

## РАДІАЦІЙНА ГІГІЄНА

УДК: 621.039.584:504:631.438(477.51)«45=10»

### ОЦІНКА РАДІОЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ НА ЧЕРНІГІВЩИНІ У ВІДДАЛЕНИЙ ПЕРІОД ПІСЛЯ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ

<sup>1</sup> Пономаренко Н.П., <sup>2</sup> Коршун М.М.

<sup>1</sup> Головне управління Держсанепідслужби України у Чернігівській області, м. Чернігів

<sup>2</sup> Національний медичний університет ім. О.О. Богомольця, м. Київ

Внаслідок Чорнобильської катастрофи, за підрахунками різних авторів, в навколишнє середовище було викинуто близько 200 радіоактивних ізотопів елементів в різних фазових та хімічних формах загальною активністю до 13 Ексабеккерелів (ЕБк =  $10^{18}$  Бк) [1]. На сьогодні основу радіологічної небезпеки складають трансуранові елементи та довгоживучі цезій-137 і стронцій-90.

В післяаварійний період міграція цезію-137 та стронцію-90 в ґрунтах визначає переважачу роль внутрішнього опромінення над зовнішнім. Це пояснюється надходженням радіонуклідів до організму з продуктами харчування внаслідок міграційних процесів в системі «ґрунт-рослина» [2]. Доведено, що цезій-137, який 100% всмоктується в шлунково-кишковому тракті, на 70-95% є дозоутворюючим компонентом внутрішнього опромінення [1]. На прикладі Рівненської області, яка відноситься до найбільш постраждалих регіонів, показано, що невеликі рівні забрудненості ґрунтів приводять до значного накопичення радіонуклідів в рослинності, в тому числі в сільськогосподарських культурах, та в подальшому в харчових продуктах рослинного та тваринного походження [3]. В [4] зазначено, що радіоактивно забруднені продукти формують 98-99% дози внутрішнього опромінення людини. Стронцій-90 має суттєве радіологічне значення тільки на території, суміжній із зоною відчуження – північна частина Київської області та західна частина Чернігівської області [1].

Встановлено, що показники здоров'я на 20-21% залежать від забруднення навко-

лишнього середовища. Проте, негативні чинники довкілля мають свої регіональні особливості. Результати досліджень свідчать, що стійкі негативні тенденції стану здоров'я постраждалого дитячого населення України зберігаються і у віддалений період після катастрофи на Чорнобильській АЕС (зростання захворюваності з 455,4‰ у 1987 році до 1449,7‰ у 2006 році; поширеності хвороб з 786,6‰ до 2416,1‰ відповідно) [5]. Науковцями доведено [6], що дія малих доз іонізуючого випромінювання на тлі гіповітамінозів Е, А, Д, В<sub>9</sub> та дефіциту йоду у вагітних жінок, які народилися та проживають на радіоактивно забруднених територіях, впливає на рівень вроджених вад розвитку новонароджених. Прогресивно зменшується кількість здорових дітей в державі – від 30% у 1986 р. до 1% у 2010 р. [6]. У структурі захворюваності дітей, мешканців забруднених територій, провідне місце займають хвороби органів дихання, ендокринної системи та обміну речовин, спостерігається тенденція зростання показників захворюваності та поширеності хвороб органів травлення [5].

Чернігівська область належить до територій України, на яких відсутні підприємства атомної енергетики, підприємства з видобутку та переробки уранових руд. Наявна радіаційна ситуація на території області, в більшій мірі, сформувалася внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС.

Відразу після Чорнобильської катастрофи 33,5% території Чернігівщини було забруднено цезієм-137 в межах 4-10 кБк/м<sup>2</sup>; 19,4% – 10-20 кБк/м<sup>2</sup>; 20,1% – 20-40 кБк/м<sup>2</sup>; 4,8% – 40-100 кБк/м<sup>2</sup>; 1,8% – 100-185 кБк/м<sup>2</sup>.

