

УДК 504.664(477)

ГЕРАСИМЕНКО В.Ю., канд. с.-г. наук

РОЗПУТНИЙ О.І., д-р с.-г. наук

СКИБА В.В., канд. с.-г. наук

Білоцерківський національний аграрний університет

vgu160183@yandex.ru

ОЦІНКА ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗАБРУДНЕННЯ ^{137}Cs І ^{90}Sr ОВОЧЕВОЇ ПРОДУКЦІЇ, ОТРИМАНОЇ З ПРИСАДИБНИХ ДІЛЯНОК У СЕЛАХ III ТА IV ЗОНАХ РАДІОАКТИВНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

З'ясовано забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr овочевої продукції, вирощеної на присадибних ділянках мешканців сіл Йосипівка та Тарасівка Білоцерківського району, віднесених до III та IV зон радіоактивного забруднення, що знаходяться в південній частині Київської області Центрального Лісостепу України. Визначено вміст ^{137}Cs і ^{90}Sr у ґрунтах і встановлена щільність забруднення присадибних ділянок цих сіл. Розраховано та встановлено коефіцієнти переходу надходження радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr із ґрунту чорнозему типового в рослини, зокрема картоплю, буряк столовий, помідори, огірки, капусту білокачанну, цибулю ріпчасту, моркву, для подальшої можливості прогнозувати забруднення цієї продукції.

Ключові слова: радіонукліди ^{137}Cs і ^{90}Sr , щільність забруднення, коефіцієнти переходу.

Постановка проблеми. Незважаючи на час, що минув з моменту Чорнобильської катастрофи, проблема радіоактивного забруднення є доволі актуальною. Нині залишаються забрудненими 6,7 млн га території України, серед яких 1,2 млн га угідь забруднені ^{137}Cs із щільністю від 37 до 555 кБк/м² (1–15 Ки/км²). На радіоактивно забруднених територіях розташовується 2161 населений пункт, де проживає близько 3 млн жителів (20 років Чорнобильської катастрофи. Погляд у майбутнє: Національна доповідь України). Для мешканців сільської місцевості цих територій основна частка продуктів харчування одержується з присадибних ділянок. Тому визначення забрудненості рослинної продукції штучними радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС, є актуальним, оскільки внутрішня доза опромінення буде формуватись за рахунок спожитої продукції, вирощеної на присадибних ділянках. Мінімізація переходу радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr з ґрунту у продукцію рослинництва — одне з головних завдань ведення сільського господарства на забруднених радіонуклідами територіях [4]. Проведення даних досліджень дасть змогу уточнити сучасний стан міграції цих радіонуклідів в ланці "ґрунт – рослина" в агроєкосистемах Центрального Лісостепу України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З моменту Чорнобильської катастрофи провідними вченими (Б.С. Прістер, 2011; Д.М. Гродзинський, 2011; І.М. Гудков, 2009; В.А. Кашпаров, М.М. Лазарев, 2011; О.І. Фурдичко, М.Д. Кучма, Г.М. Чоботько, 2011; І.А. Ліхтарьов, 2012 та ін.) проведено доволі велику кількість наукових досліджень з вивчення міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr в об'єктах аграрного виробництва, накопичення їх у продовольчій продукції та оцінки доз опромінення людини. Основну увагу науковців зосереджено на зоні Полісся. Здебільшого міграція ^{137}Cs і ^{90}Sr вивчається в окремих ланках та системах трофічного ланцюга. До того ж більше уваги приділяється ^{137}Cs , що є основним дозоутворювальним радіонуклідом. Окрім того, на радіоактивно забруднених територіях Лісостепу значна частка забруднення припадає і на ^{90}Sr , інтенсивність міграції якого, на думку вчених, поступово буде збільшуватися. Все це й зумовило необхідність вивчення стану міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr трофічним ланцюгом «ґрунт – рослина» агроєкосистем сільськогосподарських підприємств та присадибних ділянок центральної частини лісостепової зони, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи у віддалений період після аварії.

Метою наших досліджень було оцінити забруднення ^{137}Cs і ^{90}Sr овочевої продукції, вирощеної у селах 3-4 зонах радіоактивного забруднення Центрального Лісостепу України, та встановити коефіцієнти переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr з чорнозему типового в овочеву продукцію, для майбутнього прогнозування.

