

© 2011 Ю. В. Хомутінін, Ю. О. Іванов, В. К. Кириченко

*Український науково-дослідний інститут сільськогосподарської радіології  
Національного університету біоресурсів і природокористування України, Київ***ОЦІНКА НЕОБХІДНОСТІ ПРОВЕДЕННЯ КОНТРЗАХОДІВ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ  
СІЛЬГОСПУГІДЬ, ЗАБРУДНЕНИХ ВАЖКИМИ ПРИРОДНИМИ РАДІОНУКЛІДАМИ**

Проведено дослідження щодо надходження важких природних радіонуклідів ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) в організм людини з продуктами харчування. Запропоновано методологію оцінки необхідності проведення реабілітаційних заходів на сільськогосподарських угіддях, забруднених важкими природними радіонуклідами.

*Ключові слова:* важкі природні радіонукліди, продукти харчування, реабілітація земель.

**Вступ**

В Україні протягом багатьох років функціонують підприємства по видобутку та переробці уранових руд, що призвело до утворення хвостосховищ із високим вмістом важких природних радіонуклідів (ВПРН). Ці підприємства та їхні відвали, як правило, розміщені в районах із розвинутим сільським господарством і є потенційними джерелами забруднення ВПРН прилеглих територій та сільськогосподарських угідь. Через небезпеку цього явища виникає задача оцінки ступеня забруднення цих територій та необхідність їхньої реабілітації.

На прикладі однієї з таких територій, Придніпровського хімічного заводу по переробці уранових руд (ПХЗ) та його хвостосховищ, у роботі аналізуються консервативні оцінки річного надходження ВПРН ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) в організм людини з водою та продуктами харчування та розглядаються питання необхідності проведення контрзаходів, що знижують це надходження.

**Матеріали та методи**

Дослідження проводилися на території впливу ПХЗ та його хвостосховищ як типових джерел ВПРН, що становлять потенційну небезпеку для прилеглих територій та населення, яке проживає на них. За період 1949 - 1991 рр. на території підприємства та за його межами було утворено 9 сховищ відходів уранового виробництва: 3 на території ПХЗ (Західне, Центральний Яр, Південно-західне) та 6 за його межами (Дніпровське (Д), лантанова фракція, Сухачівське (перша та друга секції), база «С», доменна піч ДП № 6). У

них накопичено біля 42,2 млн т відходів загальною активністю  $3,14 \cdot 10^{15}$  Бк. У зоні впливу виробничого об'єднання ПХЗ і його хвостосховищ проживає як міське (Дніпродзержинськ), так і сільське населення (в основному н.п. Карнаухівка і Таромське).

Розрахунки величини надходження радіонуклідів  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$  в організм людей з продуктами харчування і водою проводилися для критичної групи населення. У даній роботі цю групу становлять дорослі сільські жителі, які споживають овочі, фрукти та ягоди з присадибних ділянок, а молоко, м'ясо та яйця з особистих підсобних господарств, що розташовані в зоні впливу ПХЗ та його хвостосховищ. В якості показника забруднення території ВПРН у роботі використовується річне надходження радіонуклідів в організм людини через органи травлення (з водою та продуктами харчування). Ці величини нормуються НРБУ-97, де визначено допустимі рівні  $ALI^{igest}$ . У роботі використовувалися допустимі рівні річного надходження ВПРН в організм людини через органи травлення для категорії населення В.

Річне надходження ВПРН в організм людини через органи травлення визначається річним споживанням продуктів харчування  $M_j$ , де  $j$  – компонент раціону, та питомою активністю радіонуклідів у них. Раціон харчування було складено на основі набору продуктів харчування [1], затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 656 від 14 квітня 2000 р. з урахуванням рекомендацій МАГАТЕ для розрахунку ефективних доз опромінення, обумовлених чорнобильськими радіоактивними випаданнями [2]. Цей раціон було умовно поділено на 2 частини.