Площа території, що була забруднена стронцієм-90 в діапазоні 2-4 кБк/м<sup>2</sup>, становила 31%; 4-10 кБк/м<sup>2</sup> – 13,2%; 10-20 кБк/м<sup>2</sup> – 4,6%; 20-40 кБк/м<sup>2</sup> – 0,4% [1].

**Мета дослідження.** Оцінка радіоекологічної ситуації та показників захворюваності дітей в районах Чернігівської області у віддалений період після аварії на ЧАЕС (2001-2010 роки).

Для досягнення мети були визначені наступні завдання: оцінити стан щільності забруднення сільськогосподарських угідь районів цезієм-137 (Cs<sup>137</sup>) та стронцієм-90 (Sr<sup>90</sup>); провести аналіз результатів забруднення молока та картоплі зазначеними радіонуклідами в радіаційно забруднених районах; порівняти рівні та темпи приросту захворюваності дитячого населення 0-14 років в досліджуваних районах; визначити території з найбільш несприятливою ситуацією.

#### **Матеріали та методи дослідження.**

Для здійснення поставленої мети був проведений ретроспективний аналіз щільності забруднення сільськогосподарських угідь районів Чернігівщини Cs<sup>137</sup> та Sr<sup>90</sup> за VIII і IX тури агрохімічної паспортизації (2001-2005 та 2006-2010 роки; дані Чернігівської філії ДУ «Інститут охорони ґрунтів»); аналіз забруднення радіонуклідами основних продуктів харчування – молока та картоплі (за даними Держсанепідслужби). В попередніх роботах [8,9] було проведено ранжування районів Чернігівщини за рівнями та темпом приросту первинної захворюваності дитячого населення 0-14 років за період 2001-2010 рр.

Згідно Постанови Кабінету Міністрів Української РСР від 23.07.1991 р. №106 «Про організацію виконання постанов Верховної Ради Української РСР про порядок введення в дію законів Української РСР «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» та «Про правовий статус і соціальний захист громадян, які постраждали внаслідок чорнобильської катастрофи» до зон радіоактивного забруднення віднесені населені пункти семи районів Чернігівської області: Козелецького, Корюківського, Новгород-Сіверського, Семенівського, Сосницького та Чернігівського.

Для характеристики радіоекологічної ситуації нами обрані п'ять районів з великою кількістю забруднених населених пунктів (Козелецький, Корюківський, Ріпкинський, Семенівський, Чернігівський райони) та п'ять контрольних, «чистих» районів – Борзнянський, Варвинський, Прилуцький, Срібнянський та Талалаївський. Контрольні райони обирали за щільністю забруднення ґрунтів радіонуклідами так, щоб за період 2001-2010 рр. рівні забруднення Cs<sup>137</sup> не перевищували 1 Кі/км<sup>2</sup>, Sr<sup>90</sup> – 0,15 Кі/км<sup>2</sup>.

Статистична обробка проведена за допомогою програми «Microsoft Office Excel».

**Результати дослідження та їх обговорення.** На підставі даних результатів агрохімічної паспортизації розраховано питому вагу (%) площ сільськогосподарських угідь по рівнях забруднення радіонуклідами в досліджуваних районах (табл. 1,2).

Встановлено, що в постраждалих районах більшість території сільгоспугідь має щільність забруднення радіоцезієм до 1 Кі/км<sup>2</sup>. Проте на кінець 2010 р. в забруднених районах залишаються сільськогосподарські угіддя, де щільність забруднення Cs<sup>137</sup> знаходиться в межах 5-15 Кі/км<sup>2</sup>: Корюківський – 0,7% площі, Ріпкинський – 0,4%, Семенівський – 0,4% та Чернігівський район – 0,2% (табл. 1). В Козелецькому районі щільність забруднення ґрунту не перевищує 5 Кі/км<sup>2</sup>.

За досліджуваний період в постраждалих районах спостерігається тенденція до скорочення відсотка територій, які мають щільність забруднення Cs<sup>137</sup> більше 1 Кі/км<sup>2</sup>. Найгірша ситуація щодо забруднення сільгоспугідь Cs<sup>137</sup> спостерігається в Семенівському, Ріпкинському та Корюківському районах.

