

ІЯЦ

НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ЦЕНТР
РАДІАЦІЙНОЇ ФІЗИКИ
ІНСТИТУТ ДЛЯ ЯДЕРНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ
INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH

КИЧАІ--93-17

Препринт КИЯИ-93-17

Г.Н.Коваль, Е.В.Сваричевская, А.А.Бугай,
И.П.Дрозд, О.В.Святун

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ
НАСЕЛЕНИЯ, ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ПОРАЖЕННЫХ
ТЕРРИТОРИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ЧАЭС ЗА
ПОСЛЕАВАРИЙНЫЙ ПЕРИОД

Киев 1993

Восстановление интегральной дозы облучения населения, проживающего на пораженных территориях зоны влияния ЧАЭС за послеаварийный период /Коваль Г.Н., Сваричевская Е.В., Бугай А.А. и др. - Киев, 1993.-32 с.-(Препр./АН Украины. Ин-т ядерных исслед.; КИИИ-93-17).

Проведено восстановление интегральной экспозиционной дозы контрольных пунктов зоны влияния ЧАЭС (п.г.т.Народици, с.Христиновка Народицкого района Итომирской области) западного следа в послеаварийный период различными расчетными и экспериментальными методами, а также сравнение результатов этой оценки.

Ил.8. Табл.10. Список лит. с.31 (19 назв.).

The restoration of integral exposed doses of people living at the defeating territories of the Chernobyl NPP zone in the postaccidental period /Koval' G.N., Svarichevskaya Ye.V., Bugaj A.A. et al. - Kiev, 1993.- 32 p.- (Prepr./ Academy of Sciences of Ukraine. Institute for Nuclear Research; КИИИ-93-17).

There is restoration of integral exposed dose at the control points of the influence zone Chernobyl atomic station (Narodichi, village Hristinovka of Narodichi region of Gitomir district) west afterexplosion trace in 1986 y. The different calculation and experimental methods are used, there is comparison of results.

3 figs., 10 tables, 19 refs.

Утверждено к печати ученым советом
Института ядерных исследований АН Украины

© Г.Н.Коваль, Е.В.Сваричевская,
А.А.Бугай, И.П.Дрозд, О.В.Святун,
1993

ВВЕДЕНИЕ

Радиационная авария на ЧАЭС поставила ряд серьезных проблем, одной из которых является восстановление доз облучения населения, объектов флоры и фауны в регионах, подвергшихся радиоактивному загрязнению. Сложность ее решения состоит в том, что в некоторых районах практически отсутствуют данные прямых измерений параметров радиационной обстановки, необходимые для расчетов доз, а имеющиеся единичные измерения противоречивы и требуют тщательного анализа и сопоставления с результатами, полученными косвенными методами.

В настоящий период решением данной проблемы занят ряд научно-исследовательских учреждений. Исследования ведутся в нескольких направлениях, основными из них являются:

создание расчетных моделей восстановления дозовых нагрузок в послеаварийный период с учетом многочисленных факторов, влияющих на формирование радиоэкологической обстановки в данном конкретном пункте наблюдения;

развитие экспериментальных измерительных методов, позволяющих ретроспективно оценить поглощенные дозы гамма-облучения (среди них наиболее информативными являются метод измерения термолюминесценции природного кварца из антропогенных образцов (строительный кирпич, черепица, керамические изделия и т.п.) и метод электронного парамагнитного резонанса эмали зубов);

анализ и коррекция имеющихся данных прямых измерений основных параметров радиационной обстановки и т.д.

Задачей данной работы явилось проведение восстановления интегральной экспозиционной дозы в выбранных контрольных пунктах наблюдения на пораженных территориях зоны влияния ЧАЭС с момента аварии с целью расчета доз, поглощенных объектами флоры и фауны.

Без проведения данных исследований невозможны разработка долгосрочных программ по ликвидации последствий аварии на ЧАЭС и проведение комплексных оценок ее последствий для отдельных регионов и республики в целом.

ДОЗИМЕТРИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА И СЛИЧЕНИЕ ПОКАЗАНИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МЭД ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ

Авария на ЧАЭС высветила целый ряд нерешенных проблем в области радиометрического и дозиметрического контроля за динамикой МЭД в послеаварийный период.

Во-первых, систематические измерения во многих регионах были налажены лишь после соответствующих распоряжений по линии ГО и МЗ УССР, что во многих случаях делает проблематичной оценку радиационной обстановки до начала систематических измерений.

Во-вторых, ограниченный парк дозиметров не позволил наладить надежный контроль во всех населенных пунктах.

В-третьих, основными массовыми дозиметрическими приборами являлись ДШ-5 и СРП-68-01, не соответствующие возникшим задачам. Так, радиометр СРП-68-01 Решением комиссии по дозиметрическим измерениям при ИАЭ им. И.В.Курчатова (№ 3 от 30.05.1986 г. и № 4 от 03.06.1986г.) не рекомендовался для прямых измерений мощности дозы гамма-излучения. (Вначале рекомендовались коэффициенты, учитывающие ход с жесткостью этого прибора для гамма-излучения продуктов деления, но даже с учетом этих коэффициентов показания СРП-68-01 не могли быть использованы для принятия решений на местности по обеспечению безопасности.) А применение ДШ-5 неправомерно при измерениях на территориях, где МЭД < 0.050 мР/ч.

Поскольку для проведения восстановления интегральной экспозиционной дозы гамма-излучения в послеаварийный период необходимо использовать данные фактических измерений МЭД и в связи с вышеперечисленными обстоятельствами, нами были проведены дозиметрическая калибровка и сличение показаний приборов, используемых для измерения МЭД, в лабораторных и полевых условиях с целью изучения зави-

симости показаний от места, условий измерения и спектрального состава излучения.

В работе использовали следующую аппаратуру: ДП-5В, ДРГЗ-02, ДРГ-01Т, СРП-68-01.

Первым этапом этой работы явилось одновременное сличение показаний всех дозиметров на одних и тех же поверочных установках с различной энергией гамма-излучения (УПД-2 и УЦД-ИНТЕР). Все приборы были поверены на градуировочном стенде в поле излучения образцовых источников гамма-излучения Co-60 и Cs-137. Результаты представлены в табл. I.

ТАБЛИЦА 1. Показания дозиметров в поле излучения Co-60 и Cs-137 на градуировочном стенде, МР/ч

Расчетн. I значения I	Co-60				Cs-137			
	ДП-5В	ДРГ-01Т	СРП-68	ДРГЗ-02	ДП-5В	ДРГ-01Т	СРП-68	ДРГЗ-02
МЭД на стенде	I	I	I	I	I	I	I	I
0.10	0.10	0.099	0.06	0.08	-	-	-	-
0.50	0.50	0.629	0.32	0.50	0.42	0.56	0.60	0.50
1.00	1.00	1.258	0.62	1.00	0.80	1.10	1.00	1.00
1.50	1.45	1.800	0.85	1.30	1.20	1.67	1.50	1.40
Нормировка на расчетные значения	0.99	1.18	0.61	0.92	0.81	1.11	1.07	0.98
Нормировка на показания ДРГЗ-02	1.09	1.26	0.66	1.0	0.83	1.14	1.09	1.0

Из приведенных данных видно, что в поле облучения образцового источника Co-60 показания радиометра СРП-68-01 были в среднем на 35 % меньше, чем показания всех других приборов, показания которых в пределах ошибки измерения соответствовали расчетным значениям МЭД. В поле облучения источника Cs-137 показания всех приборов в пределах ошибки равнялись расчетным значениям МЭД.