*Раціон критичної групи населення для розрахунків надходження ВПРН  
у зоні впливу ПХЗ і його хвостосховищ*

Продукти з території проживання $M_j$ , кг/рік		Привозні продукти $M_j$ , кг/рік	
Овочі	117	Борошно житнє, пшеничне	10
Фрукти, соки	72	Хліб житній, пшеничний	101

Продукти з території проживання  $M_j$ , кг/рік

Картопля	108
Молокопродукти	210
Яловичина, баранина	18
Свинина, сало	48
М'ясо птиці, кроля	14
Субпродукти (печінка, язик тощо)	9
Яйця (шт.)	365
Вода	800

Привозні продукти  $M_j$ , кг/рік

Крупи	18
Макаронні вироби	4
Ковбасні вироби	9
Риба, рибопродукти	22

У даній роботі питома активність радіонукліда в компоненті раціону була розглянута як випадкова величина, що має логнормальний закон розподілу ймовірностей

$$f(C_{i,j}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot C_{i,j} \cdot s_{i,j}} \exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(C_{i,j}) - \mu_{i,j}}{s_{i,j}}\right)^2\right),$$

де  $C_{i,j}$  – питома активність  $i$ -го радіонукліда в  $j$ -й компоненті раціону (Бк/кг, Бк/л);  $\mu_{i,j}$  – математи-

чне очікування логарифму питомої активності радіонукліда в компоненті раціону;  $s_{i,j}^2$  – дисперсія логарифму питомої активності радіонукліда в компоненті раціону. Значення медіан питомої активності радіонуклідів у компонентах раціону  $\overline{C_{i,j}} = \exp(\mu_{i,j})$  і  $s_{i,j}$ , що використовувалися в даній роботі, наведено в табл. 1. Для аналізу були використані методи математичної статистики та теорії ймовірностей [3].

Таблиця 1. Медіанні значення та варіабельність питомої активності радіонуклідів у продуктах харчування та питній воді, Бк/кг

Найменування продукту	<sup>210</sup> Pb	<sup>210</sup> Po	<sup>226</sup> Ra	<sup>232</sup> Th	<sup>238</sup> U	Примітка
Борошно житнє, Пшеничне	<u>0,1</u> 0,47	<u>0,05</u> ** 0,52	<u>0,12</u> 0,67*	<u>0,022</u> 1,00*	<u>0,01</u> 1,00	50 % від зерна. За результатами вимірювань та робіт [13, 15]
Хліб житній, пшеничний	<u>0,1</u> 0,47	<u>0,05</u> ** 0,52	<u>0,12</u> 0,67*	<u>0,01</u> 1,00*	<u>0,01</u> 1,00	як для борошна
Крупи	<u>0,11</u> 0,47	<u>0,065</u> ** 0,52	<u>0,12</u> 0,67*	<u>0,01</u> 1,00*	<u>0,01</u> 1,00	як для борошна з урахуванням [13, 16]
Макаронні вироби	<u>0,066</u> 0,47	<u>0,037</u> ** 0,52	<u>0,12</u> 0,67*	<u>0,01</u> 1,00*	<u>0,01</u> 1,00	як для борошна з урахуванням [13]
Картопля	<u>0,0004</u> * 0,50	<u>0,0002</u> ** 0,50	<u>0,04</u> * 0,46*	<u>0,05</u> * 0,48*	<u>0,02</u> * 0,48*	за результатами вимірювань та роботи [13]
Овочі	<u>0,0003</u> * 0,50	<u>0,0002</u> ** 0,50	<u>0,02</u> * 0,46*	<u>0,014</u> * 0,48*	<u>0,01</u> * 0,48*	за результатами вимірювань та з урахуванням [13, 16]
Фрукти, соки	<u>0,0003</u> 0,50	<u>0,0002</u> 0,50	<u>0,004</u> 0,46	<u>0,014</u> 0,48*	<u>0,1</u> 0,48*	за результатами вимірювань та з урахуванням [13]
Молоко, молокопродукти	<u>0,001</u> ** 0,50	<u>0,0006</u> ** 0,50	<u>0,01</u> 0,68	<u>0,01</u> 0,70**	<u>0,14</u> 0,50*	консервативні оцінки з урахуванням [13]
Яловичина, баранина	<u>0,004</u> ** 0,50	<u>0,003</u> ** 0,50*	<u>0,03</u> 0,40*	<u>0,05</u> 0,40*	<u>0,12</u> 0,50*	консервативні оцінки з урахуванням [12, 13, 16, 17]
Свинина, сало	<u>0,0014</u> ** 0,50	<u>0,0013</u> ** 0,50	<u>0,03</u> 0,40*	<u>0,04</u> 0,40*	<u>0,12</u> 0,50*	консервативні оцінки з урахуванням [12, 13, 17, 18]
М'ясо птиці, кроля	<u>0,002</u> ** 0,50	<u>0,001</u> ** 0,50	<u>0,04</u> 0,40*	<u>0,004</u> 0,40*	<u>0,18</u> 0,50*	консервативні оцінки з урахуванням [12, 13, 18, 19]
Субпродукти (печінка, язик тощо)	<u>0,025</u> ** 0,50	<u>0,04</u> ** 0,50	<u>0,05</u> 0,40*	<u>0,10</u> 0,40*	<u>0,18</u> 0,50*	консервативні оцінки з урахуванням [12, 13, 17, 18]
Яйця (1 шт. 52 гр.)	<u>0,0003</u> ** 0,40	<u>0,0003</u> ** 0,40	<u>0,1</u> 0,50*	<u>0,007</u> 0,40**	<u>0,18</u> 0,40*	консервативні оцінки з урахуванням [12, 13, 17, 18]
Риба, рибопродукти	<u>0,1</u> 1,00	<u>0,9</u> 0,65	<u>0,05</u> 0,50	<u>0,03</u> 0,40	<u>0,5</u> 0,63	за даними [12, 13, 17, 18]