Щільність забруднення Sr<sup>90</sup> основної частини сільгоспугідь усіх досліджуваних районів знаходиться в межах 0,02-0,15 Кі/км<sup>2</sup> (табл. 2). В той же час, незважаючи на позитивну динаміку на кінець 2010 р., в усіх потерпілих районах наявні землі, щільність забруднення яких Sr<sup>90</sup> знаходиться в межах 0,15-3,0 Кі/км<sup>2</sup>. Найгірша ситуація спостерігається в Козелецькому, Ріпкинському та Чернігівському районах.

Таблиця 1. Розподіл площі сільськогосподарських угідь районів Чернігівської області за рівнем забруднення цезієм-137.

№ п/п	Назва району	Площа всього, тис. га	Питома вага території (%) з рівнем забруднення Cs <sup>137</sup> , Кі/км <sup>2</sup>					
			<1	1-5	5-15	<1	1-5	5-15
			2001-2005 рр.			2006-2010 рр.		
1.	Козелецький	121,7	94,5	5,3	0,2	96,6	3,4	-
2.	Корюківський	62,0	93,2	6,1	0,7	93,6	5,8	0,6
3.	Ріпкинський	82,3	89,3	9,7	1,0	91,5	8,1	0,4
4.	Семенівський	70,8	71,9	27,4	0,7	72,6	27,0	0,4
5.	Чернігівський	143,1	95,8	4,0	0,2	96,4	3,4	0,2
6.	Борзнянський	119,6	100	-	-	100	-	-
7.	Варвинський	41,1	100	-	-	100	-	-
8.	Прилуцький	124,2	100	-	-	100	-	-
9.	Срібнянський	41,2	100	-	-	100	-	-
10.	Талалаївський	39,6	100	-	-	100	-	-

Таблиця 2. Розподіл площі сільськогосподарських угідь районів Чернігівської області за рівнем забруднення стронцієм-90.

№ п/п	Назва району	Площа всього, тис. га	Питома вага території (%) з рівнем забруднення Sr <sup>90</sup> , Кі/км <sup>2</sup>					
			<0,02	0,02-0,15	0,15-3,0	<0,02	0,02-0,15	0,15-3,0
			2001-2005 рр.			2006-2010 рр.		
1.	Козелецький	121,7	7,1	68,1	24,8	2,4	80,0	17,6
2.	Корюківський	62,0	25,3	74,5	0,2	25,1	74,7	0,2
3.	Ріпкинський	82,3	-	85,3	14,7	0,4	91,2	8,4
4.	Семенівський	70,8	1,4	96,2	2,4	2,7	95,2	2,1
5.	Чернігівський	143,1	1,5	88,1	10,4	1,5	89,7	8,8
6.	Борзнянський	119,6	0,4	99,6	-	0,9	99,1	-
7.	Варвинський	41,1	7,8	92,2	-	7,5	92,5	-
8.	Прилуцький	124,2	-	100	-	0,6	99,4	-
9.	Срібнянський	41,2	-	100	-	1,2	98,8	-
10.	Талалаївський	39,6	12,4	87,6	-	12,1	87,9	-

Відомо, що в Україні після Чорнобильської катастрофи в період 1991-2008 рр. проводилася щорічна дозиметрична паспортизація населених пунктів, віднесених до зон радіоактивного забруднення. Усі дозові розрахунки базувалися на результатах щорічних вимірювань обласними санепідстанціями радіоцезію в молоці та картоплі з забруднених територій [10]. Також радіологічною лабораторією Чернігівської обласної санітарно-епідеміологічної станції проводилося визначення забруднення цих продуктів Sr<sup>90</sup>. На рис. 1 та в табл. 3 представлені середні значення вмісту радіонуклідів в молоці та кар-

топлі по радіоактивно забруднених районах за період, що аналізується.