Матеріали і методика досліджень. Досліджувані території Білоцерківського району знаходяться у північно-східній частині правобережного Лісостепу України і представлені переважно чорноземами типовими малогумусними на лесах в межах межирічних рівнин. Для виконання поставленої мети було проведено відбір зразків рослинної продукції та ґрунту на

присадибних ділянках мешканців сіл Йосипівка та Тарасівка Білоцерківського району Київської області згідно з загальноприйнятими методиками [3]. Територія цих населених пунктів потрапила в зону “південного сліду радіоактивного забруднення” і віднесена відповідно до третьої і четвертої зон радіоактивного забруднення. Після підготовки проб у зразках визначили активність ^{137}Cs і ^{90}Sr на кафедрі безпеки життєдіяльності Білоцерківського національного аграрного університету на спектрометричному комплексі “УСК Гамма Плюс” за методикою для даного приладу [2]. Для визначення ^{90}Sr проводили селективне радіохімічне виділення осадженням оксалатів. Визначення ^{90}Sr проводили на бета-спектрометричному тракті УСК “Гамма Плюс” [2]. Результати досліджень обробляли статистичним методом з використанням програми Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Основними овочевими культурами, що вирощувалися на присадибних ділянках, були картопля, капуста, столові буряки, морква, цибуля, помідори, огірки, кабачки, перець та редька. Результати дослідження були проведені протягом 2010-2013 рр. Активності ^{137}Cs і ^{90}Sr в овочевих культурах та коефіцієнти їх переходу на присадибних ділянках III зони наведено у таблиці 1, а IV зони – у таблиці 2.

З даних таблиці 1 видно, що найнижча активність ^{137}Cs була у картоплі, цибулі та огірках. У кабачках та солодкому перці вона була вдвічі, моркві та помідорах – майже вчетверо, буряках та редьці – майже у 8, а квасолі – у 10 разів вищою. Так, в середньому активність ^{137}Cs у картоплі складала 2,78 Бк/кг, капусті – 5,55, буряках столових – 13,89, моркві – 8,33, цибулі – 2,82, помідорах – 8,22, огірках – 2,80, кабачках – 5,62, солодкому перці – 5,64, редьці – 16,66 та квасолі – 25,20 Бк/кг.

Активність ^{90}Sr у картоплі була 2,40 Бк/кг, капусті – 2,42, столових буряках – 8,0, моркві – 7,53, цибулі – 0,27, помідорах – 0,54, огірках – 0,54, кабачках – 4,56, солодкому перці – 1,07, редьці – 7,10 та квасолі – 7,95 Бк/кг. З отриманих результатів дослідження активності ^{90}Sr в овочевих культурах видно, що найнижча його активність була у цибулі, вдвічі вищою – помідорах та огірках, вчетверо вищою була у перці солодкому, майже вдесятеро вищою – у картоплі та капусті, у 20 разів вищою – кабачках і у 30 разів вищою у столових буряках, моркві та квасолі.

Коефіцієнти переходу ^{137}Cs із ґрунту в овочеві культури, вирощені в III зоні радіоактивного забруднення, складають від 0,01 до 0,09, а ^{90}Sr – від 0,01 до 0,30 (табл. 1). Найнижчий коефіцієнт переходу ^{137}Cs у картоплі, цибулі та огірків (0,01). У капусті, кабачків та перцю солодкого коефіцієнт переходу вдвічі вищий (0,02), а у моркви й помідорів – втричі вищий (0,03), у буряків – в 5 разів, редьки – в 6 і квасолі – в 9 разів вищий.

Таблиця 1 – Накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr в овочевих культурах вирощених в III зоні радіоактивного забруднення Центрального Лісостепу України