Проведение изучения позиционной чувствительности показало, что во всех исследуемых приборах, кроме радиометра СРП-68-01, детекторы обладают различной чувствительностью к нормальному и боковому облучению, что объясняется геометрическими размерами детекторов. (Например, для детектора радиометра СРП-68-01 торцевая и боковая площади соотносятся как 1:1, а для дозиметра ДРГЗ-02 - как 1.5:1) Это также вносит дополнительную ошибку при измерениях в полевых условиях.

Следующим этапом работы явилось проведение сличений показаний приборов при измерениях над пластом почвы размером 0,5 x 0,5 м, толщиной 0,1 м, вывезенным из загрязненной зоны и расположенным на чистой площадке.

Результаты измерений МЭД гамма-излучения (Р, мР/ч) и нормировки из показания прибора ДРГЗ-02 (отн. ед.) приведены в табл.2.

ТАБЛИЦА 2. Результаты сравнительных измерений МЭД различными приборами над загрязненным радионуклидами пластом почвы

Рас- стояние от источ- ника облу- чения м	ДП-5В		ДРГ-01Т		ДРГЗ-02		СРП-68-01	
	Р, мР/ч	отн. ед.	Р, мР/ч	отн. ед.	Р, мР/ч	отн. ед.	Р, мР/ч	отн. ед.
0.1	0.17	0.4	0.42	0.97	0.43	1.00	0.43	1.00
0.5	0.05	0.35	0.08	0.56	0.144	1.00	0.13	0.90
1.0	0.05	-	0.037	0.41	0.09	1.00	0.06	0.66

При таком облучении различия в показаниях исследуемых приборов возрастают с увеличением расстояния до пласта (источника облучения), что объясняется увеличением рассеянного излучения.

Анализ имеющихся фактических данных измерений МЭД гамма-излучения, полученных при измерениях в послеаварийный период, показал наличие существенных различий в показаниях приборов. Проведение многочисленных измерений на территориях с различными уровнями ра-

диоактивного загрязнения, усреднение показаний и нормирование на показания прибора ДРГЗ-02 позволило определять поправочные коэффициенты для приборов ДРГ-01Т и ДП-5, которые соответственно равнялись 0,93 - 0,23 и 0,66 - 0,21. Таким образом, показания прибора ДРГ-01Т соответствовали показаниям ДРГЗ-02, а ДП-5 - занижали фактические значения МЭД гамма-излучения (в среднем на одну треть), что необходимо учитывать при использовании данных измерений, полученных с помощью ДП-5.

Показания радиометра СРП-68-01 отличались в значительно большей степени от показаний приборов ДРГ-01Т и ДРГЗ-02. Однако при экранировании датчика СРП-68-01 свинцовым экраном толщиной 1 мм показания существенно не различались и поправочный коэффициент составил $1,18 \pm 0,42$.

Объяснением этому может служить то, что в условиях сложного рельефа местности (строения, деревья и т.п.) возникает поток рассеянных гамма-квантов с непрерывным энергетическим спектром, простирающимся в область низких энергий. Радиометр СРП-68-01 имеет очень большую эффективность регистрации в мягкой области спектра (максимум в районе 80 кэВ). Расчетная чувствительность кристалла *NaI*, используемого в СРП-68-01, приведена на рис.1. Дозиметр ДП-5В в указанном интервале энергий наоборот занижает значения МЭД на 20-25 %.

Нами были проведены дополнительные одновременные измерения МЭД гамма-излучения дозиметром ДРГ-01Т и радиометром СРП-68-01 на опорных площадках, выбранных в чернобыльской зоне, с различными значениями мощности экспозиционной дозы гамма-излучения. Сличение показаний приборов при этих измерениях позволили определить коэффициенты, позволяющие уточнять значения МЭД в диапазоне от 3 мР/ч до 10 мкР/ч, измеренные с помощью радиометра СРП-68-01. Эти коэффициенты представлены в табл.3.

Однако следует отметить, что употребление этих коэффициентов весьма ограничено, т.к. приводит к значительным ошибкам в определении фактических значений МЭД гамма-излучения. Еще в большей степени это относится к коррекции с помощью этих коэффициентов данных измерений, полученных с помощью прибора СРП-68-01 в первые послеаварийные годы, что связано с изменением спектрального состава гамма-излучения во времени.

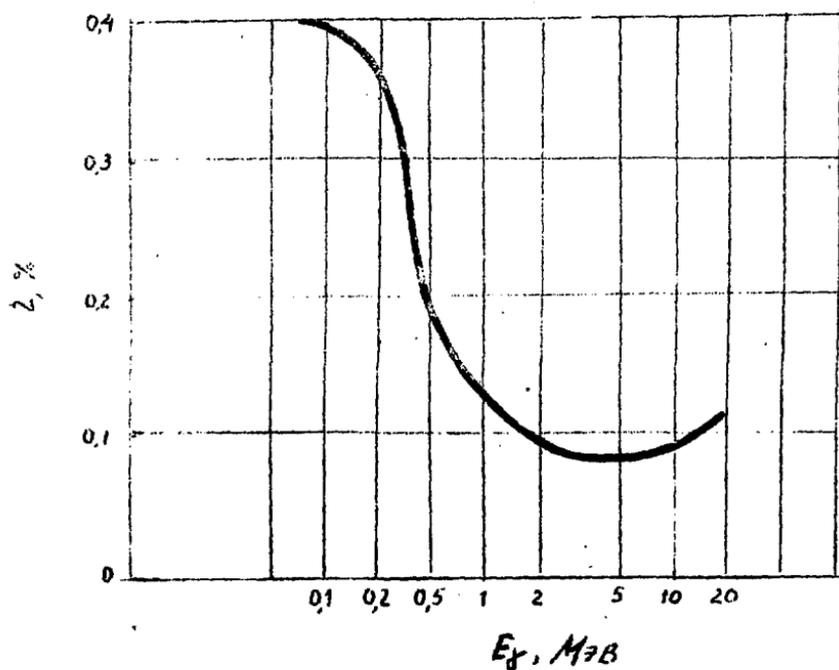


Рис. 1. Расчетная чувствительность кристалла *NaJ*
(диаметр 38, толщина 25,4 мм)

ТАБЛИЦА 3. Значения поправочных коэффициентов радиометра СРП-68-01

Диапазон значений МЭД, мкР/ч (показания ДРГ-01Т)	I	Значения поправочных коэффициентов
10-25	I	1.20±0.15
26-100	I	1.65±0.50
101-250	I	2.30±0.60
251-1000	I	3.00±1.40
1001-2000	I	4.10±1.60
2001-3000	I	4.90±1.60

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ЭКСПОЗИЦИОННОЙ ДОЗЫ В ПОСЛЕАВАРИЙНЫЙ ПЕРИОД В КОНТРОЛЬНЫХ ПУНКТАХ НАБЛЮДЕНИЯ

Выбор контрольных пунктов наблюдения

В связи с невозможностью охватить регулярными наблюдениями радиэкологическую обстановку во всех населенных пунктах, подвергшихся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС, было принято решение выбрать ограниченное количество опорных пунктов наблюдения, расположенных в зонах, представляющих научный интерес, и в местах с типичными условиями для Украинского Полесья. При выборе конкретных населенных пунктов учитывали также наличие данных измерений в послеаварийный период основных параметров радиационной обстановки.

Все контрольные пункты наблюдения располагались в двух зонах, в которых нами постоянно проводятся исследования с момента аварии: 30-км защитная зона ЧАЭС; Народичский и Овручский районы Житомирской области, относящиеся к западному следу загрязнения.