Середній вміст радіонуклідів в харчових продуктах по даних адміністративних територіях за період 2001-2008 рр. не перевищував допустимих рівнів згідно з ДР-97 та ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів Cs<sup>137</sup> і Sr<sup>90</sup> у продуктах харчування та питній воді» і в цілому знижувався. Чітке зниження вмісту Cs<sup>137</sup> в молоці спостерігаємо в Козелецькому (коефіцієнт кореляції Пірсона  $r = -0,866$ ,  $p < 0,05$ ), Семенівському ( $r = -0,838$ ,  $p < 0,05$ ), Чернігівському ( $r = -0,827$ ,  $p < 0,05$ ) районах; тенденцію – в Ко-

рюківському та Ріпкінському ( $r = -0,654$ ,  $p > 0,05$ ). Однак упродовж зазначених років визначалися перевищення вмісту  $Cs^{137}$  в мо-

лоці приватних господарств, кількість яких з роками зменшувалася.

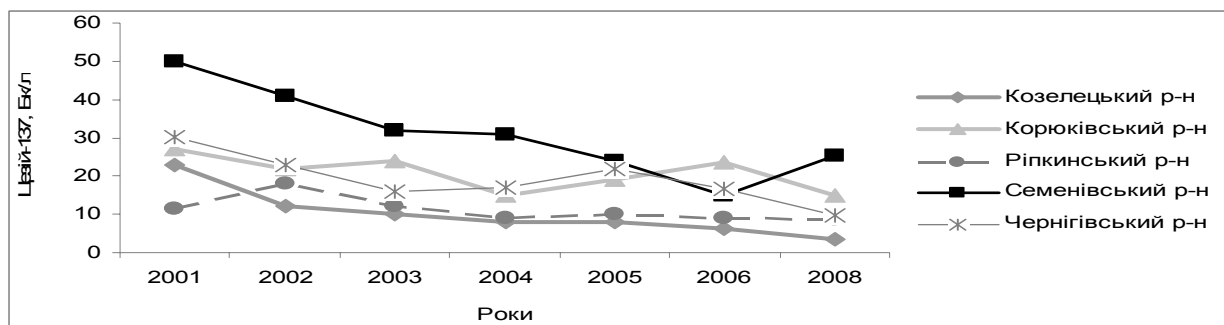


Рисунок 1. Вміст цезію-137 в молоці з радіоактивно забруднених районів Чернігівської області.

Так, в 2001 р. позитивні проби були у всіх забруднених районах: Козелецький – 5 з 210 (рівні  $Cs^{137}$  в межах 108-161 Бк/л), Корюківський – 10 з 140 (102-123 Бк/л), Ріпкинський – 4 з 355 (120-157 Бк/л), Семенівський – 47 з 310 (102-192 Бк/л), Чернігівський – 23 з 260 (103-174 Бк/л). В 2008 р. зареєстровано лише 4 випадки перевищень вміс-

ту  $Cs^{137}$  в молоці приватних господарств: 2 з 140 в Корюківському (108 і 116 Бк/л) та 2 з 273 у Семенівському (102 і 106 Бк/л) районах.

Перевищень допустимих рівнів  $Sr^{90}$  у всіх пробах за період 2001-2008 рр. не було (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст стронцію-90 в молоці та картоплі з радіоактивно забруднених районів Чернігівської області.

№ п/п	Райони/роки	Середній вміст $Sr^{90}$ в молоці (Бк/л) та картоплі (Бк/кг)						
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2008
1.	Козелецький	2,4/2,7	1,53/-	14/5,9	2,5/1,87	2,8/1,4	1,5/0,55	0,91/1,4
2.	Корюківський	0,67/1,6	1,31/5,15	0,44/5,15	0,59/1,86	0,6/1,1	0,79/0,98	0,61/1,28
3.	Ріпкинський	1,78/2,88	1,12/4,8	1,24/6,5	1,29/1,8	1/1,1	1,16/1,22	0,98/1,48
4.	Семенівський	0,9/2,5	0,5/4,26	0,91/4,76	0,58/1,3	0,6/1,5	0,53/0,42	0,72/2,07
5.	Чернігівський	1,26/2,67	0,97/3,94	1,98/6,55	1,42/1,65	1,1/1,2	0,95/0,61	1,17/1,08

Ретроспективно-прогностичні дані (табл. 4) свідчать про те, що навіть через більше ніж 45 років максимальні дози опромінення населення радіоактивно забруднених

районів Чернігівщини будуть перевищувати ліміт річної ефективної дози для осіб категорії В – 1 мЗв згідно з НРБУ-97.