У таблиці у верхній частині клітинок міститься медіанне значення питомої активності радіонукліда  $\overline{C_{i,j}}$ , у нижній, під рискою, – варіабельність  $s$ .

\* Максимальне значення, що спостерігалось в зоні впливу ПО ПХЗ і його хвостосховищ.

\*\* Розрахункові консервативні оцінки.

Основною метою роботи є методологія оцінки необхідності проведення реабілітаційних заходів на сільськогосподарських угіддях, забруднених важкими природними радіонуклідами. Для реалізації цієї методології на прикладі зони впливу ПХЗ і його хвостосховищ були використані значення питомої активності радіонуклідів у продуктах харчування, що визначалися різними методами. Значення питомої активності для основних овочевих і зернових культур були отримані безпосередніми вимірюваннями вмісту радіонуклідів на сільськогосподарських угіддях, що знаходяться в зоні впливу ПО ПХЗ і його хвостосховищ. У зв'язку з цим поділ шляхів надходження ВПРН на кореневе та поверхневе в даній роботі не розглядався. Додатково були використані розрахункові консервативні оцінки (для вилугуваного чорнозему) з використанням відповідних коефіцієнтів накопичення, у тому числі рекомендованих МАГАТЕ [4]. При відсутності інформації щодо забруднення компонентів раціону ВПРН були використані консервативні оцінки з використанням робіт різних авторів [5 - 8].

При оцінці забруднення продуктів харчування  $^{210}\text{Pb}$  і  $^{210}\text{Po}$  враховувалося, що між ними утворюється рівновага приблизно через 2 роки [9 - 11]. Консервативна оцінка вмісту  $^{210}\text{Pb}$  в молоці у сфері впливу ПО ПХЗ розраховувалася з припущенням, що корова щодня споживає 40 кг зеленої маси з питомою активністю  $^{210}\text{Pb}$  0,02 Бк/кг при переході в 1 л молока 0,08 % [12]. Для кон-

сервативних оцінок  $^{210}\text{Pb}$  в м'ясопродуктах за основу прийнята консервативна оцінка вмісту  $^{210}\text{Pb}$  у молоці з урахуванням співвідношень з роботи [13]. В якості консервативних оцінок питомої активності вмісту  $^{210}\text{Pb}$  та  $^{210}\text{Po}$  в рибі бралися середньосвітові значення питомої активності цих радіонуклідів у морській та океанічній рибі.

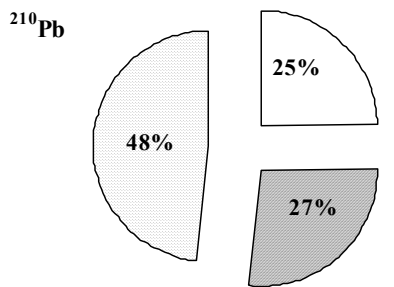
При аналізі забруднення ВПРН питної води в населених пунктах у зоні впливу ПО ПХЗ і його хвостосховищ враховувалися методичні вказівки [14].

