

**ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗАБРУДНЕННЯ ЗЕРНА ОЗИМОГО ЖИТА ^{90}Sr
ЗАЛЕЖНО ВІД АГРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО
ГРУНТУ**

Висвітлено ступінь забруднення ^{90}Sr зерна озимого жита на полях сільськогосподарських підприємств і на присадибних ділянках. Визначена залежність інтенсивності міграції радіонукліду від агрохімічних показників ґрунту. Встановлена нижня межа забруднення ґрунту радіостронцієм, вище якої зерно жита має підлягати обов'язковому радіаційному контролю.

Постановка проблеми

Внаслідок Чорнобильської катастрофи найбільш інтенсивно були забруднені ^{90}Sr ґрунти на території зони відчуження та угіддях, які прилягають до неї. Цей біологічно значимий радіонуклід був викинутий з

© А. І. Мельник

реактора в основному в складі частинок ядерного палива, тому і був перенесений на значно менші відстані, ніж поширились радіонукліди в конденсованій формі. Менша мобільність ^{90}Sr , що знаходиться в матриці паливних частинок, обумовила його нижчу міграційну рухливість в системі ґрунт–рослина в перші післяаварійні роки. У зв'язку з цим, а також через складнощі радіаційного контролю цього радіонукліду, вивчення радіаційної ситуації, обумовленої ^{90}Sr , проводилось в обмежених обсягах.

З часом паливні частинки розчинювались, про що свідчить зміна їх дисперсного складу, а також збільшення частки обмінного стронцію в ґрунті, а внаслідок цього підвищувалось забруднення рослинності [1]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуло питання про визначення територій та рослинницької продукції, критичних щодо радіостронцію. Це особливо важливо у зв'язку з реформуванням сільського господарства і значним збільшенням обсягів виробництва продукції в приватному секторі. Актуальність цього питання зростає ще і з уведенням в Україні нових допустимих рівнів (ДР-97), де було визначено нормативи забруднення ^{90}Sr продуктів харчування (для хлібопродуктів – 5 Бк/кг, для овочів, м'яса і молока – 20 Бк/кг) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивчення інтенсивності міграції ^{90}Sr на різних типах ґрунтів у залежності від їх агрохімічних показників, інших факторів, що визначають мобільність радіонукліду, дає можливість глибше і конкретніше розкрити особливості його надходження з ґрунту в рослини.

Забруднення території радіонуклідними випаданнями, що представлені різними компонентами, невизначеність співвідношення останніх на різних слідах викиду, трансформація їх у ґрунтах у зв'язку з фізико-хімічними характеристиками, мінералогічним складом і водним режимом обумовлюють різну мобільність і різну динаміку вмісту рухомих форм радіонуклідів у ґрунтах [3]. Як відомо, відмінною особливістю міграції радіонуклідів у системі ґрунт–рослина є виключно висока мобільність їх на легких за гранулометричним складом піщаних і супіщаних ґрунтах підзолистого типу [4,5]. Проте якщо поведінка ^{137}Cs в агросфері обумовлена його високою первісною розчинністю і легкою доступністю для рослин, то ^{90}Sr мав низьку початкову міграційну рухливість. З часом на піщаних і супіщаних ґрунтах міграційна здатність обох радіонуклідів залишається досить високою, бо низька ємність вбирання, мінералогічний склад цих ґрунтів не сприяють міцному закріпленню їх в значних кількостях ні ґрунтовим вбирним комплексом, ні кристалічною структурою вторинних глинистих мінералів. Дослідженнями В. О. Кашпарова [6] встановлено, що рухомість ^{90}Sr найвища на опідзолених піщаних ґрунтах. Вчені УкрНДІ сільськогосподарської

радіології визначили, що найбільш критичною продукцією щодо ^{90}Sr в зоні Полісся є зерно озимого жита [7].

Результати великомасштабного радіологічного обстеження ґрунтів Чернігівщини, яке було проведене в 1990–1993 роках засвідчили, що в придніпровській частині області (Козелецький, Ріпкинський, Чернігівський райони) виявлені великі площі ґрунтів зі щільністю забруднення їх вище $0,15 \text{ Кі}/\text{км}^2$. У ґрунтовому покриві цих територій переважають піщані та супіщані ґрунти з низьким вмістом гумусу, біогенних елементів та підвищеною кислотністю. Ситуація ускладнюється тим, що вже понад 10 років на цих ґрунтах не проводились заходи щодо відтворення їх родючості. Крім того на зазначених територіях не проводилось жодних досліджень щодо міграції ^{90}Sr .