Культура	Активність, $M \pm m$, $n = 12$, Бк/кг		Кп	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Картопля	$2,78 \pm 0,56$ 2,06 – 3,81	$2,40 \pm 0,49$ 1,73 – 3,35	0,01	0,09
Капуста	$5,55 \pm 1,1$ 4,13 – 7,61	$2,42 \pm 0,48$ 1,72 – 3,36	0,02	0,09
Буряки столові	$13,89 \pm 2,82$ 10,32 – 19,04	$8,00 \pm 1,75$ 5,76 – 11,53	0,05	0,30
Морква	$8,33 \pm 1,69$ 6,19 – 11,42	$7,53 \pm 1,51$ 5,57 – 10,79	0,03	0,28
Цибуля	$2,82 \pm 0,56$ 2,07 – 3,82	$0,27 \pm 0,05$ 0,19 – 0,37	0,01	0,01
Помідори	$8,22 \pm 1,68$ 6,22 – 11,38	$0,54 \pm 0,11$ 0,37 – 0,75	0,03	0,02
Огірки	$2,8 \pm 0,56$ 2,08 – 3,78	$0,54 \pm 0,10$ 0,38 – 0,74	0,01	0,02
Кабачки	$5,62 \pm 1,11$ 4,18 – 7,64	$4,56 \pm 0,86$ 3,26 – 6,16	0,02	0,17
Перець солодкий	$5,64 \pm 1,12$ 4,22 – 7,82	$1,07 \pm 0,22$ 0,77 – 1,49	0,02	0,04
Редька біла	$16,66 \pm 3,38$	$7,10 \pm 1,56$	0,06	0,26

	12,38 – 22,84	4,80 – 10,04		
Квасоля	<u>25,2 ± 5,08</u> 18,58 – 34,26	<u>7,95 ± 1,65</u> 5,57 – 11,16	0,09	0,30

Примітка: у чисельнику наведено середнє, а у знаменнику – мінімальне та максимальне значення.

Найнижчий коефіцієнт переходу ^{90}Sr у цибулі (0,01), у помідорів та огірків він вдвічі вищий (0,02), у перцю – в 4 рази вищий (0,04), картоплі й капусти – у 9 разів вищий (0,09), а у буряків столових, моркви, редьки та квасолі у 26–30 разів вищий.

Згідно з ГН 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді», активність ^{137}Cs у картоплі не повинна перевищувати 60 Бк/кг, у свіжих овочевих і бобових культурах – 20 Бк/кг, а ^{90}Sr – 40 Бк/кг у картоплі та у свіжих овочевих і бобових культурах – 20 Бк/кг. Тому овочева продукція відповідає критеріям радіаційної безпеки.

З даних таблиці 2 видно, що в середньому найнижча активність ^{137}Cs і ^{90}Sr у овочевих культурах, вирощених в IV зоні вдвічі нижча, порівняно із продукцією III зони. Так, в середньому активність ^{137}Cs у картоплі складала 1,04 Бк/кг, капусти – 2,10, буряках столових – 5,22, моркви – 3,12, цибулі – 1,04, помідорах – 3,22, огірках – 1,02, кабачках – 2,08, солодкому перці – 2,02, редьці – 6,25 та квасолі – 9,38 Бк/кг. Активність ^{90}Sr у картоплі була 1,51 Бк/кг, капусти – 1,52, столових буряках – 5,05, моркви – 4,71, цибулі – 0,17, помідорах – 0,35, огірках – 0,34, кабачках – 2,86, солодкому перці – 0,67, редьці – 4,37 та квасолі – 5,04 Бк/кг.

Найнижча активність ^{137}Cs була у картоплі, цибулі та огірках, у кабачках та солодкому перці вона була вдвічі, моркви та помідорах – майже вчетверо, буряках та редьці – майже у 8, а квасолі – у 10 разів вищою. Найнижча активність ^{90}Sr була у цибулі, вдвічі вищою – помідорах та огірках, вчетверо вищою була у перці солодкому, майже 10 разів вищою – у картоплі й капусти, у 20 разів вищою – кабачках і у 30 разів вищою – у буряках столових, моркви та квасолі.

Як уже згадувалося вище, накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr рослинами залежить від особливостей їх мінерального живлення. Так, овочеві культури, які містять багато калію, накопичують і більше радіоактивного цезію, а культури, що містять багато кальцію, накопичують більше радіоактивного стронцію. За даними літературних джерел, вміст калію у капусти білокачанній складає 185 мг/100 г, буряках столових – 288, моркви – 200, помідорах – 290, огірках – 141, перці солодкому – 163, редьці – 255 мг/100 г, а кальцію міститься у капусти – 48, буряках столових – 37, моркви – 51, помідорах – 14, огірках – 23, перці солодкому – 18, цибулі – 31, редьці – 35 мг/100 г. Коефіцієнти переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr із ґрунту в овочеві культури, вирощені на присадибних ділянках майже однакові, і складають ^{137}Cs – від 0,01 до 0,09 та ^{90}Sr – від 0,01 до 0,30 (табл. 2). Це пояснюється тим, що ґрунти на присадибних ділянках цих населених пунктів складають чорноземи типові легко- й середньосуглинкові з середнім вмістом гумусу (3,2–3,6 %), нейтральною реакцією середовища водної витяжки (6,80–7,72), щільністю ґрунту 1,18–1,25 г/см³, середнім вмістом обмінного калію (82–120 мг/кг) та кальцію (15–20 мг-екв/100 г).