Таблиця 4. Ретроспективно-прогностичні дози опромінення населення радіоактивно забруднених районів Чернігівщини, мЗв.

№ п/п	Райони/роки	Кількість населених пунктів	Дози опромінення (мЗв)									
			1986-1997		1998-2003		2004-2013		2014-2033		2034-2055	
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
1.	Козелецький	40	1,1	21	0,14	2,1	0,13	1,8	0,1	1,5	0,03	0,44
2.	Корюківський	29	0,69	14	0,1	2,7	0,07	2,6	0,07	2,1	0,02	0,61
3.	Ріпкинський	71	1,7	37	0,19	3,7	0,17	3,3	0,12	2,7	0,05	1
4.	Семенівський	53	1,3	26	0,16	2,8	0,14	2,4	0,11	2	0,04	0,75
5.	Чернігівський	44	1,8	31	0,29	6,9	0,26	6,4	0,17	5,2	0,05	1,7

Результати проведеної нами оцінки захворюваності дитячого населення у віці 0-14 років по 22 адміністративних територіях Чернігівщини за період 2001-2010 років свідчать, що серед досліджуваних районів існує відчутна різниця по рівнях та темпах приросту даного показника (детальний аналіз наведено в [8,9]).

Дані ранжування (табл. 5) свідчать, що рівні захворюваності та динаміка її приросту серед дитячого контингенту «чистих» районів є найнижчими або середніми. За загальним рангом ці райони розташувалися в такій послідовності: Талалаївський (1), Прилуцький (5), Борзнянський (6), Срібнянський (7), Варвинський (14) райони.

Таблиця 5. Ранжування досліджуваних районів Чернігівської області за показниками захворюваності дітей 0-14 років за період 2001-2010 рр.

№ п/п	Райони	Ранг		
		за рівнем захворюваності	за темпом приросту	загальний
1.	Козелецький	20	15	19
2.	Корюківський	22	17	21
3.	Ріпкинський	19	13	18
4.	Семенівський	18	22	22
5.	Чернігівський	17	4	10
6.	Борзнянський	3	11	6
7.	Варвинський	9	18	14
8.	Прилуцький	7	6,5	5
9.	Срібнянський	12	5	7
10.	Талалаївський	1	1	1

Примітка. Ранжуванням охоплено усі 22 райони області. Найнижчий ранг (1) встановлений для району з найнижчим показником захворюваності або темпом її приросту, що свідчить про найкращу ситуацію.

Всім районам, що відносяться до постраждалих, притаманні високі рівні захворюваності дітей; ці райони посідають найвищі рангові місця. Крім того, в Семенівському (22) та Корюківському (17) районах спостерігається високий темп приросту захворюваності, а в Козелецькому (15) та Ріп-

кинському (13) – вищий за середній. Комплексна оцінка засвідчила, що чотири забруднених райони – Ріпкинський (18), Козелецький (19), Корюківський (21), Семенівський (22) – входять в п'ятірку територій області з найгіршою ситуацією за вказаними показниками.

### Висновки

1. Результати досліджень свідчать, що, незважаючи на розсіювання внаслідок міграції та природний розпад радіонуклідів, в період 2001-2010 років в постраждалих районах Чернігівщини частка сільськогосподарських угідь забруднених  $Cs^{137}$  в межах 1-15  $Ki/km^2$  становила від 3,4 до 28,1%, забруднених  $Sr^{90}$  в межах 0,15-3  $Ki/km^2$  – від 0,2 до 24,8%.

2. Встановлено, що найгірша ситуація за забрудненістю угідь  $Cs^{137}$  спостерігається в Семенівському, Ріпкинському та Корюківському районах;  $Sr^{90}$  – Козелецькому, Ріпкинському та Чернігівському районах.