### Результати та обговорення

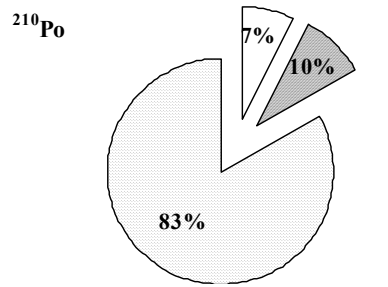
Оцінка надходження того чи іншого радіонукліда в організм людини з раціоном харчування та споживання води визначається за формулою  $A = \sum_j m_j \cdot \bar{C}_j$ , де  $m_j$  – річне споживання  $j$ -ї

компоненти раціону людини, кг;  $\bar{C}_j$  – медіанне значення питомої активності радіонукліда в  $j$ -ї компоненті раціону людини, Бк/кг.

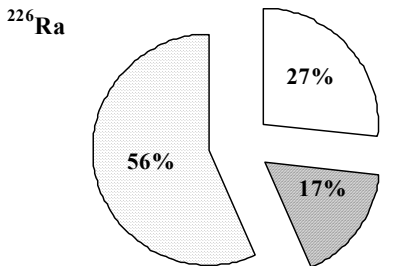
Були проаналізовані як внески всіх наведених у табл. 1 продуктів харчування в надходження ВПРН в організм людини для обраної групи населення, так і внески в надходження ВПРН за рахунок води, продуктів, що виробляються (вирощуються) на території впливу ПО ПХЗ і його хвостосховищ та привозних продуктів. Найбільш характерні розподіли внесків наведено на рисунку.



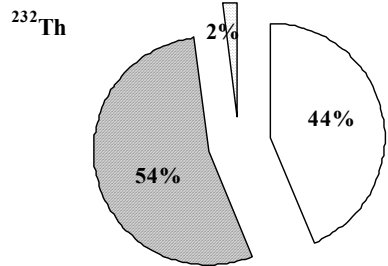
□ Вода  
■ Продукти з території проживання  
□ Привозні продукти



□ Вода  
■ Продукти з території проживання  
□ Привозні продукти



□ Вода  
■ Продукти з території проживання  
□ Привозні продукти



□ Вода  
■ Продукти з території проживання  
□ Привозні продукти

Внески в надходження ВПРН в організм людини за рахунок води, продуктів з території проживання і привозних продуктів.

Як видно з рисунка, основне надходження ВПРН (крім  $^{210}\text{Po}$ ) в організм людини в зоні впливу ПО ПХЗ та його хвостосховищ обумовлено споживанням води та продуктів харчування, що виробляються на даній території. Основне надходження  $^{210}\text{Po}$  обумовлено споживанням привозних продуктів, в основному за рахунок риби та рибопродуктів.

Оскільки  $C_j$  є випадковою величиною, то річне надходження ВПРН в організм людини через органи травлення  $A = \sum_j M_j \cdot C_j$  також буде випадковою величиною, як функція випадкових аргументів.

Методом статистичного моделювання були проведені дослідження закону розподілу ймовірностей річного надходження радіонуклідів в організм людини через органи травлення. Наші дослідження довели, що розподіл ймовірностей величини  $A$  задовільно описується логнормальним законом. У цьому випадку ймовірність перевищення допустимої величини  $ALI_j^{ihgest}$   $j$ -м радіонуклідом визначається

$$q_j = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{U_j} \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$$

а ймовірність перевищення величин  $ALI_j^{ihgest}$  хоча б одним із досліджуваних ВПРН  $q_{\Sigma} = 1 - \prod_{j=1} (1 - q_j)$ , де

$$U_j = \frac{\overline{\ln(A_j)} - \ln(ALI_j^{ihgest})}{\sigma_{A_j}}$$

– квантіль нормального розподілу;  $\overline{\ln(A_j)}$  – середнє значення логарифму річного надходження  $j$ -го радіонукліда в організм людини через органи травлення;  $\sigma_{A_j}$  –

середнє квадратичне відхилення логарифму річного надходження  $j$ -го радіонукліда в організм людини.

У даній роботі в якості критерію необхідності проведення контрзаходів на сільськогосподарських угіддях та присадибних ділянках, забруднених ВПРН, прийнято факт перевищення значенням  $q_{\Sigma}$  деякої величини  $q_0$ .