Дані радіоекологічного моніторингу на стаціонарних контрольних ділянках показують, що в останні роки активність ^{90}Sr стабілізувалась в межах $6\text{--}8 \text{ кБк}/\text{м}^2$, залишаючись вищою ніж у доаварійний період у 5 разів (рис.1). Це свідчить про актуальність і необхідність більш глибокого вивчення радіаційної ситуації щодо ^{90}Sr [8].

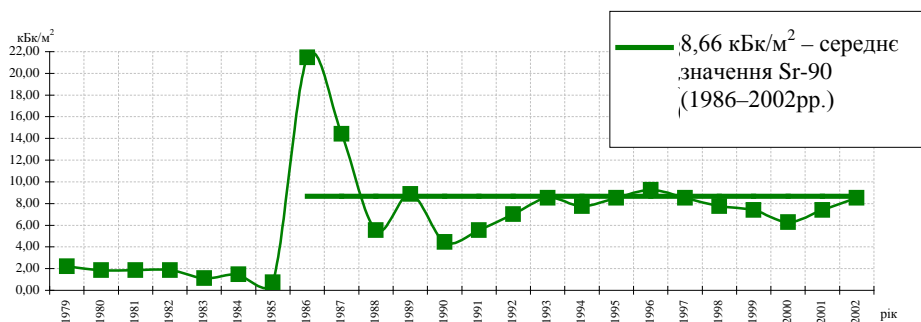


Рис. 1. Динаміка щільності забруднення ^{90}Sr ґрунтів контрольних ділянок

Завдання досліджень

1. Визначити ступінь забруднення ^{90}Sr основних видів рослинницької продукції в придніпровській частині Чернігівщини.
2. Установити особливості забруднення радіостронцієм зерна озимого жита на полях великотоварних господарств і на присадибних ділянках.
3. Виявити основні агрохімічні фактори впливу на інтенсивність міграції ^{90}Sr .
4. Визначити основні контрзаходи, які слід проводити на критичних щодо ^{90}Sr територіях.

Об'єктами досліджень були зразки ґрунту і зерна озимого жита, відібрані на найбільш критичній щодо стронцієвого забруднення території:

у восьми сільськогосподарських підприємствах Козелецького, Ріпкинського і Чернігівського районів. Ці господарства розміщені у придніпровській зоні області. Ґрунтовий покрив їх представлений, в основному, дерново-підзолистими піщаними та зв'язно-піщаними ґрунтами. Середньозважена щільність забруднення їх ^{90}Sr коливається в межах 4–12 кБк/м². В шести господарствах вся площа угідь забруднена вище 5,5 кБк/м² (найбільше забруднення – 31 кБк/м²).

З метою високої достовірності визначення коефіцієнтів переходу ^{90}Sr з ґрунту в рослини в експериментальних роботах використовували метод „спряжених” проб. Ґрунт відбирали за допомогою циліндричного пробовідбірника методом конверта на глибину орного шару. В кожній точці відбору ґрунту брали ще сніп озимого жита.

Вміст ^{90}Sr у зразках визначали радіохімічним методом за його дочірнім елементом розпаду – ітрієм-90 на низькофоновому радіометрі УМФ-2000.

Результати досліджень

Дані радіоекологічного моніторингу, що проводиться на сільськогосподарських угіддях області, в останні роки показали зростаючу інтенсивність міграції ^{90}Sr . Це пов'язано з розчиненням паливних часточок, до складу яких входив цей радіонуклід, на низькобуферних кислих ґрунтах з малою ємністю вбирання. Нерідко вміст ^{90}Sr в рослинницькій продукції перевищував вміст в ній ^{137}Cs . Максимальні значення забруднення радіостронцієм сягали в сніні 1114 Бк/кг, зеленій масі пасовищ – 245, зерна – 34 Бк/кг (табл. 1).