Таблиця 2 – Накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr в овочевих культурах вирощених в IV зоні радіоактивного забруднення Центрального Лісостепу України

Культура	Активність, n = 12, Бк/кг		Кп	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Картопля	<u>1,04 ± 0,23</u> 0,58 – 1,37	<u>1,51 ± 0,24</u> 0,95 – 1,94	0,01	0,09
Капуста	<u>2,10 ± 0,18</u> 1,15 – 2,73	<u>1,52 ± 0,23</u> 0,96 – 1,97	0,02	0,09
Буряки столові	<u>5,22 ± 1,17</u> 2,88 – 6,84	<u>5,05 ± 0,98</u> 3,17 – 6,46	0,05	0,31
Морква	<u>3,12 ± 0,69</u> 1,73 – 4,12	<u>4,71 ± 0,92</u> 2,96 – 6,03	0,03	0,28
Цибуля	<u>1,06 ± 0,22</u> 0,62 – 1,41	<u>0,17 ± 0,03</u> 0,11 – 0,22	0,01	0,01
Помідори	<u>3,12 ± 0,68</u> 1,73 – 4,10	<u>0,35 ± 0,06</u> 0,22 – 0,44	0,03	0,02
Огірки	<u>1,02 ± 0,21</u> 0,60 – 1,36	<u>0,34 ± 0,07</u> 0,21 – 0,43	0,01	0,02
Кабачки	<u>2,08 ± 0,47</u> 1,15 – 2,73	<u>2,86 ± 0,55</u> 1,80 – 3,66	0,02	0,18

Перець солодкий	$2,02 \pm 0,42$ 1,22 – 2,72	$0,67 \pm 0,13$ 0,42 – 0,86	0,02	0,04
Редька біла	$6,25 \pm 1,41$ 3,45 – 8,20	$4,37 \pm 0,85$ 2,75 – 5,60	0,06	0,26
Квасоля	$9,38 \pm 2,11$ 5,18 – 12,26	$5,04 \pm 0,98$ 3,17 – 6,46	0,09	0,29

Примітка: у чисельнику наведено середнє, а у знаменнику – мінімальне та максимальне значення.

З таблиці 2 видно, що найнижчий коефіцієнт переходу ^{137}Cs у картоплі, цибулі та огірків (0,01). У капусти, кабачків та перцю солодкого коефіцієнт переходу вдвічі вищий (0,02), а у моркви й помідорів – втричі вищий (0,03), у буряків – в 5 разів, редьки – в 6 і квасолі – в 9 разів вищий. Найнижчий коефіцієнт переходу ^{90}Sr у цибулі (0,01), у помідорів та огірків він вдвічі вищий (0,02), у перцю – в 4 рази вищий (0,04), картоплі й капусти – у 9 разів вищий (0,09), а у буряків столових, моркви, редьки та квасолі – у 26–30 разів вищий. Результати досліджень, які були проведені протягом 2010-2013 рр., свідчать, що між активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr у овочевих культурах та щільністю забруднення ґрунту існує пряма пропорційна залежність (рис. 1 і 2).

