

Migration and prognosis of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in vegetable produce: the case of villages of the Central Forest-Steppe of Ukraine in the remote period after Chernobyl Disaster

V. Gerasymenko, O. Rozputny, I. Pertsovyi, V. Skyba, M. Saveko

Bila Tserkva National Agrarian University

E-mail: vgu160183@gmail.com

Submitted: 08.08.2017. Accepted: 23.09.2017

The radioecological condition of soils in agricultural lands and household plots, with estimated accumulation of ^{137}Cs and ^{90}Sr in crop and livestock products have been established. We defined the transition ratios of ^{137}Cs and ^{90}Sr in potatoes and other vegetables grown in household plots by rural dwellers of the Central Forest-Steppe. The role of cattle's dung in the migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in radio-contaminated agricultural landscapes and its impact on the level of soil contamination was determined. We suggested that the cattle's dung obtained from radio-contaminated territories facilitates the migration and redistribution of radionuclides ^{137}Cs and ^{90}Sr in agricultural landscapes and could be considered as a source of soil secondary pollution.

Key words: radionuclides; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; density of pollution; transfer factor

Радіоекологічна оцінка та прогнозування забруднення овочевої продукції, отриманої у селах центрального лісостепу України радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr : віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС

В.Ю. Герасименко, О.І. Розпутній, І.В. Перцьовий, В.В. Скиба, М.Є. Савеко

Білоцерківський національний аграрний університет

E-mail: vgu160183@gmail.com

Встановлено радіоекологічний стан ґрунтів сільськогосподарських угідь та присадибних ділянок, проведено оцінку накопичення ^{137}Cs і ^{90}Sr у продукції рослинництва і тваринництва. Визначено коефіцієнти переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr в овочеву продукцію, що вирощується на присадибних ділянках жителями сіл Центрального Лісостепу України. З'ясовано вплив гнойової маси ВРХ на міграцію ^{137}Cs і ^{90}Sr на радіоактивно забруднених агроландшафтах та рівень забруднення ґрунтів. Гнойова маса ВРХ із радіоактивно забруднених територій спричиняє додаткову міграцію та перерозподіл радіонуклідів ^{137}Cs і ^{90}Sr у агроландшафтах і є джерелом вторинного забруднення ґрунту.

Ключові слова: радіонукліди; ^{137}Cs ; ^{90}Sr ; щільність забруднення; коефіцієнти переходу

Вступ

Через 30 років після Чорнобильської катастрофи люди все ще споживають радіоактивно забруднену їжу. А аварії на Чорнобильській АЕС і АЕС «Фукусіма» продовжують мати вплив на повсякденне життя мільйонів людей. Незважаючи на час, що минув з моменту Чорнобильської катастрофи, проблема радіоактивного забруднення є доволі актуальною (Present., 2001; Greenpeace International Report, 2016). 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 близько 2161 населений пункт, де проживає близько 3 млн жителів (Gudkov, Lazarev, 2003; Averin, 2012; Hudkov et al., 2011; Twenty-five years..., 2011). Для мешканців сільської місцевості цих територій основна частка продуктів харчування припадає на продукти, що одержані 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, що вирощена 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 (Gudkov, Lazarev, 2003). Проведення даних досліджень дасть змогу уточнити сучасний стан міграції цих радіонуклідів в ланці "ґрунт-рослина" в агроєкосистемах Центрального Лісостепу України. З моменту Чорнобильської катастрофи було 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 прогнозні коефіцієнти переходу ^{137}Cs і ^{90}Sr з чорнозему типового в овочеву продукцію.