Величина  $q_0$  може бути визначена, виходячи з вимог до точності визначення контрольованих радіологічних характеристик. Відповідно до публікацій МАГАТЕ і ДР-2006 верхня межа оцінок цих характеристик повинна відповідати довірчій імовірності  $p = 0,95$ . Тобто верхні межі значень усіх радіоекологічних характеристик (у тому числі й річного надходження ВПРН ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ) в організм людини через органи травлення) повинні відповідати рівням значущості  $1-p/2 = 0,025$ . Вище цієї межі може знаходитися не більш як 2,5 % усіх можливих значень величини, що розглядається. У цьому випадку верхня межа  $q_{\Sigma}$ -ризик перевищення допустимих величин річного надходження в організм людини через органи травлення хоч одним з ВПРН, що розглядаються, дорівнює  $q_{\Sigma}^B = 1 - (1 - 0,025)^5 \cong 0,12$ .

Викладене вище дозволяє нам оцінити необхідність проведення контрзаходів у зоні впливу ПХЗ та його хвостосховищ. У табл. 2 наведено оцінки ймовірності перевищення допустимої величини  $ALI_j^{ihgest}$  кожним ВПРН, що розглядаються ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ ), а також ймовірність перевищення допустимих величин річного надходження через органи травлення хоча б одним з них.

Таблиця 2. Середні оцінки надходження ВПРН в організм людини критичної групи населення в зоні впливу ПХЗ і його хвостосховищ через органи травлення та ймовірності перевищення допустимої величини  $ALI_j^{ihgest}$

Показник	$^{210}\text{Pb}$	$^{210}\text{Po}$	$^{226}\text{Ra}$	$^{232}\text{Th}$	$^{238}\text{U}$
$\bar{A}$ з продуктами території проживання, Бк/рік	9,6	3,3	47,1	75,8	808,3
Надходження з привозними продуктами, Бк/рік	17,7	30,8	20,9	3,2	16,3
$ALI_j^{ihgest}$ , Бк/рік	100	40	200	2000	3000
Імовірності перевищення $ALI_j^{ihgest}$	0	0,274	0,000012	0,0013	0,00056
$q_{\Sigma}$ (ризик перевищення $ALI_j^{ihgest}$ хоча б одним з ВПРН)	0,275				
$q_{\Sigma}$ без $^{210}\text{Po}$	0,00186				

Результати, наведені в табл. 2, формально показують, що ймовірності перевищення допустимої величини  $ALI_j^{ihgest}$  хоча б одним із ВПРН, що розглядаються ( $^{210}\text{Pb}$ ,  $^{210}\text{Po}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{238}\text{U}$ )  $q_{\Sigma}$ , більші за критичне значення 0,12. Проте це викликано тим, що за наведеними оцінками основне надходження  $^{210}\text{Po}$  (83 %, див. рисунок) обумовлене вживанням привозних продуктів, в основно-

му риби (66 %), і не пов'язане із забрудненням територій, що знаходяться в зоні впливу ПХЗ і його хвостосховищ. Без урахування  $^{210}\text{Po}$  консервативна оцінка  $q_{\Sigma}$  не перевищує 0,002, що значно менше за критичне значення 0,12. Тому сільгоспугіддя, городи та присадибні ділянки місцевих жителів, які знаходяться в зоні впливу ПХЗ і його хвостосховищ, не вимагають реабілітації.

**Висновки**

На основі оцінки ризику перевищення допустимої величини річного надходження ВПРН через органи травлення запропоновано методологію обґрунтування необхідності проведення контрзаходів для реабілітації сільгоспугідь, забруднених важкими природними радіонуклідами.

Ця методологія апробована на прикладі території, що знаходиться в зоні впливу ПХЗ і його хвостосховищ. Показано, що сільгоспугіддя, гори та присадибні ділянки, що знаходяться в зоні впливу ПХЗ і його хвостосховищ, не потребують реабілітації.

**СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

1. Кабінет Міністрів України. Постанова від 14 квітня 2000 р. № 656. Про затвердження наборів продуктів харчування, наборів непродовольчих товарів та наборів послуг для основних соціальних і демографічних груп населення. - Документ 656-2000-п. - К., 2000.
2. Система поддержки принятия решения по реабилитации радиоактивно загрязненных территорий ReSCA. Стратегии реабилитации территорий, загрязненных после Чернобыльской аварии. Руководство пользователя. - Австрия, Вена 2006. - 61 с.
3. Четыркин Е.М. Калихан И.Л. Вероятность и статистика. - М.: Финансы и статистика, 1982. - 319 с.
4. Handbook of parameter values for the Prediction of Radionuclide Transfer in terrestrial and Freshwater Environments. - Vienna, IAEA TRS-472. - 194 p.
5. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. Сельскохозяйственная радиоэкология. - М.: Экология, 1992. - 400 с.
6. Ham G.J., Wilkins B.T., Ewers L.W. <sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po, <sup>226</sup>Ra, U and Th in arable crops and ovine liver: variations in concentrations in the United Kingdom and resultant doses // Rad. Prot. Dosim. - 2001. - Vol. 93(2). - P. 151 - 159.
7. Sheppard S.C., Evenden, W.G. Critical compilation and review of plant/soil concentration ratios for uranium, thorium and lead // Journal of Environmental Radioactivity. - 1988. - No. 8. - P. 255 - 285.
8. Sheppard S.C., Evenden W.G., Pollock R.J. Uptake of natural radionuclides by field and garden crops // Can. J. Soil Sci. - 1989. - Vol. 69. - P. 751 - 767.
9. Архипов Н.П., Тюменцева Л.М., Февралева Л.Т. и др. Поведение естественных радионуклидов техногенного происхождения в почвах. // Экология. - 1982. - № 1. - С. 31 - 38.
10. Архипов Н.П., Рерих В.И., Базылев В.В. и др. Влияние третичных морских отложений на плодородие бурых пустынных почв // Почвоведение. - 1981. - № 7 - С. 82 - 87.
11. Алексахин Р.М., Архипов Н.П., Бархударов Р.М. и др. Тяжелые естественные радионуклиды в биосфере: Миграция и биологическое действие на популяции и биогеоценозы - М.: Наука, 1990. - 368 с.
12. Васильев А.В., Скворцов С.Е., Легкая М.М. Переход радионуклидов цезий-137, стронций-90, свинец-210 из рационов кормления в продукцию животноводства // Аппаратура и новости радиационных измерений. - 2004. - № 2. - С. 41 - 47.
13. Основные свойства, виды и источники радиоактивных излучений // Информация научно производственного предприятия «МР-КВАНТ». - <http://www.mrkvant.com.ua/radiation/4/>
14. Методичні вказівки "Радіаційно-гігієнічне регламентування проведення робіт на об'єктах ліквідованого Придніпровського хімічного заводу (ПХЗ)". - Міністерство охорони здоров'я України, наказ від 11.01.2007 № 3.
15. Ермолаева-Маковская А.Л., Литвер Б.Д. Свинец-210 и полоний-210 в биосфере. - М.: Атомиздат, 1978. - 160 с.
16. Перцов Л.А. Природная радиоактивность биосферы. - М.: Атомиздат, 1964. - 316 с.
17. Перцов Л.А. Биологические аспекты радиоактивного загрязнения моря. - М.: Атомиздат, 1978. - 160 с.
18. Искра А.А., Бахуров В.А. Естественные радионуклиды в биосфере. - М.: Энергоиздат, 1981. - 124 с.

**Ю. В. Хомутинин, Ю. А. Иванов, В. К. Кириченко**

**ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ РЕАБИЛИТАЦИИ СЕЛЬХОЗУГОДИЙ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ ПРИРОДНЫМИ РАДИОНУКЛИДАМИ**

Проведены исследования относительно поступления тяжелых природных радионуклидов (<sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U) в организм человека с продуктами питания. Предложена методология необходимости проведения реабилитационных мероприятий на загрязненных территориях.

*Ключевые слова:* тяжелые естественные радионуклиды, продукты питания, реабилитация земель.

**Yu. V. Khomutinin, Yu. A. Ivanov, V. K. Kirichenko**

**ASSESSING THE NEED FOR COUNTERMEASURES FOR REHABILITATION OF FARMLANDS, CONTAMINATED BY HEAVY NATURAL RADIONUCLIDES**

Mentioned research is about the intake of heavy natural radionuclides (<sup>210</sup>Pb, <sup>210</sup>Po, <sup>226</sup>Ra, <sup>232</sup>Th, <sup>238</sup>U) in human body with food and water. The methodology is proposed for evaluating the need for rehabilitation in affected areas.

*Keywords:* heavy natural radionuclides, foodstuffs, rehabilitation of lands.

Надійшла до редакції 13.04.11,  
після доопрацювання - 19.07.11.