

Апробация алгоритма расчета индивидуализированных накопленных с момента аварии на ЧАЭС доз внутреннего облучения

Е.А. Дрозд, Н.Г. ВЛАСОВА

Разработан алгоритм оценки накопленных индивидуализированных доз внутреннего облучения включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на ЧАЭС (Госрегистр). Создано программное обеспечение, позволяющее определить значения относительной индивидуальной дозы внутреннего облучения (соответствующий квантиль распределения дозы) за каждый год, в течение которого имелись абсолютные значения индивидуальной внутренней дозы субъекта по данным СИЧ-измерений, а также оценивать дозу внутреннего облучения за годы, данные СИЧ-измерений за которые отсутствуют, с учетом конкретного места жительства. Результаты работы использованы для наполнения индивидуализированными накопленными за послеаварийный период дозами внутреннего облучения, полученными 87 515 лицами, включенными в Госрегистр, за каждый год в каждом населенном пункте проживания.

Ключевые слова: Госрегистр, доза внутреннего облучения, накопленная доза, квантиль распределения дозы.

An algorithm for evaluation of the individual accumulated internal doses at persons engaged in the State Registry of the Chernobyl affected people (State Registry) was developed. Special software was created allowing determining the values of relative individual internal dose (corresponding percentile of dose distribution) for each year, during which there were absolute values of the individual internal dose of the subject according to WBC-measurements. The software allows calculating the internal dose for the years, for which the data of the WBC-measurements are not available. Places of residence of person were taken into account. The results of the study were used for filling individual accumulated during the post-accident period internal doses received by persons, included into the State Registry, for each year in each settlement of residence.

Keywords: State Registry, internal dose, accumulated dose, percentile of dose distribution.

Введение. Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий (Госрегистр), является основным инструментом для проведения радиационно-эпидемиологических исследований. Для установления зависимости «доза-эффект» и оценки радиационного риска отдаленных эффектов облучения необходима информация о накопленных с момента аварии дозах внешнего и внутреннего облучения обследуемого контингента лиц. Однако несмотря на то, что в Госрегистре содержатся данные о состоянии здоровья ~ 250 000 лиц, информации о дозах облучения недостаточно.

Прежде чем приступить к разработке алгоритма расчёта индивидуализированных накопленных доз облучения лиц, включенных в Госрегистр, был проведен анализ имеющейся информации по дозам облучения, содержащейся в Госрегистре. По результатам анализа было установлено, что в Госрегистре содержатся данные о дозах внутреннего облучения только на 52 305 человек. Распределение данных о дозах внутреннего облучения по годам представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение данных СИЧ-измерений по годам

Год измерения	Количество населённых пунктов
1986	11
1987	32
1988	116
1989	351
1990	188
1991	130
1992	292
1993	653

Окончание таблицы 1

1994	3963
1995	6649
1996	7570
1997	9621
1998	16706
1999	18378
2000	18644
2001	15307
2002	6998
2003	5745
2004	4086
2005	3576
2006	3673
2007	3387
2008	6186

74 % результатов СИЧ-измерений относится к периоду с 1991 по 2001 гг.

Используя разработанный методический подход [1], [2] расчёта индивидуализированных доз внутреннего облучения жителей населённых пунктов, расположенных на радиоактивно загрязнённой территории, был разработан алгоритм расчёта индивидуализированных накопленных доз облучения субъектов, включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся радиации в результате катастрофы на ЧАЭС. Выполнена оценка индивидуализированных накопленных за период 1990–2008 гг. доз внутреннего облучения субъектов, включенных в Госрегистр.

Материалы и методы. Материалами явились исходные личные данные индивида и места пребывания на территории, загрязнённой чернобыльскими радионуклидами, Госрегистра, сформированная в лаборатории радиационной защиты «База данных СИЧ-измерений жителей Республики Беларусь за период 1987–2008 гг.», регистрационное свидетельство № 5870900637 от 20 мая 2009г. [3], а также данные СИЧ-измерений Государственного дозиметрического регистра за период 2009–2014 гг.; «База данных плотностей загрязнения территории населённых пунктов Республики Беларусь радионуклидами цезия, стронция и плутония по состоянию на 1986 г.» [4].