Матеріали і методи 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 (Metodyka..., 1996; Methodychni..., 1997). Територія цих населених пунктів потрапила в зону "південного сліду радіоактивного забруднення" і віднесена відповідно до третьої (5–15 Ки/км² за ^{137}Cs) і четвертої зон (1–5 Ки/км² за ^{137}Cs) 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 (Metodyka..., 1996; Methodychni..., 1997). Для визначення ^{90}Sr проводили селективне радіохімічне виділення осажденням оксалатів. Визначення ^{90}Sr проводили на бета-спектрометричному тракті УСК "Гамма Плюс" (Metodyka..., 1996; Methodychni..., 1997). Коефіцієнти переходу (Кп) ^{137}Cs і ^{90}Sr із ґрунту в продукцію рослинництва розраховували як відношення активності радіонукліду в 1 кг маси урожаю продукції рослинництва до щільності забруднення ґрунту (Schuller et al., 1988; Averin, 2012). Результати досліджень обробляли за допомогою *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 2010-2013рр. Активності ^{137}Cs і ^{90}Sr в овочевих культурах та коефіцієнти їх переходу на присадибних ділянках III зони наведено у табл. 1, а IV зони – у табл. 2.

З табл. 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, капусти – 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, капусти – 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 капусти, 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 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.

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

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

Культура	Активність, $\text{M}\pm\text{m}$, $n = 12$, Бк/кг		Кп	
	^{137}Cs	^{90}Sr	^{137}Cs	^{90}Sr
Картопля	<u>2,78 ± 0,56</u>	<u>2,40 ± 0,49</u>	0,01	0,09
	2,06 – 3,81	1,73 – 3,35		
Капуста	<u>5,55 ± 1,1</u>	<u>2,42 ± 0,48</u>	0,02	0,09
	4,13 – 7,61	1,72 – 3,36		
Буряки столові	<u>13,89 ± 2,82</u>	<u>8,00 ± 1,75</u>	0,05	0,30
	10,32 – 19,04	5,76 – 11,53		
Морква	<u>8,33 ± 1,69</u>	<u>7,53 ± 1,51</u>	0,03	0,28
	6,19 – 11,42	5,57 – 10,79		
Цибуля	<u>2,82 ± 0,56</u>	<u>0,27 ± 0,05</u>	0,01	0,01
	2,07 – 3,82	0,19 – 0,37		
Помідори	<u>8,22 ± 1,68</u>	<u>0,54 ± 0,11</u>	0,03	0,02
	6,22 – 11,38	0,37 – 0,75		
Огірки	<u>2,8 ± 0,56</u>	<u>0,54 ± 0,10</u>	0,01	0,02
	2,08 – 3,78	0,38 – 0,74		
Кабачки	<u>5,62 ± 1,11</u>	<u>4,56 ± 0,86</u>	0,02	0,17
	4,18 – 7,64	3,26 – 6,16		
Перець солодкий	<u>5,64 ± 1,12</u>	<u>1,07 ± 0,22</u>	0,02	0,04
	4,22 – 7,82	0,77 – 1,49		
Редька біла	<u>16,66 ± 3,38</u>	<u>7,10 ± 1,56</u>	0,06	0,26
	12,38 – 22,84	4,80 – 10,04		
Квасоля	<u>25,2 ± 5,08</u>	<u>7,95 ± 1,65</u>	0,09	0,30
	18,58 – 34,26	5,57 – 11,16		

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

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, капусті – 2,10, буряках столових – 5,22, моркві – 3,12, цибулі – 1,04, помідорах – 3,22, огірках – 1,02, кабачках – 2,08, солодкому перцю – 2,02, редьці – 6,25 та квасолі – 9,38 Бк/кг. Активність ^{90}Sr у картоплі була 1,51 Бк/кг, капусті – 1,52, столових буряках – 5,05, моркві – 4,71, цибулі – 0,17, помідорах – 0,35, огірках – 0,34, кабачках – 2,86, солодкому перцю – 0,67, редьці – 4,37 та квасолі – 5,04 Бк/кг.