Таблиця 1. Забруднення ^{90}Sr сільськогосподарської продукції

Вид продукції	Рівень забруднення, Бк/кг	
	інтервал	середній показник
Молоко	1–10	3
Картопля	1–8	2
Овочі	3–19	9
Зерно	1–34	10
Кукурудза (зелена маса)	12–106	50
Люпин (зелена маса)	53–83	66
Сіно природних угідь	8–1114	162
Зелена маса природних угідь	1–245	39

Проте незважаючи на підвищений ступінь забруднення радіостронцієм ґрунту і кормів, рівень вмісту цього радіонукліду у молоці був значно нижчим від граничнодопустимого. У наших дослідженнях на критичних територіях він не перевищував 10 Бк/л, при середньому значенні 3 Бк/л. (Порівняно з допустимим рівнем (20 Бк/л), який регламентовано ДР-97 це в 2–6 разів менше).

Не становлять особливої небезпеки і картопля та овочі, середній показник забруднення яких в 2–10 разів нижчий від допустимого.

Найбільшу загрозу щодо надходження ^{90}Sr в організм людини становить зерно.

Серед зернових продовольчих культур на обстеженій території переважає озиме жито. Рівень забруднення його ^{90}Sr коливався в межах 1–31 Бк/кг, при середньому значенні 8 Бк/кг. Оскільки допустимі рівні забруднення радіонуклідами для сільськогосподарської продукції не встановлені, ми використали дані, згідно з якими в хліб переходить 50 % радіонукліду, що містився в зерні [3]. Виходячи з цього параметру та враховуючи ДР-97 для хлібопродуктів, допустимий вміст ^{90}Sr в зерні може становити 10 Бк/кг. Наші дослідження показали, що у 1999 році все зерно жита, вирощене в сільськогосподарських підприємствах “Десна“, “Дніпро“, “Родіна“ було забруднено вище 10 Бк/кг, коливаючись від 10 до 31 Бк/кг. В 2001 році в цих господарствах вміст радіостронцію в зерні становив 6–18 Бк/кг. Розраховані коефіцієнти переходу радіонукліду з ґрунту в зерно жита змінювались в широкому інтервалі: від 0,3 до 6,6 Бк/кг: кБк/м² при середньому значенні 1,6 Бк/кг:кБк/м² (табл.2).

Таблиця 2. Інтенсивність переходу ^{90}Sr з ґрунту в зерно озимого жита

Господарства	Щільність забруднення ґрунту, кБк/м ²	Рівень забруднення зерна, Бк/кг	Коефіцієнт переходу, Бк/кг: кБк/м ²
Громадський сектор	<u>1,5–12,2</u> 4,4	<u>1–31</u> 10	<u>0,3–6,6</u> 1,6
Присадибні ділянки	<u>3,7–16,3</u> 8,5	<u>3–12</u> 8	<u>0,4–1,8</u> 1,0

Примітка. Чисельник – інтервал показників, знаменник – середнє значення

Паралельно визначали забруднення зерна жита на присадибних ділянках. Незважаючи на суттєво вищу на них щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr , вміст його в зерні коливався у вузькому інтервалі і на нижчому рівні, ніж в громадському секторі: від 3 до 12 Бк/кг. Коефіцієнти переходу також були значно нижчими: 0,4–1,8 Бк/кг : кБк/м². Середній показник коефіцієнту був у 1,6 раза менший. Проте саме в приватному секторі існує реальна загроза підвищеного надходження ^{90}Sr в організм людини з хлібом, бо населення часто випікає його з власного борошна.

Широкий інтервал коливань показників коефіцієнту переходу ^{90}Sr з ґрунту в зерно, особливо в громадському секторі, свідчить про вплив на процес міграції цього радіонукліду великого числа факторів. В умовах Чернігівщини в багатьох випадках цей коефіцієнт перевищує показник, що наводиться в літературі [4]. У наших дослідженнях середнє значення цього показника у громадському секторі перевищує літературні дані майже в 1,6 разів. У приватному секторі коефіцієнт переходу радіостронцію в зерно озимого жита ідентичний з літературним, що дорівнює 1,0 Бк/кг:кБк/м².

Враховуючи, що наші дослідження проводились на дерново-підзолистих піщаних та зв'язно-піщаних ґрунтах на обмеженій території і за однакових погодних умов, можна припустити, що зміни показників

міграції радіостронцію протягом одного року залежать, в основному, від щільності забруднення ґрунту та його агрохімічних властивостей.

Щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr як в громадському секторі, так і в приватному, коливалась у дуже широкому інтервалі: найбільші значення перевищували найменші, відповідно, у 8 і 4 рази (табл.2). Хоча інтервал коливань на присадибних ділянках був вдвічі менший, але середній вміст радіонукліду в ґрунті на них був у 2 рази вищий. Тому нижчий рівень забруднення зерна у приватному секторі в залежності від вмісту радіонукліду в ґрунті пояснити важко.