Индивидуализированная доза внутреннего облучения за каждый год оценивалась:

- при наличии информации в Госрегистре – по результатам СИЧ-измерений;
- при отсутствии информации в Госрегистре – доза внутреннего облучения была реконструирована по разработанному алгоритму с использованием созданного программного обеспечения.

Алгоритм расчёта индивидуализированных доз внутреннего облучения.

1. Для лиц, включенных в Госрегистр, выбрать из «Базы данных СИЧ-измерений» [3] или базы данных СИЧ-измерений Государственного дозиметрического регистра данные по дозам внутреннего облучения, соответствующего их месту жительства населённого пункта за каждый послеаварийный год, т. е. с учётом переездов.

2. Построить распределение дозы внутреннего облучения мужчин или женщин (в зависимости от пола индивида) в каждом из населённых пунктов проживания индивида за каждый год.

3. По соответствующему возрастной группе (с учётом возраста в каждом году) значению квантиля распределения дозы рассчитать индивидуализированные дозы внутреннего облучения за каждый год.

4. Оценить индивидуализированные дозы внутреннего облучения за весь послеаварийный период суммированием доз как рассчитанных по результатам непосредственных СИЧ-измерений, так и рассчитанных по квантилям распределения дозы.

Описание программы расчета индивидуализированных доз внутреннего облучения лиц, включенных в Госрегистр. Программа расчета индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения выполнена в среде программирования Delphi 7 с подключением к Microsoft Office Excel и Microsoft Office Access.

Программа разработана для работы в операционной среде WINDOWS 2007/XP/2003. Системные требования предъявляются те же, что и к компьютерам, на которые можно установить программу Microsoft Office Access из пакета Microsoft Office 2003–2013.

Программное обеспечение представляет собой приложение, которое включает в себя следующий функционал:

– работа с исходными данными моделей расчета – непосредственно сам расчет доз внутреннего облучения согласно Инструкции по применению для всего массива СИЧ-данных начиная с 1987 г. и до настоящего времени;

– формирование файла, содержащего средние значения дозы внутреннего облучения для каждой половозрастной группы за каждый год в населенных пунктах для которых имеются данные о СИЧ-измерениях;

– окно ввода индивидуальных данных (ФИО, пол, возраст, год и место проживания);

– вывод результатов расчета по каждому году с момента аварии на ЧАЭС и итоговой накопленной дозы за весь временной период с момента аварии на ЧАЭС, и возможностью ручной коррекции результатов расчета;

– сохранение результатов расчета индивидуализированной дозы внутреннего облучения на отдельной странице в файле Microsoft Office Excel;

– формирование итогового дозиметрического блока.

При запуске программы появляется пустое окно для ввода данных (рисунок 1). На данном этапе с помощью программы можно начать расчет.

Рисунок 1 – Окно ввода исходных данных

Необходимой информацией для начала расчета индивидуализированной накопленной дозы внутреннего облучения являются:

– Ф.И.О. субъекта;

– гендерная принадлежность – женский или мужской пол;

– год рождения для расчета возраста на момент оценки дозы облучения;

– населенные пункты проживания на радиоактивно загрязненной территории, начиная с 1986 г. с указанием периода проживания в них.

Результаты расчета индивидуализированных доз внутреннего облучения для каждого человека отображаются в виде таблицы и представляют собой общую информацию на отдельной странице в файле Microsoft Office Excel (рисунок 2).