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>	<u>1,51 ± 0,24</u>	0,01	0,09
	0,58 – 1,37	0,95 – 1,94		
Капуста	<u>2,10 ± 0,18</u>	<u>1,52 ± 0,23</u>	0,02	0,09
	1,15 – 2,73	0,96 – 1,97		
Буряки столові	<u>5,22 ± 1,17</u>	<u>5,05 ± 0,98</u>	0,05	0,31
	2,88 – 6,84	3,17 – 6,46		
Морква	<u>3,12 ± 0,69</u>	<u>4,71 ± 0,92</u>	0,03	0,28
	1,73 – 4,12	2,96 – 6,03		
Цибуля	<u>1,06 ± 0,22</u>	<u>0,17 ± 0,03</u>	0,01	0,01
	0,62 – 1,41	0,11 – 0,22		
Помідори	<u>3,12 ± 0,68</u>	<u>0,35 ± 0,06</u>	0,03	0,02
	1,73 – 4,10	0,22 – 0,44		
Огірки	<u>1,02 ± 0,21</u>	<u>0,34 ± 0,07</u>	0,01	0,02
	0,60 – 1,36	0,21 – 0,43		
Кабачки	<u>2,08 ± 0,47</u>	<u>2,86 ± 0,55</u>	0,02	0,18
	1,15 – 2,73	1,80 – 3,66		
Перець солодкий	<u>2,02 ± 0,42</u>	<u>0,67 ± 0,13</u>	0,02	0,04
	1,22 – 2,72	0,42 – 0,86		
Редька біла	<u>6,25 ± 1,41</u>	<u>4,37 ± 0,85</u>	0,06	0,26
	3,45 – 8,20	2,75 – 5,60		
Квасоля	<u>9,38 ± 2,11</u>	<u>5,04 ± 0,98</u>	0,09	0,29
	5,18 – 12,26	3,17 – 6,46		

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

З табл. 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 2010-2013рр., свідчать, що між активністю ^{137}Cs і ^{90}Sr у овочевих культурах та щільністю забруднення ґрунту існує пряма пропорційна залежність (рис. 1 і 2).

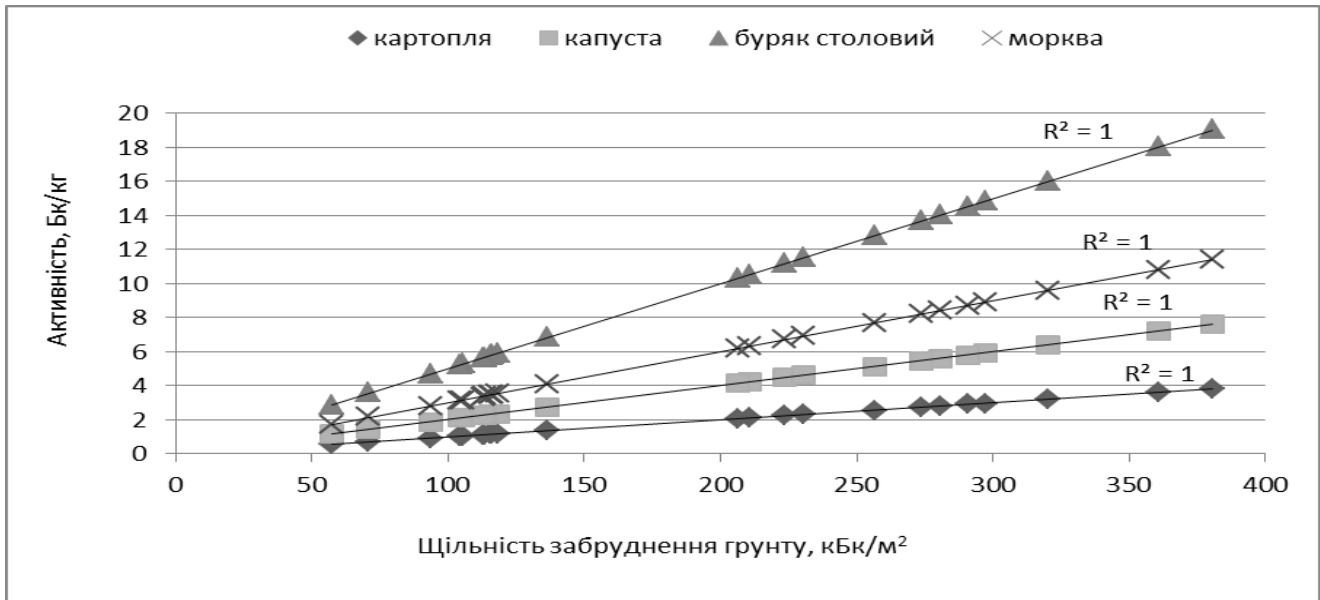


Рис. 1. Залежність між активністю ^{137}Cs та щільністю забруднення ґрунту

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.