Из пунктов Чернобыльской зоны наибольший интерес представили следующие: г.Чернобыль, г.Припять, ст.Янов, Новошепеличское лесничество, в которых интегральные экспозиционные дозы могли превысить 100 сГр (в этих населенных пунктах восстановление доз внешнего гамма-облучения планировали проводить методом измерения термолуминесценции кварцевых включений в антропогенных образцах).

Наилучшая ситуация в отношении наличия информации в ЦЭИАЭ об основных параметрах радиационной обстановки с момента аварии сложилась для Овручского района Житомирской области, где в 1990 г. по распоряжению ЧК при СМ УССР нами проводились исследования радиэкологической обстановки, которыми были охвачены практически все населенные пункты. Эти работы были продолжены и в дальнейшем, но в более ограниченном объеме. Поэтому здесь было возможно оценить коллективную дозу внешнего и внутреннего облучения населения района за послеаварийный период.

В Народичском районе были выбраны п.г.т. Народичи и с.Христиновка, где в послеаварийный период специалистами отдела также проводились частичные исследования по изучению радиэкологической обстановки. На примере этих двух контрольных пунктов предполагалось провести сравнение результатов восстановления интегральных экспозиционных доз различными методами.

Восстановление интегральной экспозиционной дозы с момента аварии при отсутствии информации об основных параметрах радиационной обстановки

При отсутствии фактических данных измерений основных параметров радиационной обстановки (в частности, мощности экспозиционной дозы) в первые послеаварийные дни восстановление интегральной экспозиционной дозы проводили расчетным методом.

Рассмотрим основные моменты проведения расчетов на примере п.г.т. Народиачи.

В качестве исходных данных принимали: изотопный состав радиоактивного следа и значения коэффициентов фракционирования /8/, средние значения в слое 0-500 м; направления и скорости ветра в исследуемый период; суммарный выброс радиоактивных веществ из реактора, составляющий вместе с короткоживущими радионуклидами величину порядка $1,7 \cdot 10^8 \text{ Р} \cdot \text{м}^2/\text{ч}$; относительное распределение выброса радиоактивных веществ за первые пять суток, прошедших с момента аварии /1/; наработку осколков деления в реакторе РБМК-1000 /9/; категорию устойчивости погоды по Пасквилу - F /10/ (из-за отсутствия достоверных данных о погодных условиях в исследуемом районе выбран худший вариант); плотность загрязнения почвы Cs -137 (измерения выполнены авторами в апреле 1989 г., получено среднее значение - $7,4 \cdot 10^5 \text{ Бк}/\text{м}^2$).

Основные параметры значимых радионуклидов приведены в табл.4. В ней использованы следующие обозначения: $T_{1/2}$ - период полураспада; Γ_i - гамма-постоянная радионуклида; A_i/A_{95} - отношение активности i -го радионуклида к активности $Z=95$ в момент вылета из реактора; $f_{i,95}$ - коэффициент фракционирования, равный отношению фактической активности радионуклида к расчетной; $A_{\text{расч}}$ - расчетная наработка радионуклида в реакторе.

Расчет времени формирования радиоактивного следа проводили исходя из направления и скорости ветра.

Суммарную приземную концентрацию радионуклидов рассчитывали по формуле:

$$A_{\text{сум}} = 2Q / [(\pi \cdot e \cdot V \cdot h^2 \cdot (g_1/g_2))],$$

где Q - мощность источника (скорость выброса), Бк/с; e - основание натурального логарифма; V - средняя скорость ветра, м/с;

ТАБЛИЦА 4. Основные характеристики гамма-излучающих радионуклидов, входящих в состав радиоактивной струи

Радионуклид	1	4 I 10 сГ, 10 1/2 I	-18Гр*м2 ---- с*Бк	1 1A /A 1 1	1 1Г 1,951	13 1Арасч, 10 1	Бк/кг
	1	2	3	4	5	6	
91 Sr + Y	91	4 3,41.10	45,698	0,24	0,4	1,58	
92 Sr		3 9,76.10	47,613	0,27	0,4	1,76	
91 Y		6 5,05.10	0,234	0,60	0,9	1,72	
92 Y		4 1,27.10	9,992	0,60	0,9	1,77	
93 Y		4 3,44.10	3,649	0,73	0,9	2,15'	
95 Sr + Nb	95	6 5,53.10	31,074	1,00	1,0	2,64	
97 Sr + Nb	97	4 5,12.10	36,629	0,37	1,0	2,56	
99 Mo + Tc	99m	5 2,33.10	12,575	1,40	1,6	2,96	
103 Ru + Rh	103m	6 3,40.10	22,387	0,70	0,7	2,84	
105 Ru + Rh	105	4 1,60.10	35,105	0,56	0,7	2,10	
106 Ru + Rh	106	7 2,18.10	8,649	0,30	0,5	1,48	
105 Rh		5 1,27.10	3,318	0,73	1,0	1,92	
109 Pd		4 4,85.10	4,692	0,27	1,0	0,72	
110m Ag		" 2,16.10	115,691	0,004	1,0	0,010	
111 Ag		6 6,48.10	16,914	0,05	1,0	0,13	
107 Cd		12 2,16.10	52,568	0,05	1,0	0,13	

	2	3	4	5	6	
127		5				
Se	2,33.10	28,728	0,06	1,0	0,16	
129		4				
Sb	1,56.10	53,859	0,31	1,0	0,56	
129m	129	0				
Te+	Te	2,90.10	5,811	0,21	5,3	0,11
131m	131	5				
Te+	Te	1,08.10	68,386	0,74	5,3	0,37
132	132	5				
Te +	I	2,81.10	109,167	3,80	5,3	2,33
131		5				
I	6,95.10	16,186	3,00	5,0	1,67	
133		4				
I	7,49.10	25,225	6,23	5,0	3,29	
135	135	4				
I+	He	2,38.10	63,363	5,81	5,0	3,07
134		7				
Cs	6,50.10	65,495	0,14	0,9	0,40	
137	137m	8				
Cs+	Ba	9,52.10	24,339	0,20	1,8	0,29
140		6				
Ba	1,18.10	8,589	1,60	1,5	2,80	
140		5				
La	1,45.10	86,164	1,10	1,0	9,92	
141		4				
La	1,41.10	1,036	0,97	1,0	2,57	
142		3				
La	5,56.10	94,422	0,95	1,0	2,50	
141		6				
Ce	2,81.10	3,251	1,10	1,2	2,64	
143		5				
Ce	1,19.10	12,785	1,06	1,2	2,84	
144	144	7				
Ce+	Pr	2,46.10	2,042	0,70	0,7	2,53
142		4				
Pr	6,89.10	2,132	0,05	1,0	0,14	
145		4				
Pr	2,14.10	0,811	0,59	1,0	1,57	

1	2	3	4	5	6
147	5				
Nd	4,49. 10	6,599	0,39	1,0	1,04
149	3				
Nd	6,19. 10	13,874	0,23	1,0	0,61
148	5				
Pm	4,64. 10	24,730	0,12	1,0	0,32
149	5				
Pm	1,91. 10	0,485	0,25	1,0	0,91
151	5				
Pm	1,02. 10	13,033	0,13	1,0	0,34
153	5				
Sm	1,68. 10	3,101	0,33	1,0	0,86
156	6				
Eu	1,31. 10	48,664	0,18	1,0	0,48
239	5				
Np	2,03. 10	5,961	9,00	-	-

h - высота источника выброса, м; σ_y , σ_z - коэффициенты дисперсии гауссова распределения или турбулентной диффузии в поперечных к ветру направлениях (горизонтальном и вертикальном), м.

В нашем случае $Q = 1,7 \cdot 10^{13}$ Бк/с, $V = 3,5$ м/с, $h = 120$ м, $\sigma_y = 1700$ м, $\sigma_z = 85$ м. При расчете учтен коэффициент запаса, равный 2.