Введите имя				Год	Кол обл
ТЕРШКОВА ЕЛЕНА СЕРГЕЕВНА				1986	1,74
ПОЛ (М или Ж)				1987	0,58
Ж				1988	0,40
Дата рождения 1986				1989	0,20
Миграция				1990	0,02
АВАНСОРЕ	Год начала	Год окончания	1991	0,01	
32208856700	1986	1989	1992	0,01	
			1993	0,02	
32210401000	1990	1999	1994	0,02	
			1995	0,02	
32205501000	2000	2012	1996	0,02	
			1997	0,03	
			1998	0,05	
сумма с 1986-2005 3,47				1999	0,04
			2000	0,01	
Выбор места проживания!!!				2001	0,13
район	ВЕТКОВСКИЙ			2002	0,09
сельсовет	ВЕТКОВСКИЙ			2003	0,02
нас. пункт	СИВИНКА			2004	0,00
год начала	1986			2005	0,00
год окончания	1989			2006	0,00
			2007	0,03	
район	ОБЛАСТНОЕ ПОДЧИНЕНИЕ			2008	0,02
сельсовет				2009	0,02
нас пункт	ГОМЕЛЬ			2010	0,00
год начала	1990			2011	0,00
год окончания	1999			2012	0,01
			2013		
район	БУДА-КОШЕЛЕВСКИЙ			2014	
сельсовет	РАЙОННОЕ ПОДЧИНЕНИЕ			сумма	3,47
нас пункт	БУДА-КОШЕЛЕВО				
год начала	2000				

Рисунок 2 – Окно расчета индивидуализированных доз внутреннего облучения по годам

Полученные индивидуализированные данные доз внутреннего облучения по годам для каждого лица из Госрегистра объединяются в итоговую таблицу, которая и формирует дозиметрический блок данных индивидуализированных доз внутреннего облучения лиц из Госрегистра (рисунок 3).

IDN	ФАМИО	ДАТБИРН	SEX	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
83470	Мирошинченко Илона Владимировна	1995	2										0,049	0,007	0,015
83471	Скобникова Алла Леонидовна	1975	2	0,752	0,251	0,175	0,131	0,093	0,140	0,126	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83472	Пыконская Елена Алексеевна	1969	2	0,752	0,441	0,308	0,196	0,143	0,214	0,187	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83473	Тарасова Софья Ивановна	1938	2	1,326	0,441	0,308	0,196	0,143	0,214	0,187	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83474	Тарасов Юрий Петрович	1939	1	2,117	0,705	0,493	0,322	0,239	0,260	0,220	0,344	0,498	0,336	0,266	0,237
83475	Мудрый Сергей Владимирович	1976	1	1,008	0,335	0,237	0,218	0,155	0,180	0,156	0,133	0,498	0,336	0,266	0,237
83476	Степаненко Федор Семенович	1953	1	2,117	0,705	0,493	0,322	0,239	0,260	0,220	0,344	0,498	0,336	0,266	0,237
83478	Неховская Ольга Николаевна	1968	2	1,326	0,441	0,308	0,196	0,143	0,214	0,187	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83479	Титков Георгий Михайлович	1944	1	2,117	0,705	0,493	0,322	0,239	0,260	0,220	0,344	0,498	0,336	0,266	0,237
83480	Мосайков Владимир Николаевич	1965	1	2,117	0,705	0,493	0,322	0,239	0,260	0,220	0,344	0,498	0,336	0,266	0,237
83481	Храмов Константин Александрович	1978	1	1,008	0,335	0,237	0,218	0,155	0,180	0,156	0,133	0,220	0,150	0,266	0,237
83482	Сиводед Галина Васильевна	1970	2	0,752	0,251	0,308	0,196	0,143	0,214	0,187	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83483	Холодеко Наталья Сергеевна	1964	2	1,326	0,441	0,308	0,196	0,143	0,214	0,187	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83484	Мельников Валерий Владимирович	1995	1										0,091	0,007	0,060
83485	Слижук Надежда Петровна	1973	2	0,752	0,251	0,175	0,131	0,093	0,214	0,187	0,239	0,262	0,193	0,080	0,116
83486	Пахунов Алексей Прокофьевич	1944	1	2,117	0,705	0,493	0,322	0,239	0,260	0,220	0,344	0,498	0,336	0,266	0,237
83487	Чушов Василий Павлович	1943	1	6,331	2,108	1,474	0,623	0,514	0,400	0,320	0,612	0,629	0,767	0,632	0,341
83488	Чушова Анна Степановна	1937	2	3,965	1,319	0,921	1,073	0,404	0,347	0,244	0,650	0,313	0,809	0,284	0,291
83489	Шабашова Екатерина Юрьевна	1995	2										0,049	0,007	0,015
83490	Цыкунов Сергей Анатольевич	1995	1										0,091	0,007	0,060
83491	Русинский Александр Владимирович	1956	1	2,117	0,705	0,493	0,322	0,239	0,260	0,220	0,344	0,498	0,336	0,266	0,237