Аналіз агрохімічних показників ґрунту у двох секторах показав, що за режимом живлення рослин кращі умови характерні для присадибних ділянок. Порівняно з громадським сектором в їх ґрунтах накопичені вищі запаси елементів живлення: азоту – в 1,6 раза, рухомих форм фосфору – в 1,8 раза, гумусу – в 1,7 раза. Вміст обмінного калію і кальцію суттєво не відрізнявся. За реакцією ґрунтового розчину в громадському секторі ґрунти менш кислі, але озиме жито за своїми біологічними особливостями задовільно переносить підвищену кислотність (табл.3).

Таблиця 3. Агрохімічна характеристика ґрунтів

Господарства	Вміст у ґрунті, мг/кг			Вміст гумусу, %	Кислотність ґрунту (рНсол.)	Вміст обмінного кальцію мг-екв/100г ґрунту
	азоту, що легко гідролізується	рухомих форм фосфору	обмінного калію			
Громадський сектор	84–138 94	77–144 119	66–133 96	1,21–2,06 1,53	5,1–5,7 5,5	2,9–5,2 4,1
Присадибні ділянки	102–216 152	38–491 211	25–285 99	1,49–4,88 2,57	4,1–6,5 5,2	2,0–5,1 3,2

Примітка. Чисельник – інтервал показників, знаменник – середнє значення.

Таким чином, можна припустити, що кращий режим живлення рослин на присадибних ділянках обумовлює більш високий урожай зерна і нижчий рівень його забруднення внаслідок “ефекту розбавлення”.

З метою більш детального визначення наявності та глибини зв'язків між рівнем забруднення зерна і показниками, розглянутими вище, було проведено кореляційний аналіз результатів досліджень. Виявилось, що між щільністю забруднення ґрунту ^{90}Sr і вмістом його в зерні існує слабка залежність, парний коефіцієнт кореляції дорівнює 0,20–0,21. Тобто ступінь забруднення ґрунту не є визначальним щодо рівня забруднення продукції за умови, коли забруднення на різних ділянках не розрізняється більше ніж на порядок. При цьому коефіцієнт переходу ^{90}Sr з ґрунту в зерно є в оберненій залежності від щільності забруднення ґрунту. Зв'язок цей нестабільний в різних умовах, парні коефіцієнти кореляції в громадському і приватному секторах відрізняються майже вдвічі (табл.4).

Найбільш суттєво на інтенсивність нагромадження ^{90}Sr в зерні жита впливає вміст кальцію у ґрунті та його кислотність. Ця залежність характерна як для громадського, так і для приватного сектора. Парні коефіцієнти кореляції між рівнем забруднення радіостронцієм зерна і вмістом кальцію в ґрунті та кислотністю його в громадському секторі дорівнюють -0,60 і -0,47, в приватному секторі – відповідно, -0,53 і -0,40. Ці коефіцієнти свідчать про середній кореляційний зв'язок між цими показниками.

Таблиця 4. Залежність інтенсивності міграції ^{90}Sr від щільності забруднення і агрохімічних показників ґрунту

Показник	Щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr	Вміст у ґрунті			Кислотність ґрунту $\text{pH}_{\text{сол}}$
		кальцію	калію	фосфору	
Громадський сектор					
Рівень забруднення ^{90}Sr зерна	0,20	-0,60	-0,34	-0,25	-0,47
Коефіцієнт переходу	-0,35	-0,78	-0,28	-0,39	-0,69
Приватний сектор					
Рівень забруднення ^{90}Sr зерна	0,21	-0,53	0,27	-0,17	-0,40
Коефіцієнт переходу	-0,67	-0,65	0,39	-0,41	-0,75

Більш тісний зв'язок встановлено між коефіцієнтами переходу ^{90}Sr з ґрунту в зерно і вмістом кальцію в ґрунті та його кислотністю, парні коефіцієнти кореляції в громадському секторі дорівнюють, відповідно, -0,78 і -0,69, у приватному – -0,65 і -0,75.

Кореляційний зв'язок залежності забруднення зерна від вмісту в ґрунті фосфору в обох секторах слабкий і нестабільний ($r = -0,25$ і $-0,17$). В більшій мірі забезпеченість ґрунту фосфором впливає на коефіцієнт переходу радіостронцію з ґрунту в рослину ($r = -0,39$ і $-0,41$). Цей зв'язок має обернений характер і оцінюється як середній. Чим повніше насичений ґрунт рухомими формами фосфору, тим нижча мобільність ^{90}Sr .

