической литературе и на бытовом уровне ОУ часто называют «саркофагом».



Рис. 2. Условия работ внутри Объекта «Укрытие»:

а) зона с высокими (до 24 мГр/с) дозовыми полями в рабочих помещениях; б) индивидуальная защита органов дыхания (б1) и персональный импактерный пробоотборник воздуха (б2); в) стационарный импактерный пробоотборник воздуха (в1) и топливо(ТУЭ)-содержащие массы (в2) в зонах рабочих мест персонала; г) сварочные работы

Список использованной литературы

1. Инструктивно-методические указания [Текст]: «Радиационно-дозиметрическая паспортизация населенных пунктов территории Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии ЧАЭС, включая тиреодозиметрическую паспортизацию»: Методика-96 / под ред. И.А. Лихтарева. – Киев, 1996. – 74 с.
2. «Концепция проживания населения на территориях Украины с повышенными уровнями радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы» [Текст]: [№ 791-XII: принята 27.02.1991] // Ведомости Верховного Совета. – 1991. – № 16. – с.197.
3. Закон Украины «О правовом режиме территорий, пострадавших от радиоактивного загрязнения вследствие Чернобыльской катастрофы» [Текст]: [№ 791а-XII: принят 27.02.1991] // Ядерное законодательство. Сборник нормативно-правовых актов. – Киев, 1998 г. – С. 425-435.
4. Закон Украины «О статусе и социальной защите граждан, которые пострадали вследствие Чернобыльской катастрофы» [Текст]: [N 796-XII: принят 28.02.1991] // Ядерное законодательство: Сборник нормативно-правовых актов. – Киев, 1998 г. – С. 435-479.
5. Постановление КМ Украины [Текст]: [№106 от 23.06.1991]: Дополнение 1.
6. Инструктивно-методические указания [Текст]: «Реконструкция и прогноз доз облучения населения, проживающего на территориях Украины, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии ЧАЭС»: Методика-97 / под ред. И.А. Лихтарева. – Киев, 1998. – 76 с.
7. Likhtariov, I.A. Effective doses due to external irradiation from the Chernobyl accident for different population groups of Ukraine [Текст] / Ilya Likhtariov, Lionella Kovgan, Dmitriy Novak, Sergey Vavilov [at al.]. //Health Physics. – 1996. – Vol.70, № 1. – P. 87-98.
8. Likhtariov, I.A. Internal exposure from the ingestion of foods contaminated by ¹³⁷Cs after the Chernobyl accident. Report 1: General model: Ingestion doses and countermeasure effectiveness for the adults of Rovno Oblast of Ukraine [Текст] / Ilya A. Likhtarev, Lionella N. Kovgan, Sergei E. Vavilov, Robert R. Gluvchinsky[at al.]. // Health Phys. – 1996. – V. 70(3). – P. 297-317.
9. Internal exposure from the ingestion of foods contaminated by ¹³⁷Cs after the Chernobyl accident. Report 2: Ingestion doses