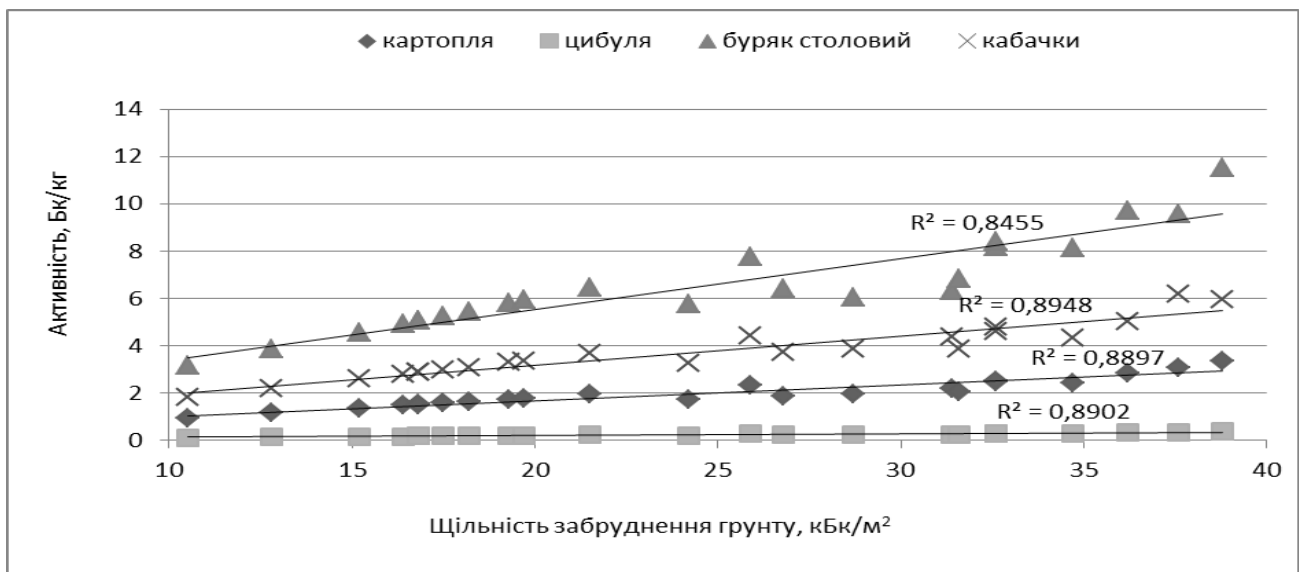


Рис. 2. Залежність між активністю ^{90}Sr та щільністю забруднення ґрунту

Експериментальні дослідження засвідчили, що за внесення гною ВРХ, з радіоактивно забруднених територій, із розрахунку 12 т/га у ґрунти умовно чистих територій, активність ^{137}Cs підвищилася на 0,84%, а ^{90}Sr – 13,27% (табл. 3).

Таблиця 3. Вплив гною ВРХ, з радіоактивно забруднених територій, на рівень забруднення ґрунтів умовно чистих територій (при внесенні 12 т/га)

Радіонуклід	Активність у 0–30 см шарі ґрунту, до внесення гною, кБк/м ²	Вноситься з гною, кБк/м ²	Активність у 0–30 см шарі ґрунту, після внесення гною, кБк/м ²	Додається з гною у ґрунти, %
¹³⁷ Cs	11,90	0,1008	12,00	+ 0,84
⁹⁰ Sr	1,13	0,1812	1,28	+ 13,27

Це свідчить, що внесення у ґрунти гною ВРХ з радіоактивно забруднених територій сприяє міграції та перерозподілу ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr на площах сільськогосподарських угідь. Гнойова маса із забруднених територій є джерелом вторинного забруднення ґрунтів ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr, що зумовлює необхідність оцінки вмісту цих радіонуклідів.