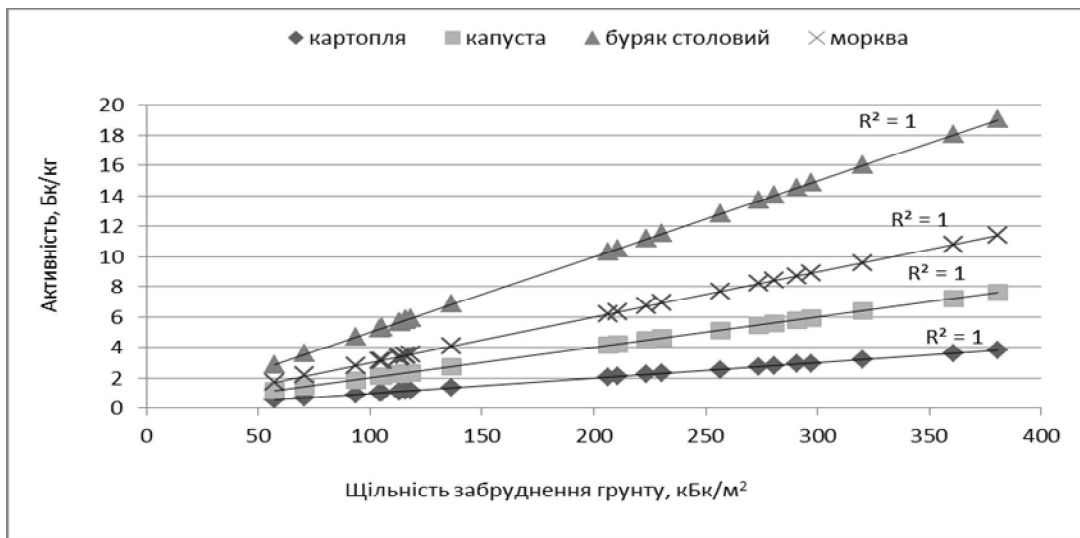


Рис. 1. Залежність між активністю ^{137}Cs та щільністю забруднення ґрунту.

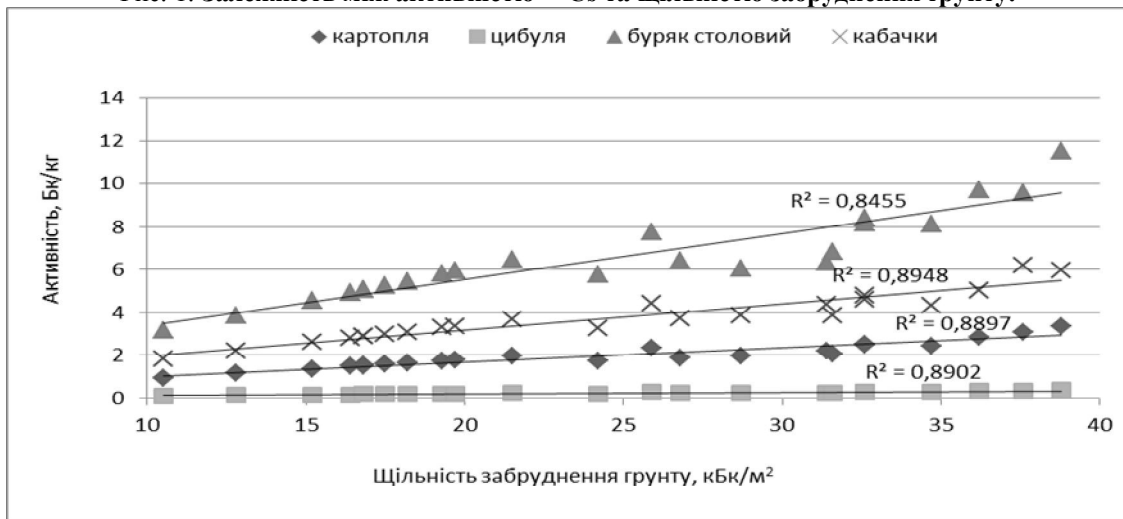


Рис. 2. Залежність між активністю ^{90}Sr та щільністю забруднення ґрунту.

Результати досліджень свідчать, що між активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr у урожаї сільськогосподарських культур, овочевих культурах та щільністю забруднення ґрунту існує пряма пропорційна залежність. Це дає нам можливість на основі встановлених коефіцієнтів переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr спрогнозувати забруднення цими радіонуклідами рослинної продукції, що вирощуватимуться на радіоактивно забруднених територіях Центрального Лісостепу України.

Висновки та перспективи подальших досліджень.

1. Результати дослідження показують, що досліджувана рослинна продукція не перевищує ДР-2006 і придатна для використання. Однак потрібно зауважити, що результати досліджень свідчать про наявність штучних радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr , яких в природі раніше не існувало, а тому потребує контролю за їх міграцією в агроecosистемах.