Рисунок 3 – Итоговый дозиметрический блок данных индивидуализированных доз внутреннего облучения лиц из Госрегистра

База данных индивидуализированной дозы внутреннего облучения содержит следующую информацию – IDN (идентификационный номер индивида), ФИО индивида, год рождения, пол, индивидуализированные годовые дозы внутреннего облучения за каждый год.

Результаты и обсуждение. Используя разработанный программный модуль, были определены относительные дозы внутреннего облучения (соответствующие значения квантилей распределения дозы) для ряда лиц, включенных в Госрегистр, за те годы, для которых в базе данных Госрегистра и Базе данных СИЧ-измерений данные отсутствуют.

Как пример результата работы программы, в таблице 2 представлен расчет доз внутреннего облучения, реконструированных по разработанному алгоритму, и значения доз по результатам СИЧ-измерений из базы данных Госрегистра. Полужирным шрифтом в таблице выделены значения доз внутреннего облучения, реконструированные по разработанному алгоритму.

Таблица 2 – Индивидуализированные дозы внутреннего облучения

IDN-субъекта	82854
Населенный пункт	Великие Немки, Ветковский район
Год рождения	1952
Пол	мужской
Год	Доза внутреннего облучения, мЗв
1986	2,87
1987	0,96
1988	0,67
1989	0,42
1990	0,49
1991	0,41
1992	0,29
1993	0,59
1994	0,57
1995	0,09
1996	0,21
1997	0,25
1998	0,21
1999	0,43
2000	0,06
2001	0,09
2002	0,13
2003	0,13
2004	0,39
2005	0,23
2006	0,08
2007	0,09
2008	0,11
2009	0,09
2010	0,03
2011	0,09
2012	0,01

По реконструированным значениям относительных доз внутреннего облучения (квантилей распределения) были рассчитаны абсолютные значения индивидуализированных доз внутреннего облучения у лиц.

В таблице 3 представлены значения годовых доз внутреннего облучения для ряда лиц, включенных в Госрегистр. Дозы облучения для каждого субъекта приведены за период, начиная с момента по-становки субъекта на учет в Госрегистр до 2013 г.

Таблица 3 – Индивидуализированные годовые накопленные за послеаварийный период дозы внутреннего облучения

IDN	Пол	АДМКОД	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
1459	2	32238501000	1,35	0,54	0,38	0,19	0,26	0,17	0,20	0,20	0,27	0,27	0,31	0,53	0,54	0,35	0,18	0,30
2081	2	32208876702	1,32	0,44	0,31	0,18	0,26	0,23	0,16	0,27	0,25	0,18	0,05	0,09	0,30	0,20	0,07	0,03
2332	2	32225551000	1,67	0,55	0,39	0,22	0,23	0,16	0,12	0,15	0,13	0,15	0,06	0,02	0,03	0,10	0,09	0,05
2442	2	32208501000	1,33	0,44	0,31	0,20	0,14	0,21	0,19	0,24	0,26	0,19	0,08	0,12	0,17	0,14	0,09	0,05
2443	2	32208501000	1,57	0,52	0,37	0,23	0,19	0,26	0,24	0,41	0,39	0,28	0,17	0,18	0,29	0,22	0,11	0,09
2444	1	32208501000	2,12	0,70	0,49	0,32	0,24	0,26	0,22	0,34	0,50	0,34	0,27	0,24	0,37	0,31	0,17	0,07
2446	2	32208501000	0,75	0,25	0,17	0,13	0,14	0,21	0,19	0,24	0,26	0,19	0,08	0,12	0,17	0,14	0,09	0,05
2447	1	32208501000	2,12	0,70	0,49	0,32	0,24	0,26	0,22	0,34	0,50	0,34	0,27	0,24	0,37	0,31	0,17	0,07
2463	2	32208868700	1,49	0,50	0,35	0,21	0,18	0,24	0,15	0,19	0,21	0,13	0,04	0,09	0,20	0,14	0,10	0,07