В наших дослідженнях ми не виявили впливу калію на міграцію ^{90}Sr . Коефіцієнти кореляції невисокі і носять суперечливий характер.

Висновки

1. В умовах поліської зони Чернігівщини найбільш критичною сільськогосподарською продукцією щодо забруднення її ^{90}Sr є зерно озимого жита. Незважаючи на нижчі коефіцієнти накопичення радіонукліду в зерні, вирощеному на присадибних ділянках, використання його для випікання хліба становить реальну загрозу додаткового радіаційного навантаження на місцеве населення.

2. Особливо жорсткому радіаційному контролю на придніпровській території області має підлягати зерно продовольчих культур, вирощене на площах, де щільність забруднення ґрунту ^{90}Sr перевищує на піщаних різновидах 3 кБк/м², на супіщаних – 5 кБк/м².
3. В ґрунтово-кліматичних умовах Чернігівщини значна блокуюча роль щодо міграції ^{90}Sr належить кальцію. Мобільність цього радіонукліду також суттєво залежить від кислотності ґрунту та насичення його фосфором. Отже, ефективними контрзаходами для зниження рівнів забруднення ^{90}Sr сільськогосподарської продукції є вапнування ґрунтів і застосування підвищених доз фосфорних добрив. При цьому вапнування слід проводити не тільки в громадському, але і в приватному секторах.

Перспективи подальших досліджень

Зважаючи на складність визначення ^{90}Sr в продукції доцільно провести детальне радіологічне обстеження ґрунтів орних земель придніпровської зони з метою районування території за необхідністю контролю цього радіонукліду в зерні відповідно до вимог ДР-97.

Проведення спеціальних контрзаходів та більш жорсткий цілеспрямований контроль за рівнем забруднення зерна продовольчих культур на критичних територіях дозволить суттєво зменшити ризик нагромадження в організмі людей значної кількості ^{90}Sr .

Література

1. *Кашипаров В. А., Иванов Ю. А., Зварич С. И., Процак В. П., Хомутинин Б. В.* Кинетика растворения чернобыльских топливных частиц и выщелачивания из них радионуклидов в почвах Зоны отчуждения// Проблемы Чернобыльской зоны відчуження. – 1998. – Вип.5 – С.18–24
2. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ^{137}Cs ^{90}Sr у продуктах харчування та питній воді (ДР-97).–К.; 1997. – 12 с.
3. *Иванов Ю. А., Лоцилов Н. А., Орешич Л. А., Кашипаров В. А., Бондарь Л. Ф.* Динамика мобильных форм цезия-137 выпадений аварийного выброса ЧАЭС в почвах/ Проблемы сельскохозяйственной радиологии. Сб. науч. тр. Вып.2. –К.; 1992.–С.43–56.
4. *Моисеев А. А., Рамзаев П. В.* Цезий-137 в биосфере. – М.: Атомиздат, 1975. – 180 с.
5. *Пристер Б. С., Перепелятникова Л. В., Дугинов В. И., Хомутинин Ю. В.* Основные факторы, определяющие поведение радионуклидов в системе почва-растение/ Проблемы с.-х. радиологии. Сб. науч. тр. Вып.2. – К.; 1992. – С.108–117.
6. *Кашипаров В. А.* Оценка и прогнозирование обстановки при радиационных авариях с выбросами частиц облученного ядерного

топлива: Автореф. дис. д-ра биол. наук: 09.00.08/ ВНИИСХРАЭ. – Обнинск.2000. – 48 с.

7. *Кашипаров В. О., Лундін С. М., Левчук С. Є., Мельник А. І., Процак В. П., Йощенко В. І., Кадигріб О. М., Ковтун М. В.* Комплексний моніторинг забруднення сільськогосподарської продукції ^{90}Sr // Вісник аграрної науки. – 2001. – Спец. випуск. – С. 38–42
 8. *Прістер Б. С., Лазарєв М. М., Романов Л. М., Надточій П. П., Байда В. І., Мельник А. І.* Радіаційна ситуація на сільськогосподарських угіддях Чернігівської області та заходи щодо зниження її негативної дії (за ред. П.П. Надточія) – К.: Аграрна наука, 1998. – 80 с.
-
-