Висновки

Отримані результати досліджень дають уявлення фахівцям аграрного виробництва про радіоекологічний стан агроландшафтів на забруднених територіях центральної частини лісостепової зони, про стан міграції ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr трофічним ланцюгом «ґрунт–рослина», та про рівень забруднення ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr продукції рослинництва у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС.

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 ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr, яких в природі раніше не існувало, а тому це потребує контролю за їх міграцією в агроекосистемах.

Встановлено коефіцієнти переходу ¹³⁷Cs і ⁹⁰Sr з ґрунту (зокрема чорнозему типовому) в овочеву продукцію, що в подальшому дасть змогу спрогнозувати забруднення цими радіонуклідами продукцію, що вирощуватимуться на радіоактивно забруднених територіях Центрального Лісостепу.

Наявність радіонуклідного забруднення рослинної продукції через 30 років після Чорнобильської катастрофи показує, що проблема контролю і вивчення, а також прогнозування надходження радіонуклідів у продукцію нині є актуальною.

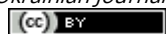
References

- Averin, G. (2012). Country report of Ukraine. European neighbourhood and partnership instrument. Shared environmental information system. Kyiv.
- Derzhavni gigijenichni normatyvy "Dopustymi rivni vmistu radionuklidiv I37Cs ta 90Sr u produktah harchuvannja ta pytnij vodi". (2006). Kiev. 845/12719. (in Ukrainian).
- Dovidnyk dlja radiologichnyh sluzhb Minsil'gospoprodu Ukrai'ny. Kiev (in Ukrainian).
- Greenpeace International report. (2016). Nuclear Scars: The lasting legacy of Chernobyl and Fukushima. Retrieved from: <http://www.greenpeace.org/international/en/press/releases/2016/nuclear-legacies-Chernobyl-Fukushima/>. Accessed on 30.08.2017
- Gudkov, I.M., Lazarev, M.M. (2003). Osoblyvosti vedennja sil'skogospodars'kogo vyrobnyctva na zabrudnenyh radionuklidamy terytorijah Lisostepu (pp. 747-775). In: Naukove zabezpechennja stalogo rozvytku sil'skogo gospodarstva v Lisostepu Ukrai'ny. Kiev. TOV "Alefa" (in Ukrainian).
- Hudkov, I.M., Haychenko, V.A., Kashparov, V.O., Kutlakhmedov, Yu.O., Hudkov, D.I., Lazaryev, M.M. (2011). Radioekolohiya. Kiev. Nonohrad (in Ukrainian).
- Metodychni rekomendacii' z vidboru zrazkiv g'runtu dlja radioizotopnogo analizu pry obstezhenni sil'gospugid'. (1997). Metodyka yzmerenija aktyvnosti radyonuklydov v schetnyh obrazcah na scyntylyjacyonnom gamma-spektrometre s yspol'zovanyem programmogo obespechenija "Progress". (1996). Moscow (in Russian).
- Present and future environmental impact of the Chernobyl accident. (2001). IAEA-TEC DOC-1240, IAEA, Vienna.
- Schuller, P., Handl, I., Tramper, R. (1988). Dependence of the ¹³⁷Cs soil - to - plant transfer factor on soil parameters. Health Physics, 55(3), 575-577.
- Twenty-five Years after Chornobyl Accident: Safety for the Future. (2011). National Report of Ukraine. Kiev. KIM.

Citation:

Gerasymenko, V., Rozputny, O., Pertsovi, I., Skyba, V., Saveko, M. (2017). Migration and prognosis of radionuclides ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr in vegetable produce: the case of villages of the Central Forest-Steppe of Ukraine in the remote period after Chernobyl Disaster.

Ukrainian Journal of Ecology, 7(3), 246–250.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0. License