2. Встановлено коефіцієнти переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr з ґрунту (зокрема чорнозему типового) в овочеву продукцію, що в подальшому дасть змогу спрогнозувати забруднення цими радіонуклідами продукції, що вирощуватиметься на радіоактивно забруднених територіях Центрального Лісостепу.

3. Наявність радіонуклідного забруднення рослинної продукції через 28 років після Чорнобильської катастрофи показує, що проблема контролю і вивчення, а також прогнозування надходження радіонуклідів у продукцію нині є актуальною.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Державні гігієнічні нормативи "Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді". Затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 3.05.2006 р. N 256, зареєстр. в Міністерстві юстиції України 17072006 р. за № 845/12719.
2. Методика измерения активности радионуклидов в счетных образцах на сцинтиляционном гамма-спектрометре с использованием программного обеспечения "Прогресс". – М., 1996. – 38 с.
3. Методичні рекомендації з відбору зразків ґрунту для радіоізотопного аналізу при обстеженні сільгоспугідь // Довідник для радіологічних служб Мінсільгоспвиробництва України. – К., 1997. – С. 14–15.
4. Гудков І. М. Особливості ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях Лісостепу / І.М. Гудков, М.М. Лазарев // Наукове забезпечення сталого розвитку сільського господарства в Лісостепу України. – К.: Вид-во ТОВ "Алефа", 2003. – Т. 1. – С. 747–775.
5. Schuller P. Dependence of the ^{137}Cs soil - to - plant transfer factor on soil parameters / P. Schuller, I. Handl, R. Tramper // Health Physics. – 1988. – Vol. 55. – № 3. – P. 575-577.

REFERENCES

1. Derzhavni gigijenichni normatyvy "Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv ^{137}Cs ta ^{90}Sr u produktah harchuvannja ta pytnij vodi". Zatv. nakazom Ministerstva ohorony zdorov'ja Ukrai'ny vid 3.05.2006 p. N 256, zarejestr. v Ministerstvi justycii' Ukrai'ny 17072006 r. za № 845/12719.
2. Metodyka yzmerenija aktyvnosti radyonuklydov v schetnyh obrazcah na scyntyljacyonnom gamma-spektrometre s yspol'zovanyem programmnogo obespechenija "Progress". – M., 1996. – 38 s.
3. Metodychni rekomendacii' z vidboru zrazkiv g'runtu dlja radioizotopnogo analizu pry obstezheni sil'gospugid' // Dovidnyk dlja radiologichnyh sluzhb Minsil'gospvirobu Ukrai'ny. – K., 1997. – S. 14–15.
4. Gudkov I.M. Osoblyvosti vedennja sil'skogospodars'kogo vyrobnyc'tva na zabrudnyh radionuklidamy terytorijah Lisostepu / I.M. Gudkov, M.M. Lazarev // Naukove zabezpechennja stalogo rozvytku sil's'kogo gospodarstva v Lisostepu Ukrai'ny. – K.: Vyd-vo TOV "Alefa", 2003. – T. 1.– S.747–775.
5. Schuller P. Dependence of the ^{137}Cs soil - to - plant transfer factor on soil parameters / P. Schuller, I. Handl, R. Tramper // Health Physics. – 1988. – Vol. 55. – № 3. – P. 575-577.

Оценка и прогнозирование загрязнения ^{137}Cs и ^{90}Sr овощной продукции, полученной с приусадебных участков в селах III и IV зон радиоактивного загрязнения Центральной Лесостепи Украины

В.Ю. Герасименко, О.И. Распутный, В.В. Скиба

Выяснено загрязнение ^{137}Cs и ^{90}Sr овощной продукции, выращенной на приусадебных участках жителей сел Йосиповка и Тарасовка Белоцерковского района, отнесенных к III и IV зонам радиоактивного загрязнения, находящиеся в южной части Киевской области Центральной Лесостепи Украины. Определено содержание ^{137}Cs и ^{90}Sr в грунтах и установлена плотность загрязнения приусадебных участков данных сел соответственно. Рассчитаны и установлены коэффициенты перехода поступления радионуклидов с почвы чернозёма типичного в растения: картофель, свеклу столовую, огурцы, капусту белокачанную, морковь, лук репчатый, помидоры, для дальнейшего прогнозирования загрязнения этой продукции.

Ключевые слова: радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr , плотность загрязнения, коэффициент перехода.

Надійшла 20.11.2014 р.