Расчет концентрации радонуклидов в воздухе осуществляли по формулам

$$W_i = \frac{\exp(-0,693 t / T_{1/2}) A_i / A_{95}}{n_{95}}$$

$$A_i = A_{95} \cdot W_i; \quad (A_{95} = A_{\text{сум}} / \sum_{i=1}^m W_i),$$

где W_i - отношение активности i -го радонуклида к активности

Z_{2-95} -95 в расчетный момент; t - время достижения радиоактивным облаком расчетного района, с; n_{95} - отношение активности Z_{e-95} в расчетный момент к активности Z_{e-95} в момент вылета из реактора.

Расчет мощности дозы, создаваемой каждым радионуклидом в воздухе, и суммарной мощности дозы в воздухе выполняли следующим образом:

$$P_i = 2.5 \Gamma_i A_i / m_i,$$

$$P_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m P_i,$$

где Γ_i - гамма-постоянная радионуклида, Гр м²/с·Бк; m_i - линейный коэффициент ослабления гамма-излучения i -го радионуклида в воздухе, м⁻¹.

Плотность загрязнения почвы радионуклидами после прохождения радиоактивного облака:

$$S_i = \frac{S_{137} \cdot w_i}{W_{137}},$$

$$S_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^m S_i,$$

где S_{137} - плотность загрязнения почвы $Cs-137$ в расчетный момент, Бк/м²; W_{137} - отношение активности $Cs-137$ к Z_{e-95} в расчетный м. мт.

Мощность дозы гамма-излучения со следа:

$$P_i^S = \pi \cdot S_i \Gamma_i I_n (1 + R^2/H^2),$$

$$P_{\text{сум}}^S = P_i^S,$$

$$P_{i,to}^S = P_i^S \exp(-0.693 t_0 / T_{1/2}).$$

Здесь P_i^S - мощность дозы со следа, создаваемая i -м радионуклидом в воздухе на высоте $H = 1$ м, Гр/с; R - радиус загрязненной поверхности, м; $P_{i,to}^S$ - мощность дозы со следа, создаваемая i -м радионуклидом по истечении времени после окончания формирования радиоактивного следа, Гр/с.

Результаты расчетов приведены в табл.5 и 6.

ТАБЛИЦА 5. Приемная концентрация радионуклидов и создаваемая ими мощность дозы гамма-излучения

Радионуклид	W_L	$I_{m,10}$	$-1 -1$ м	$I_{A,10}$	4 Бк/мЗl P	$I_{P,10}$	-9 Гр/с
1	2	3		4		5	
91 91							
Sr + Y	0,1552	0,0947		2,96		0,90	
90 90							
Sr + Y	-	-		0,57		-	
92							
Sr	0,0584	0,0743		1,11		0,44	
91							
Y	0,5998	0,070		11,47		0,025	
92							
Y	0,1859	0,113		3,56		0,20	
93							
Y	0,4738	0,144		9,06		0,14	
95 95							
Sr + Nb	1,0000	0,093		19,12		4,01	
97 97							
Sr + Nb	0,7616	0,122		14,57		2,75	
99 99m							
Mo + Ts	1,3181	0,284		25,20		0,70	
103 103m							
Ru + Rh	0,6998	0,148		13,36		1,27	
105 105							
Ru + Rh	0,2201	0,187		4,21		0,50	
106 106							
Ru + Rh	0,3007	0,105		5,73		0,30	
105							
Rh	0,6508	0,146		12,43		0,21	
109							
Pd	0,1988	0,470		3,80		0,25	
110m							
Ag	0,0040	0,091		0,08		0,06	
111							
Ag	0,0490	0,282		0,94		0,04	
127							
Sn	0,0063	0,163		0,11		0,025	

1	2	3	4	5
127				
Sb	0,0575	0,117	1,09	0,17
129				
Sb	0,1192	0,092	3,80	1,40
129m 129				
Te+ Te	0,2095	0,343	4,00	0,04
131m 131				
Te+ Te	0,6460	0,239	12,35	2,22
132 132				
Te + I	3,6130	0,160	69,08	29,62
131				
I	2,9440	0,163	56,29	3,51
133				
I	5,1150	0,107	97,80	14,49
135 135				
I+ He	3,1057	0,087	59,39	27,18
134				
Cs	0,1403	0,095	2,67	1,16
137 137m				
Cs+ Ba	0,2005	0,117	3,82	0,50
140				
Ba	1,5827	0,272	30,27	0,60
140				
La	0,9946	0,090	19,02	11,44
141				
La	0,3376	0,070	6,46	0,06
142				
La	0,0646	0,076	1,24	0,97
141				
Ce	1,0971	0,205	20,97	0,21
143				
Ce	0,9370	0,224	17,91	0
,64				
144 144				
Ce+ Pr	0,7015	0,221	13,40	0,08
142				
Pr	0,0403	0,068	0,77	0,01
145				
Pr	0,0911	0,262	5,52	0,01

1	2	3	4	5
147				
Nd	0,3849	0,215	7,36	0,14
149				
Nd	0,0205	0,179	0,38	0,02
148				
Pm	0,1165	0,087	2,22	0,39
149				
Pm	0,3245	0,148	5,19	0,01
151				
Pm	0,1126	0,190	2,16	0,09
152				
Sm	0,3027	0,243	5,79	0,05
156				
Eu	0,1784	0,106	3,40	0,98
239				
Np	8,3841	0,175	180,30	3,43
Сумма			741,46	111,015

Нами было установлено, что радиоактивный след формировался в рассматриваемом районе с 8 часов 26 апреля до 17 часов 27 апреля 1986 г. Приземная суммарная концентрация радионуклидов во время формирования радиоактивного следа составляла $7,4 \cdot 10^6$ Бк/м³; суммарная мощность дозы с облака - $1,11 \cdot 10^{-7}$ Гр/с. Очевидно, в конце прохождения радиоактивного облака, т.е. приблизительно к 17 часам 27 апреля 1986 г., мощность дозы внешнего гамма-облучения достигала своего максимума, когда суммировались мощности доз с радиоактивного облака и со следа. В этот момент максимальная суммарная мощность дозы могла составлять величину порядка $2,43 \cdot 10^{-7}$ Гр/с. Из анализа результатов расчетов (см. табл. 4 и 5), следует, что в первые аварийные дни основной вклад в формирование дозы внешнего гамма-облучения вносили короткоживущие радионуклиды Te-132, I-133, I-135, La-140, характеризующиеся большими значениями гамма-расточной.