- of the rural population of Ukraine up to 12 y after the accident (1986-1997) [Текст] / Ilya A. Likhtarev, Lionella N. Kovgan, Sergei E. Vavilov, Oleg N. Perevoznikov [at al.]. // Health Phys. – 2000. – V. 79(4). – P. 341-357.
10. Ковган, Л.Н. Общее внешнее и внутреннее облучение населения Украины за 15 лет после чернобыльской аварии и прогноз рисков [Текст] / Л.Н. Ковган, И.А. Лихтарев // Международный журнал радиационной медицины. – 2002. – Т 4 (1-4). – С. 79-98.
11. Ковган, Л.М. Комплекс еколого-дозиметричних моделей та узагальнені оцінки доз опромінення населення України в результаті Чорнобильської аварії [Текст] / Л.М. Ковган, І.А. Ліхтарьов // Ядерная и радиационная безопасность. – 2004. – № 3. – С. 13-25.
12. Ліхтарьов, І.А. Деякі особливості і результати ретроспективної дозиметрії чорнобильського опромінення населення України в 1986 році [Текст] / І.А. Ліхтарьов, Л.М. Ковган, Ю.В. Бончук [и др.]. // Ядерная и радиационная безопасность. – 2006. – Т. 9, №. 1. – С. 79-89.
13. Likhtarov, I.A. Post-Chornobyl thyroid cancers in Ukraine. Report 1: Estimation of thyroid doses [Текст] / I. Likhtarov, L. Kovgan, S. Vavilov, M. Cherpurny, [at al.]. // Radiation Research. – 2005. – V. 163. – P. 125-136.
14. Talerko, Nikolai. Reconstruction of ¹³¹I radioactive contamination in Ukraine caused by the Chernobyl accident using atmospheric transport modelling [Текст] // Journal of Environmental Radioactivity. – 2005. – V. 84, № 3. – P. 343-362.
15. Age-dependent Doses to Members of the Public from Intake of Radionuclides: A report of Task Group of Committee 2 of the International Commission on Radiological Protection [Текст]: Recommendations of the ICRP. ICRP Publication 56 // Annals of the ICRP. – 1989. – V. 20 (2). – Part 1. – Oxford :Pergamon Press. – 122 p.
16. Likhtarov, I.A. Questionnaire- and measurement-based individual thyroid doses in Ukraine resulting from the Chornobyl nuclear reactor accident [Текст] / I. Likhtarov, A. Bouville, L. Kovgan [at al.]. // Radiation Research. – 2006. – V. 166. – P. 271-286.
17. Jacob, P. Thyroid exposure of Belarusian and Ukrainian children due to the Chernobyl accident and resulting thyroid cancer risk [Текст] / P. Jacob, J. Kenigsberg, I. Likhtarev [at al.].: Final Report of BfS Project StSch4240, June 2004 // Neuherberg. – 2004. – 521 p.
18. Likhtarov, I.A. Post-Chornobyl thyroid cancers in Ukraine [Текст] / I. Likhtarov, L. Kovgan, S. Vavilov [at al.].: Report 2. Risk analysis // Radiation Research. – 2006. – V. 166. – P. 375-386.
19. Лихтарев, И.А. Нормы радиационной безопасности Украины (НРБУ-97/Д-2000) [Текст]: (Государственные гигиенические нормативы: ГГН 6.6.1.-6.5.061-2000: Дополнение. Радиационная защита от источников потенциального облучения / И.А. Лихтарев, Л.Н. Ковган, В.В. Берковский – Київ, 2000. – 84 с.
20. Likhtarov, I. Worker health and safety issues in reinforcing the entombment of the Chernobyl reactor [Текст] // Health Physics. – 2007. – V. 93, № 5. P. 480-486.
21. Нецаев, С.Ю. Обеспечение радиационной безопасности при работах по преобразованию объекта «Укрытие» в экологически безопасную систему. Биофизический контроль доз внутреннего облучения персонала [Текст] / С.Ю. Нецаев, И.А. Лихтарев, В.Б. Берковский [и др.]. (публикуется в настоящем издании)
22. Aryasov, P. Aerosol monitoring using personal impactors during works inside the Object Shelter. Conference Proceeding [Текст] / P. Aryasov, S. Nechaev, N. Tsygankov // Health Physics. – 2006. – V. 90, №. 6. – P. 144-145.
23. Aryasov, P. Aerosol monitoring during work inside the «object Shelter»: Analysis of dispersion and concentration for different work types [Текст] / P. Aryasov, S. Nechaev, N. Tsygankov, A. Dmitrienko // Journal of Alloys and Compounds. – 2007. – V. 444-445. – P. 483-485.

I.A. Likhtarov

Dosimetry, radioepidemiological and rehabilitation problems at the late stage of the Chernobyl accident

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

Abstract. The specification and current status of the dosimetry problems in Ukraine at the late stage of the Chernobyl accident is given. There are: the permanent monitoring of the Chernobyl exposure doses for the inhabitants of the contaminated areas; the improvement of the retrospective dosimetry of whole body exposure at the early stage of the Chernobyl accident; the improvement of the retrospective thyroid dosimetry; dosimetric support of the radioepidemiological studies; the dosimetric maintenance and radiological control of the works for the stabilization and reconstruction of the Object "Shelter".

Key words: general dosimetric passportisation, retrospective dosimetry, dosimetry monitoring, thyroid exposure, radioepidemiology, Object "Shelter".

Тел. +38(044) 483-3812 E-mail: likh@rpi.kiev.ua