3. Показано, що середній вміст радіонуклідів в молоці та картоплі радіоактивно забруднених населених пунктів за період 2001-2008 рр. не перевищував допустимих рівнів і мав тенденцію до зниження. Чітке зниження вмісту  $Cs^{137}$  в молоці спостерігаємо в Козелець-

кому, Семенівському і Чернігівському районах; тенденцію – в Корюківському та Ріпкінському. Однак, навіть в 2008 р., тобто через 22 роки після аварії на ЧАЕС, зареєстровані по два випадки перевищень вмісту  $Cs^{137}$  в молоці приватних господарств в Корюківському (108 і 116 Бк/л) та Семенівському (102 і 106 Бк/л) районах.

4. Встановлено, що потерпілі райони в порівнянні з контрольними мають гіршу ситуацію як за рівнями, так і за темпами приросту захворюваності дитячого населення.

Отже, аналіз радіоекологічної ситуації на Чернігівщині свідчить, що поряд з іншими факторами, віддалені наслідки чорнобильської катастрофи й надалі чинять негативний вплив на стан здоров'я дитячого населення області.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. 20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє // Національна доповідь України. – К.: Атіка, 2006. – 224 с.
2. Бондаренко Г.М. Комплексное исследование влияния Чернобыльской катастрофы на окружающую среду, научное обоснование реабилитации загрязнённых территорий и радиационной защиты населения Украины / Г.М. Бондаренко, Г.А. Богданов, О.В. Войцехович, др. // Довкілля та здоров'я. 2006. – №1. – С. 31-37.
3. Шевченко Г.М. Гігієнічна оцінка стану радіаційного забруднення довкілля Рівненської області / Г.М. Шевченко, І.В. Гушук, О.Д. Комов // Гігієна населених місць. 2010. – Вип.55. – С. 265-270.
4. Корзун В.Н. Ионизирующая радиация и питание детей / В.Н. Корзун, Л.В. Курило, Е.И. Степанова, В.Ф. Торбин. – К.: Чернобыльинтеринформ, 1997. – 121 с.
5. Степанова Є.І. Стан здоров'я дітей – мешканців радіоактивно забруднених територій у віддалений період після аварії на ЧАЕС / Є.І. Степанова, І.Є. Колпаков, В.Ю. Вдовенко, В.Г. Кондратова // Гігієна населених місць. 2008. – Вип.51. – С. 311-317.
6. Бебешко В.Г. Радіологічні та медичні наслідки Чорнобильської катастрофи / В.Г. Бебешко, Д.А. Бази́ка, А.Ю. Романенко, К.М. Лобановський // Журнал НАМН України. 2011. – Т.17, – №2. – С. 132-138.
7. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2010 рік. – Чернігів, 2011. – 348 с.
8. Пономаренко Н.П. Динаміка захворюваності дитячого населення Чернігівщини // Гігієна населених місць. 2012. – Вип.60. – С. 93-98.
9. Пономаренко Н.П. Ретроспективный анализ заболеваемости и смертности детского населения Черниговской области Украины / Н.П. Пономаренко, М.М. Коршун // Здоровье и окружающая среда. Сборник научных трудов. – Минск, 2013. – Вип.23. – С. 230-234.
10. Двадцять п'ять років Чорнобильської катастрофи. Безпека майбутнього // Національна доповідь України. – К.: КІМ, 2011. – 356 с.

#### **ОЦЕНКА РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ НА ЧЕРНИГОВЩИНЕ В ОТДАЛЁННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ ЧЕРНОБЫЛЬСКОЙ КАТАСТРОФЫ**

*Пономаренко Н.П., Коршун М.М.*

*Проведена оцінка радіоекологічної ситуації і показателів захворюваності дітей 0-14 лет в районах Черниговской области за период 2001-2010 гг. Установлены территории с наихудшей ситуацией по загрязнённости сельскохозяйственных угодий  $Cs^{137}$  и  $Sr^{90}$ . Проанализированы средние уровни содержания радионуклидов в молоке и картофеле радиоактивно загрязнённых населённых пунктов. Показано, что пострадавшие районы, в сравнении с контрольными, имеют худшую ситуацию по уровням и темпам прироста заболеваемости детей.*