ТАБЛИЦА 6. Плотность загрязнения почвы радионуклидами
и мощность дозы гамма-излучения со следа

Радионуклид	I		S		-9		P		10		Гр/с	
	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S	I	S
	I	4	I	2	I	P	I	P	I	P	I	P
		110 Бк/м		1,0		1,10		1,60		1,1095		
	1	2	3	4	5	6						
90	90											
	Sr + Y	11,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	91											
	Sr + Y	61,4	0,812	-	-	-	-	-	-	-	-	-
92	Sr	22,9	0,317	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91	Y	237,5	0,017	0,017	0,008	-	-	-	-	-	-	-
92	Y	73,6	0,212	-	-	-	-	-	-	-	-	-
93	Y	187,6	0,196	-	-	-	-	-	-	-	-	-
95	95											
	Sr + Nb	395,9	3,563	3,196	1,858	-	-	-	-	-	-	-
97	97											
	Sr + Nb	301,5	3,200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
99	99m											
	Mo + Ts	521,7	1,900	0,154	-	-	-	-	-	-	-	-
103	103m											
	Ru + Rh	276,8	1,793	1,504	0,625	-	-	-	-	-	-	-
105	105											
	Ru + Rh	86,9	0,883	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106	106											
	Ru + Rh	119,1	0,300	0,292	0,267	0,037	-	-	-	-	-	-
105	Rh	257,5	0,246	-	-	-	-	-	-	-	-	-
109	Pd	73,2	0,108	-	-	-	-	-	-	-	-	-
110m	Ag	1,5	0,050	0,045	0,042	0,004	-	-	-	-	-	-

1	2	3	4	5	6
111					
Ag	19,2	0,958	0,037	-	-
127					
Sn	2,6	0,042	-	-	-
127					
Sb	22,6	0,187	0,033	-	-
129					
Sb	47,0	0,733	-	-	-
129m 129					
Te+ Te	82,9	0,137	0,112	0,042	-
131m 131					
Te+ Te	255,7	5,063	0,021	-	-
132 132					
Te + I	1430,4	45,233	5,392	-	-
131					
I	1165,5	5,463	2,308	0,033	-
133					
I	2025,0	14,797	0,004	-	-
135 135					
I+ He	1229,5	22,568	-	-	-
134					
Cs	55,5	1,054	1,046	0,996	0,385
137 137m					
Cs+ Ba	79,3	0,558	0,558	0,558	0,521
140					
Ba	626,4	1,558	0,904	0,068	-
140					
La	393,7	9,826	0,158	-	-
141					
La	133,6	0,040	-	-	-
142					
La	25,5	0,696	-	-	-
141					
Ce	434,4	0,406	0,333	0,112	-
143					
Ce	371,1	1,375	0,008	-	-
144 144					
Ce+ Pr	277,9	0,155	0,158	0,142	0,012

1	2	3	4	5	6
142 Pr	15,9	0,008	-	-	-
145 Pr	116,5	0,025	-	-	-
147 Nd	152,4	0,292	0,154	0,004	-
149 Nd	8,1	0,033	-	-	-
148 Pm	46,2	0,333	0,092	-	-
149 Pm	128,4	0,017	-	-	-
151 Pm	44,4	0,167	-	-	-
153 Sm	119,9	0,108	0,004	-	-
156 Eu	70,7	0,996	0,633	0,062	-
239 Np	3319,0	5,734	0,300	-	-
Сумма	15822,0	132,171	17,464	4,807	0,959

Примечание. $\overset{S}{P}$; $\overset{S}{P}$; $\overset{S}{P}$; $\overset{S}{P}$ - мощность дозы, создаваемая радионуклидами в момент окончания формирования радиоактивного следа, через 10, 60 суток и 3 года соответственно.

Восстановление интегральной экспозиционной дозы проводилось в предположении, что доза внешнего гамма-облучения сформировалась за счет внешнего гамма-излучения радиоактивного облака, выпавших радиоактивных осадков в период формирования следа и гамма-излучения следа после окончания его формирования. Оценки, учитывающие

реальные параметры облака и следа, показывая, что основной вклад в интегральную дозу за 6 лет вносит сформировавшийся в первые недели аварии след. Доза от сформировавшегося следа определяется плотностью загрязнения почвы C_5 -I37 и C_5 -I34. На рис. 2 и 3 показаны динамика изменения МЭД гамма-излучения и накопления интегральной экспозиционной дозы в течение 10 послеаварийных лет соответственно для C_5 -I37 и C_5 -I34. Как видим, расчетное значение интегральной экспозиционной дозы гамма-излучения за 6 послеаварийных лет, полученное на основании данной модели для п.г.т. Народичи равняется 18,5 сГр. Если при расчетах учесть, что изменение МЭД гамма-

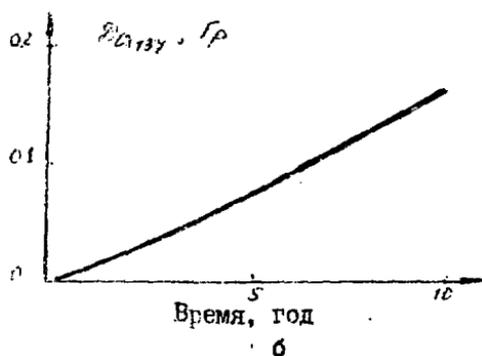
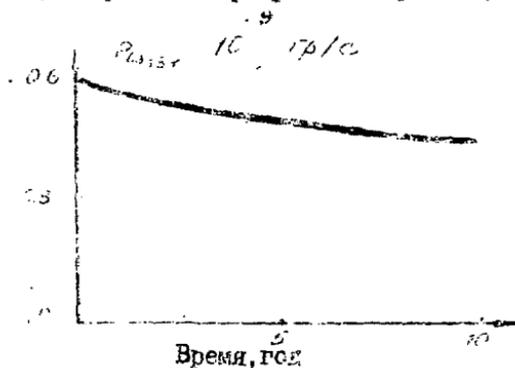


Рис. 2. Динамика изменения МЭД гамма-излучения (а) и накопления дозы внешнего гамма-облучения (б) за счет

C_5 -I37

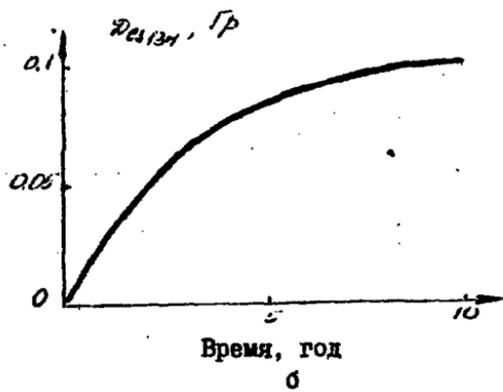
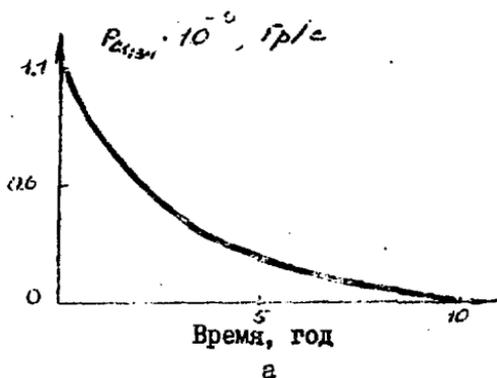


Рис.3. Динамика изменения МЭД гамма-излучения (а) и накопления дозы внешнего гамма-облучения (б) за счет Cs-134

излучение со временем определяется не только распадом радионуклидов, но и их заглублением в почву, получим следующее значение интегральной экспозиционной дозы - 13 сГр.

Аналогичный расчет был проведен и для с.Христиновка, которое характеризуется большой неоднородностью радиоактивного загрязнения, поверхностная плотность загрязнения колеблется от 5 до 100 Кл/км^2 . Расчет выполнялся для выбранного контрольного пункта, где поверхностная плотность загрязнения почвы составляет 92 Кл/км^2 .

Полученное расчетное значение накопленной дозы за 6 послеаварийных лет равнялось 130 сГр.

Восстановление интегральной экспозиционной дозы в послеаварийный период при наличии фактических данных измерений основных параметров радиационной обстановки

Даже при наличии фактических данных измерений основных параметров радиационной обстановки в послеаварийный период при восстановлении интегральной экспозиционной дозы с момента аварии возникает ряд трудностей. Они связаны, в первую очередь, с тем, что в начальный период для измерений использовались приборы, не соответствующие задачам, возникшим вследствие аварии на ЧАЭС. Поэтому нужны тщательный отбор, анализ и коррекция используемых фактических данных измерений. Основные подходы, используемые при восстановлении дозовых нагрузок на основании имеющихся первичных данных измерений, были рассмотрены в более ранних работах авторов.