Продолжение таблицы 3

IDN	Пол	АДМКОД	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Накоплен- ная доза
1459	2	32238501000	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,26	0,20	0,14	0,09	0,32	0,03	0,03	8,62
2081	2	32208876702	0,15	0,08	0,02	0,08	0,09	0,09	0,09	0,08	0,08	0,11	0,01	0,01	5,24
2332	2	32225551000	0,01	0,04	0,04	0,04	0,03	0,08	0,05	0,06	0,05	0,04	0,01	0,01	4,57
2442	2	32208501000	0,10	0,10	0,07	0,05	0,05	0,14	0,09	0,09	0,06	0,06	0,04	0,05	5,05
2443	2	32208501000	0,18	0,14	0,13	0,06	0,06	0,19	0,12	0,12	0,08	0,07	0,04	0,03	6,74
2444	1	32208501000	0,20	0,14	0,14	0,08	0,08	0,18	0,12	0,11	0,08	0,10	0,10	0,12	8,38
2446	2	32208501000	0,10	0,10	0,07	0,05	0,05	0,14	0,09	0,09	0,06	0,06	0,04	0,05	4,09
2447	1	32208501000	0,20	0,14	0,21	0,08	0,08	0,23	0,15	0,15	0,10	0,10	0,10	0,13	8,63
2463	2	32208868700	0,18	0,02	0,15	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,06	0,06	0,11	0,10	5,45

Заключение. Таким образом, разработанные алгоритм и программный модуль можно использовать для реконструкции доз внутреннего облучения индивидов за каждый год, при условии наличия информации о местах проживания и/или нахождения его в тот или иной период времени.

С помощью разработанного программного обеспечения проведен расчёт индивидуализированных накопленных доз внутреннего облучения за весь послеаварийный период для 87 515 лиц, включенных в Государственный регистр, и постоянно проживающих в населенных пунктах Гомельской области.

Литература

1. Дрозд, Е.А. Новый методический подход расчёта индивидуализированных доз внутреннего облучения лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие аварии на ЧАЭС / Е.А. Дрозд // Научно-практический журнал «Радиационная гигиена». – 2014. – Т. 7, № 4. – С. 134–143.

2. Метод реконструкции индивидуализированных накопленных доз облучения включенных в Государственный регистр лиц, подвергшихся воздействию радиации вследствие катастрофы на Чернобыльской АЭС, других радиационных аварий / Н.Г. Власова, А.В. Рожко, Е.А. Дрозд [и др.] // Инструкция по применению : утв. Министерством здравоохранения №095-0914 от 12.12.2014 г. – Гомель, 2014. – 9 с.

3. База данных СИЧ-измерений жителей Республики Беларусь за период 1987–2008 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://infores.mpt.gov.by>. – Дата доступа : 15.01.2014.

4. База данных плотностей загрязнения территорий населенных пунктов Республики Беларусь радионуклидами цезия, стронция и плутония по состоянию на 1986 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://infores.mpt.gov.by>. – Дата доступа : 15.01.2014.

ГУ «Республиканский научно-практический
центр радиационной медицины и экологии человека»
Министерства здравоохранения РБ

Поступила в редакцию 15.04.2017