## ***EVALUATION OF RADIOECOLOGICAL SITUATION IN CHERNIGOV REGION IN THE REMOTE PERIOD AFTER CHERNOBYL DISASTER***

*Ponomarenko N.P., Korshun M.M.*

*Evaluation of radioecological situation and morbidity indexes among children aged 0-14 in the areas of the Chernigov region for the period 2001-2010 has been conducted. Areas with the worst farmland pollution by Cs<sup>137</sup> and Sr<sup>90</sup> have been established. The average levels of radionuclides in milk and potatoes in radioactively contaminated areas have been analyzed. It is shown that the affected areas, compared to controls, have a worse situation in the levels and growth rates of morbidity in children.*

## **АНАЛІЗ БЕТА-СПЕКТРІВ РІДИННО-СЦИНТИЛЯЦІЙНОГО СПЕКТРОМЕТРА ШЛЯХОМ ЇХ СТАНДАРТИЗАЦІЇ НА ОСНОВІ ЗМІЩЕННЯ І ОБЧИСЛЕННЯ У БАГАТЬОХ ВІКНАХ**

*Бузинний М.Г.*

*ДУ "Інституту гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМН України", м. Київ*

Описано метод аналізу бета-спектрів рідинно-сцинтиляційного спектрометра реалізований на основі їх стандартизації шляхом зміщення та багато-віконних обрахунків, застосований для обчислень, зокрема, при визначенні радіовуглецю. Збіг спектрів за кінцевою точкою досягається за рахунок їх зміщення. Для розрахунків використовуються високоенергетичні вікна (ділянки) спектрів. Результат усереднення обчислень спектрів у кількох вікнах дає більш надійний розв'язок, тоді як відповідне стандартне відхилення або нестабільність результатів дає оцінку якості стандартизації.

**Вступ.** Підрахунки у «вікнах» використовуються в техніці рідинного сцинтиляційного лічення (РСЛ) із самого початку зокрема для вимірювання низьких рівнів <sup>3</sup>H, <sup>14</sup>C і Черенковського лічення. При цьому для стандартизації спектрів використовується один із методів зовнішнього стандарту. Спектрометр Quantulus 1220<sup>TM</sup> має аналого-цифровий перетворювач з логарифмуванням спектру. Конфігурація спектрометра, яку використовують для вимірювань радіовуглецю, реалізована вибором високого значення нижнього порогу, що відсікає частину спектру з низькими енергіями. Це запобігає впливу перешкод зумовлених люмінесценцією та/або тритієм.

Наявні у РСЛ пробах домішки дають гасіння і, відповідно, різну ефективність ре-

естрації спектру та його зсув. Причому залежність ефективності від гасіння мінімальна для випромінювань високих енергій. Саме тому для забезпечення сумісності спектрів при їх аналізі ми запропонували підхід, суть якого полягає у тому, що для обрахунків використовуються високоенергетичні частини спектрів, для чого відповідні ділянки суміщаються за верхньою межею. Практично це здійснюється шляхом зміщення до збігу верхньої межі спектру проби відносно спектрів калібрування.

Принциповим є те, що для обрахунків ми використовуємо декілька обмежених ділянок спектрів («вікна»), що перекриваються між собою. Розрахунки виконуються для кожної відповідної ділянки за її характеристиками, а остаточним результатом є статистичне усереднення результатів, які отримані по окремим ділянкам. Невизначеність (похибку) розрахунків отримують як стандартне відхилення результатів розрахованих по окремим ділянкам.

**Методи.** Раніше ми використовували бета-спектрометричний метод аналізу багатоконпонентних бета-спектрів у випадку <sup>137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>40</sup>K [3], а пізніше для виділення <sup>210</sup>Pb на фоні штучних та природних радіонуклідів [2]. В обох випадках для корекції гасіння ми використовували зсув спектру проби відносно калібрувальних спектрів.