На примере Овручского района Житомирской области нами была проведена ретроспективная оценка коллективной дозы внешнего и внутреннего облучения жителей района за послеаварийный период. В настоящее время в Овручском районе на территориях с поверхностной плотностью загрязнения от 1 до 5 Ки/км² проживает 19248 жителей (в том числе 3299 детей), от 5 до 10 Ки/км² - 57652 человека (в том числе 9597 детей), от 10 до 15 Ки/км² - 2384 жителя (в том числе 290 детей). Всего - 79284 человека.

При восстановлении доз внешнего гамма-облучения использовали данные непосредственных измерений МЭД гамма-излучения в г. Овруч и ряде других населенных пунктов района, проводимых штабом ГО района с первых послеаварийных дней прибором ДШ-5, с учетом фактического времени пребывания жителей на открытой местности, экранирования зданиями и т.д. Ретроспективная оценка эквивалентной поглощенной дозы внешнего облучения за период с 26.04.86 г. по 30.09.86 г. показала, что нормализованное значение составило 0.372 фэр/(Ки/км²). Таким образом, в первые месяцы после аварии жителями была получена основная часть прогнозируемой величины дозы внешнего облучения в результате аварии на ЧАЭС /6/. В дальнейшем спад МЭД определялся, в основном, распадом и заглублением в почву радионуклидов цезия и годовые эквивалентные дозы внешнего облучения рассчитывали с учетом поправочных коэффициентов по годам /7,15/.

Эквивалентные поглощенные дозы внутреннего облучения определяли на основании фактических данных о содержании радионуклидов в

молоке и мясе, основных дозообразующих продуктах питания, формирующих до 80-90 % общей дозы за счет внутреннего облучения /2,4/. Годовые значения доз внутреннего облучения были рассчитаны на основании более 16000 первичных данных измерений, проведенных радиологической группой Овручской районной санэпидемстанции (данные были нами использованы после соответствующей корректировки, учитывающей чувствительность используемых радиометров), и данных спектрометрических измерений, проведенных в ЦЭПЭ ИЯИ АН Украины.

Полученные индивидуальные и коллективные дозы облучения населения Овручского района представлены в табл.7.

Как видим, коллективная доза за послеаварийный период составила для населения района 337405 чел.-бэр. Полученные средние индивидуальные нагрузки для жителей, проживающих на территориях с различной плотностью загрязнения, позволили рассчитать дозовые коэффициенты, нормированные на единицу плотности загрязнения почвы. Для внешнего облучения за 6 послеаварийных лет он равняется $0,46 \pm 0,04$ бэр/(Ки/км²), для внутреннего - $0,27 \pm 0,13$ бэр/(Ки/км²).

Для жителей Украины принят минимальный порог относительной безопасности для здоровья человека, рекомендуемый международной научной общественностью, равный 7 бэр в течение 70 лет. Таким образом, результаты ретроспективного восстановления дозовых нагрузок показали, что в среднем жителем Овручского района за 6 послеаварийных лет получена доза, составляющая около 60 % от пороговой дозы.

Используя полученный для Овручского района дозовый коэффициент для внешнего гамма-облучения за 6 лет, нами также были оценены значения интегральных доз внешнего облучения в контрольных пунктах п.г.т. Народичи и с.Христиновка, расположенных в смежном Народичском районе. Полученные значения составили 8 и 56 сГр соответственно.

Чтобы убедиться в правомочности использования дозового коэффициента, полученного для Овручского района, при восстановлении доз внешнего облучения в населенных пунктах Народичского района, нами также была проведена ретроспективная оценка интегральной экспозиционной дозы для контрольного пункта с.Христиновка на основании имеющихся данных измерений МЭД в послеаварийный период, выполненных районным штабом ГО с помощью прибора ДШ-5.К сожалению, эти данные оказались неполными: были начаты измерения только 7 мая 1986 г., систематически проводились только до конца мая 1986 г., а в более поздний период проводились эпизодические измерения. Вместе с тем сле

ТАБЛИЦА 7. Средние индивидуальные и коллективные годовые эквивалентные дозы внешнего и внутреннего облучения населения Овручского района

Поверхностная плотность загрязнения, Ки/км ² / Вид дозы	Эквивалентная доза облучения, бэр/год							Суммарная доза за 6 лет, бэр (чел. -бэр)
	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	
ВНЕШНЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ								
1 - 5 /								
Средняя индив.	0.943	0.050	0.048	0.047	0.046	0.045	1.179	
Коллективная							22693	
5 /								
Средняя индив.	2.820	0.118	0.116	0.115	0.114	0.113	3.396	
Коллективная							195786	
10 - 15 /								
Средняя индив.	4.700	0.197	0.192	0.190	0.189	0.188	5.656	
Коллективная							13501	
Коллективная по району								231980
ВНУТРЕННЕЕ ОБЛУЧЕНИЕ								
1 - 5 /								х
Средняя индив.	0.061	0.109	0.212	0.171	0.117	0.066	1.011	
Коллективная							19460	
5 - 10 /								х
Средняя индив.	0.083	0.155	0.291	0.259	0.156	0.165	2,590	
Коллективная							6175	
Коллективная по району								106425
Суммарная коллективная по району								337406

* Расчетное значение /15/

дует отметить, что такая картина характерна для большинства населенных пунктов.

Поэтому при восстановлении интегральной экспозиционной дозы за послеаварийный период имеющиеся данные фактических измерений были откорректированы с учетом поправочного коэффициента для ДП-5, приведенного в работе, недостающие значения были получены экстраполяцией имеющихся данных измерений в предположении, что динамика изменения МЭД в с.Христиновка была аналогичной в г.Овруч, где с момента аварии проводились систематические измерения. Полученное значение накопленной за 6 лет дозы внешнего облучения составило 61 сГр.

Экспериментальное восстановление поглощенных доз гамма-излучения методом термолуминесценции кварцевых включений в некоторых пунктах зоны ЧАЭС

Для восстановления поглощенных доз гамма-излучения применяют также экспериментальные измерительные методы. Наиболее информативными в этом плане являются метод термолуминесценции природного кварца из антропогенных образцов (строительный кирпич, черепица, керамические изделия и т.п.) и метод электронного парамагнитного резонанса эмали зубов.

Нами методом термолуминесценции кварцевых включений образцов была проведена ретроспективная оценка доз гамма-облучения в ряде пунктов черновобльської зоны. Цель исследования заключалась в оценке порядка величины интегральной дозы гамма-излучения, накопленной с момента аварии по настоящее время, на различных расстояниях от ЧАЭС и в развитии адекватной экспериментальной методики для дальнейших более детальных исследований.

Мы приняли один из вариантов методики ТЛ кварцевых включений - "метод высокотемпературного анализа". Установка для ТЛ анализа была изготовлена в лаборатории ретроспективной дозиметрии Института полупроводников АН Украины. Она состоит из нагревателя, фотомножителя, усилителя переменного тока, двухкоординатного самописца и соответствующей электроники. Нижний предел чувствительности установки составляет около 100 сГр. Для калибровки дозы гамма-излучения использовался источник $Cs-137$ Института ядерных исследований АН Украины (ИЯИ АН Украины).

Образцы черепицы и кирпича были собраны в некоторых пунктах чернобыльской зоны. В момент снятия образца проводилось измерение МЭД гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности земли. Образец 1 взят в г.Чернобыль из фундамента дома по ул.Б.Хмельницкого, 49. Образец 2 взят из кирпичной стены во дворе дома по ул.Лазарева, 2. Образцы 3, 4, 5 собраны в Новошепеличском лесничестве (10 км на юг от пос.Новошепеличи). Образец 6 взят из цоколя железнодорожной станции Янов, образец 7 - из с.Христиновка (Народичский район) по ул.Речная, 19. Кварцевые включения извлекались методом, описанным в /17/. Для каждого образца выполнялся "плато-тест", а также проверка на линейность интенсивности ТЛ от дозы лабораторного источника гамма-излучения.

Результаты измерений приведены в табл.8. Как видно из приведенных данных, накопленная доза гамма-излучения зависит не столько от расстояния, сколько от поверхностной плотности радиоактивного загрязнения почвы. На железнодорожной станции Янов, находящейся в 5 км от ЧАЭС, доза в два раза меньше, чем в с.Христиновка, расположенном на расстоянии 30 км. Село Христиновка и Новошепеличское лесничество попали в узкую "западную" полосу выброса, образовавшуюся из-за сильного восточного ветра 29-30 апреля 1986 г. Экспериментальный результат, полученный для с.Христиновка, сравним с расчетным значением, приведенным ранее.

ТАБЛИЦА 8. Результаты экспериментального определения накопленной дозы в некоторых пунктах чернобыльской зоны

N образца	Тип образца	Населенный пункт	Расст., I км	IФэл, I мкр/ч	Накоплен- ная доза, сГр
1	кирпич	г. Чернобыль	16	40	280
2	кирпич	г. Припять	4	480	830
3	кирпич	Новошепеличское лесничество	5	5000	1500
4	кирпич	- " -	5	5000	1020
5	черепица	- " -	5	5000	2700
6	кирпич	ст. Янов	2	250	150
7	кирпич	с. Христиновка Житомирской обл.	64	200	280

Таким образом, используемый нами вариант методики ТМ кварцевых включений - "метод высокотемпературного анализа" - применим для большей части измерений накопленной дозы в зоне ЧАЭС. Эти измерения могут быть использованы для уточнения дозовых нагрузок для людей, животных и растений.

В результате аварии на ЧАЭС значительное число людей - персонал АЭС, жители близлежащих районов, лица, привлекавшиеся к работам по ликвидации последствий аварии (ликвидаторы), - подверглись значительному радиационному облучению.

Для учета влияния аварийного гамма-облучения на состояние здоровья отдельных лиц, прогноза течения заболеваний, для научного анализа ситуации и прогноза последствий аварии на ЧАЭС для лиц, попавших в загрязненную зону, необходимо знать возможно более точные значения индивидуальных доз облучения. Одним из примеров подхода к решению этих проблем является изучение влияния ядерных взрывов в Хиросиме и Нагасаки на здоровье пострадавших. Работа по пересмотру и уточнению индивидуальных доз, полученных пострадавшими, ведется в течение уже более 45 лет всеми возможными расчетными и экспериментальными методами /19/.

Одним из экспериментальных методов, позволяющих ретроспективно оценить индивидуальную дозу внешнего гамма-облучения, является метод электронного парамагнитного резонанса эмали зубов, удаленных у пострадавших по медицинским показаниям. Метод основан на том, что эмаль зубов является кристаллическим веществом, в котором под воздействием проникающей радиации возникают так называемые "радиационные центры", концентрация которых пропорциональна поглощенной дозе. Эмаль зуба является естественным дозиметрическим кристаллом. Концентрация "радиационных центров" в эмали зубов измеряется экспериментально методом электронного парамагнитного резонанса. В научной литературе имеется множество исследовательских работ, посвященных этой проблеме. Известны также два исследования /3,18/, выполненные на образцах зубов пострадавших от Чернобыльской аварии.

Нижний порог чувствительности метода ЭПР эмали зубов по некоторым литературным данным составляет 2-3 сГр, по нашим - не менее 25 сГр. Такое расхождение в оценке чувствительности связано, по-видимому, с разным уровнем экспериментальной техники, тонкими особенностями компьютерного анализа спектра ЭПР и особенностями в технологии подготовки образцов эмали к исследованию. Тем не менее, даже при уровне чувствительности метода от 25 сГр метод может быть

применим для уточнения индивидуальных доз ликвидаторов, персонала АЭС и жителей некоторых районов зоны ЧАЭС.

Мы провели исследование зубов 4 ликвидаторов, проходящих амбулаторные исследования в госпитале СБУ. В табл.9 указаны номера амбулаторных карточек этих людей. Кроме того, в этой же таблице приведен результат, полученный для образца зуба профессионального специалиста в области ядерной физики, работавшего на 4-м энергоблоке ЧАЭС:

ТАБЛИЦА 9. Индивидуальные дозы ликвидаторов, измеряемые методом ЭПР эмали зуба

N мед. карты	I Доза, записанная в мед. карте, сГр	I Доза, измеренная методом ЭПР, сГр
Г-3213	10	36 + 13
Г-6826	0.3	50 + 16
Г-4994	1.3	57 + 20
Г-6662	3.5	77 + 23

Приготовление образцов и исследование их спектров ЭПР проведено в Институте полупроводников АН Украины в лаборатории ретроспективной дозиметрии.

Важным моментом технологии приготовления образцов является тщательное удаление дентина. Эта операция выполнялась с помощью самодельных приспособлений, снабженных зубоврачебными бурами. Затем кусочки эмали измельчались в агатовой ступке.

Спектры ЭПР регистрировались с помощью спектрометра ЭПР типа Е-12 фирмы "Варьян" (США) при комнатной температуре. Эксперимент проводился в специальном двойном резонаторе, позволяющем проводить точное сравнение амплитуды изучаемого сигнала с амплитудой сигнала эталонного образца и, таким образом, исключить влияние перестройки установки при повторном исследовании того же образца после контрольного гамма-облучения.

Для индивидуальной калибровки чувствительности эмали к гамма-излучению (как известно, у разных образцов она различна) образец подвергался гамма-облучению от калиброванного источника. Для этой

цели использовался источник Cs-137 ИИИ АН Украины. После контрольного дооблучения производилось повторное изучение спектра ЭПР.

При определении дозы по сигналу ЭПР эмали зубов проблемой является наложение относительно слабого сигнала "радиационных центров" и более сильного фонового сигнала, не связанного с "радиационными центрами". Необходимо из сложного спектра, образованного наложением нескольких линий, выделить часть, обусловленную "радиационными центрами". Эта процедура выполняется с помощью компьютерного анализа спектра и разложения его на составляющие.

Сличение результатов восстановления интегральной дозы внешнего облучения различными методами

Для контрольных пунктов наблюдения в п.г.т. Народичи и с.Христиновка восстановление интегральной дозы внешнего облучения проводились различными методами. Полученные значения приведены в табл.10.

ТАБЛИЦА 10. Результаты восстановления интегральной дозы внешнего облучения различными методами

Пункт	Доза внешнего облучения, сГр			Примечание
	Расчетный метод	По фактич. данным	использованием доз. коэффициента	
Народичи	13	-	8	Объекты флоры и фауны Население
	7.5		4.6	
Христиновка	130	61	56	Объекты флоры и фауны Население
		35	42	

Анализируя представленные в таблице результаты, можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдается хорошее согласие между значениями, полученными с использованием дозового коэффициента, рассчитанного для флуор-

ского района, и на основании фактических данных измерений.

2. Результаты восстановления интегральной дозы внешнего облучения расчетным методом выше на 40-50 % от результатов, полученных на основании фактических данных измерений, что свидетельствует об удовлетворительном согласии.

3. Порядок величины дозы, полученной измерением термолуминесценции кварцевых включений из строительного кирпича, сравним с расчетным значением. Отличие можно объяснить тем, что образец кирпича из с.Христиновка находился на поверхности почвы и для таких конкретных условий облучения трудно провести расчет интегральной дозы внешнего облучения. Планируется провести повторный, более тщательный отбор образцов из кирпичных строений.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Одной из нерешенных проблем, возникших после аварии на ЧАЭС, является восстановление доз внешнего и внутреннего облучения. В данной работе было проведено восстановление интегральной дозы внешнего облучения на пораженных территориях зоны влияния ЧАЭС с момента аварии с целью расчета доз, поглощенных объектами флоры и фауны.

В связи с невозможностью охватить в рамках настоящего исследования все населенные пункты, подвергшиеся радиоактивному загрязнению вследствие аварии на ЧАЭС, на территориях 30-км зоны ЧАЭС и Овручского и Народичского районов Житомирской области были выбраны контрольные пункты наблюдения, расположенные в различных по уровню и составу загрязнения зонах.

Восстановление интегральной дозы внешнего облучения проводили различными методами: расчетным методом; на основании имеющихся фактических данных измерений в послеварийный период; измерительными методами (методом термолуминесценции кварцевых включений из образцов строительного кирпича и черепицы и методом электронного парамагнитного резонанса эмали зубов).

На примере Овручского района Житомирской области была проведена ретроспективная оценка средних индивидуальных доз внешнего и внутреннего облучения жителей, проживавших на территориях с различной плотностью загрязнения почвы, и коллективной дозы за послеварийный период для населения района. Коллективная доза за 6 лет составила 337405 чел.бар. На основании средних индивидуальных эквивалентных доз были рассчитаны дозовые коэффициенты, нормированные

на единицу поверхностной плотности загрязнения, которые составили: для внешнего облучения - $0,46 \pm 0,04$; для внутреннего облучения - $0,27 \pm 0,13$ бэр/(Ки/км²).

Эти коэффициенты были использованы при восстановлении интегральной дозы внешнего облучения в п.г.т. Народици и с.Христиновка, в которых было проведено восстановление также и другими методами.

Сличение результатов восстановления дозы внешнего облучения различными методами позволило сделать следующие выводы:

1. Наблюдается хорошее согласие между значениями, полученными с использованием дозового коэффициента, рассчитанного для Овручского района, и на основании фактических данных измерений.

2. Результаты восстановления интегральной дозы внешнего облучения расчетным методом выше на 40-50 % от результатов, полученных на основании фактических данных измерений, что свидетельствует об удовлетворительном согласии.

3. Порядок величины дозы, полученной измерением термолюминесценции кварцевых включений из строительного кирпича, сравним с расчетным значением.

Методом термолюминесценции кварцевых включений из образцов строительного кирпича и черепицы были восстановлены дозы внешнего облучения в ряде контрольных пунктов 30-км зоны ЧАЭС: г.Припять, г.Чернобыль, ст.Янов, Новопелешчское лесничество.

Методом электронного парамагнитного резонанса эмали зубов были восстановлены индивидуальные дозовые нагрузки у 5 ликвидаторов последствий аварии на ЧАЭС.

Таким образом, была показана целесообразность применения всех используемых методов для решения проблем восстановления доз внешнего облучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асмолов В.Г., Боровой А.А., Демин В.Ф. и др. Авария на Чернобыльской АЭС: год спустя / Докл. на Междунар. конф. по показателям и безопасности ядерной энергетики.-Вена, 1987.-С.1-66.
2. Борисова В.В., Воеводина Т.М., Федорова А.В., Яковлева Н.Г. Биологические эффекты при длительном поступлении радионуклидов.-М.: Энергоатомиздат, 1988.-168 с.
3. Бриллиант М.Д., Клевезаль Г.А., Мордвинцов П.И. и др. Определенные накопленной дозы гамма-излучения по эмали зубов // Журн. гематологии и трансфизиологии.-1990.-№ 12.-С.11-15.
4. Булдаков Л.А. Радиоактивные вещества и человек.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-156 с.
5. Голутвина М.М., Абрамов Ю.В. Контроль за поступлением радиоактивных веществ в организм человека и их содержанием.-М.: Энергоатомиздат, 1989.-173 с.
6. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиационные выбросы в биосфере: Справочник.-М.: Энергоатомиздат, 1986.-287 с.
7. Гусев Н.Г., Климов В.А., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений.-М.: Энергоатомиздат, 1989.-111.-510 с.
8. Израэль Ю.А., Петров В.Н., Андрушин С.И. // Метеорология и климатология.-1987.- № 2.-С.5-18.
9. Колобашкин В.М., Рубцов П.М., Ружанский И.А. и др. Радиационные характеристики облученного ядерного топлива.-М., 1985.-130 с.
10. Козлов В.Ф. Справочник по радиационной безопасности.-М., 1987.-178 с.
11. Крысюк Э.М. Радиационный фон помещений.-М.: Энергоатомиздат, 1989.-119 с.
12. Медицинские последствия аварии на Чернобыльской атомной электростанции: Информ. бюл.-Киев: ВНИЦРМ АМН СССР, 1991.-340 с.
13. Моисеев А.А., Иванов В.И. Справочник по дозиметрии и радиационной гигиене.-М.: Энергоатомиздат, 1990.-198 с.
14. Нормы радиационной безопасности НРБ-76/87 и основные санитарные правила ОСП-72/87.-М.: Энергоатомиздат, 1988.-145 с.
15. Определение годовых суммарных эффективных эквивалентных доз облучения населения для контролируемых районов РСФСР, УССР, БССР, подвергшихся радиоактивному загрязнению в результате аварии на Чернобыльской АЭС: Метод.указ.-ВНИЦРМ АМН СССР, ИБФ МЗ СССР, ЛИРГ МЗ СССР, НИИРМ МЗ БССР, 1991.-98 с.

16. Пристер Е.С., Лоцилов Н.А., Немец О.Ф., Поярков В.А. Основы сельскохозяйственной радиологии.-Киев: Урожай, 1988.-200 с.
17. Mackell E.H., Kaipa P.L., Wrenn M.E. Pre-dose TL characteristics of quartz inclusions removed from bricks exposed to fallout radiation from atmospheric testing at the Nevada test site // Nucl. Tracks Radiat. Meas.- 1988.- Vol.14.- P.113-120.
18. Ishii H., Ikeya M. ESR dosimetry of tooth enamel // J. Nucl. Sci. Technol.- Vol.27, N 12.-P.1153-1155.
19. US-Japan Joint Reassessment of Atomic Bomb Radiation Dosimetry in Hiroshima and Nagasaki(DS-86): Final Report / Ed. by Roesch. Radiation Effects Research Foundation.- Hiroshima, 1987.-Vol.1-2.

Научное издание

НОВАЛЬ Григорий Николаевич
СВАРИЧЕВСКАЯ Елена Владимировна
БУГАЙ Александр Аркадьевич
ДРОЗД Иван Петрович
СВЯТУН Оксана Витальевна

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ДОЗЫ ОБЛУЧЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ,
ПРОЖИВАЮЩЕГО НА ПОРАЖЕННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ
ЧАЭС ЗА ПОСЛЕАВАРИЙНЫЙ ПЕРИОД**

Редактор **Л.Н.Троян**

Подл. в печ. 22.07.93. Формат 60x90/16. Бум. офс. Офс. печ.
Усл. печ. л. 2. Уч.-изд. л. 1,8. Тираж 160 экз. Заказ 115
Цена 40 к.

СКТБ с ЭП Института ядерных исследований АН Украины
252028, Киев-28, проспект Науки, 47
