

## ДО ПИТАННЯ ПРО ХАРАКТЕР ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ПИТОМОЮ АКТИВНІСТЮ $^{137}\text{Cs}$ ТРАВ І ЩІЛЬНІСТЮ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВІДЧУЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ ПРАВОБЕРЕЖНОГО ПОЛІССЯ

*О.М. Лукомський*

*ДВНЗ «Державний агроекологічний університет», м. Житомир*

**Ключові слова:** питома активність, щільність забруднення ґрунту, коефіцієнт переходу, система “ґрунт-рослина”.

**Key words:** specific activity, closeness of contamination of soil, transition coefficient, system is “soil-plant”.

In the studied range of closenesses of contamination of soil of  $^{137}\text{Cs}$  and landscape terms a hypothesis is confirmed about the linear law of dependence between maintenance of radionuclide in plants and level of contamination of soil which can be applied for prognostication of radiation situation on territories with a radiocontaminant. The linearness of the considered dependence leads to circumstance that the level of contamination of soil in the considered range of closenesses does not influence on a value the coefficient of transition of  $^{137}\text{Cs}$  in natural and sowing herbares, which depends on landscape terms, that and determine intensity of mastering of radionuclide in plants.

**Постановка проблеми.** Розвиток сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях має здійснюватись на основі науково обґрунтованої стратегії, спрямованої на мінімізацію доз опромінення населення, перспективну реабілітацію цих територій, відродження виробництва традиційної для них сільськогосподарської продукції. Усе це вимагає володіння радіологічною ситуацією – прогнозування накопичення  $^{137}\text{Cs}$  рослинницькою продукцією, в тому числі кормовими культурами, та його переходу у тваринницьку продукцію.

Для прогнозування забруднення сільськогосподарської продукції  $^{137}\text{Cs}$  та його поведінки в ґрунтах і доступності рослинам, необхідне всебічне вивчення в системі „ґрунт-рослина”. Важливою прогностичною характеристикою цього процесу є співвідношення між концентраціями радіонукліда в рослинах і в ґрунті, тобто коефіцієнт переходу (пропорційності), який інтегрує дію усіх процесів надходження радіонуклідів до фітомаси у кількісному виразі.

Об'єктом досліджень стали характер залежності обсягу накопичення  $^{137}\text{Cs}$  рослинами від концентрації радіонукліда в ґрунті та закономірності радіоактивного забруднення рослинного покриву залежно від ландшафтних умов. Предмет досліджень – природні та сіяні трави, ґрунти відчужених територій Народицького району, коефіцієнт переходу (КП)  $^{137}\text{Cs}$ .

Польові роботи проводили відповідно до методичних рекомендацій [6; 7]. Дослідженню підлягав 0-20 см шар ґрунту земель, прилеглих до населених пунктів. Вміст  $^{137}\text{Cs}$  в ґрунті й траві визначали спектрометричним методом на приладі РУБ-01Пб. Значення потужності експозиційної дози гамма-випромінювання замірювали дозиметрами ДРГ-01Т та СРП-68-01.

Показником інтенсивності акумуляції  $^{137}\text{Cs}$  в системі “ґрунт-рослина” слугував коефіцієнт переходу (пропорційності), який описується наступним рівнянням [9]:

$$КП = \frac{Am}{As} \quad (1)$$

де  $Am$  – питома активність  $^{137}\text{Cs}$  в рослинах, Бк/кг;

$As$  – щільність забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$ , кБк/м<sup>2</sup>;

$КП$  – коефіцієнт пропорційності (переходу)  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослинність, м<sup>2</sup> \* кг<sup>-1</sup> \* 10<sup>-3</sup>.

**Виклад основного матеріалу.** Проводити аналіз даних і визначати динамічні параметри накопичення радіонуклідів рослинами в широкому діапазоні щільності забруднення ґрунту  $^{137}\text{Cs}$  ( $As$ ) можна тільки після перевірки лінійності залежності між питомою активністю радіоцезію в рослинах –  $Am$  та  $As$ , тобто в разі відсутності залежності коефіцієнта переходу ( $КП$ ) радіонуклідів з ґрунту в рослини від рівня забруднення ґрунту в конкретних умовах радіоактивного сліду аварії на ЧАЕС. Встановлення лінійності залежності між питомою активністю ( $Am$ ) та щільністю забруднення ґрунту ( $As$ ) дає змогу отримати дані про радіаційний стан і відповіді на питання про змогу його прогнозування на територіях з різною щільністю забруднення.

Розглянуті літературні джерела не дозволяють зробити однозначний висновок про характер залежності накопичення  $^{137}\text{Cs}$  рослинами від концентрації радіонукліда в ґрунті. Вперше прямо пропорційну залежність між концентраціями радіонуклідів у ґрунті та рослинах встановив В.М. Ключковський зі співробітниками [5]. У природних (польових) умовах характер залежності модифікується низкою чинників, таких як гетерогенність ґрунтового покриву, нерівномірність забруднення ґрунту радіонуклідами, вплив агротехнічного

обробітку ґрунту на вертикальний розподіл радіонуклідів у ґрунті, вживання конгрзаходів, що знижують біодоступність радіонукліда рослинам.

Мають місце суперечливі твердження стосовно характеру згаданої залежності [2; 8], але більшість авторів схиляються до лінійного закону залежності накопичення радіоцезію рослинами від його вмісту в ґрунті за умови відсутності біологічної дії (токсичності) [1; 3; 4; 10; 11]. Саме тому висунута гіпотеза про лінійний вид залежності між питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  у травах і рівнем забруднення ґрунту.

Встановлено, що залежність між накопиченням травами та рівнями забруднення ґрунту дійсно має лінійний характер і на всьому діапазоні щільностей забруднення  $^{137}\text{Cs}$  й типів ґрунтів (див. табл.) описується лінійним рівнянням. Очевидно, можна припустити, що за відсутності радіоактивного забруднення ґрунту концентрація  $^{137}\text{Cs}$  в рослинах дорівнюватиме нулю, тому пару  $A_m = 0, A_s = 0$  вводили до складу кожної проаналізованої вибірки як початкову умову.

Отримані результати дослідження для значного діапазону щільностей забруднення (див. табл.) дозволяють апроксимувати залежність накопичення радіоцезію природними та сіяними травами від рівня забруднення ґрунту цим радіонуклідом за формулою (1) для всіх розглянутих груп ґрунтів із високим ступенем достовірності (рис. 1, 2). Для окремих груп ґрунтів ступінь достовірності дещо нижчий ( $R^2$  не перевищує 0,67). Особливо це стосується мінеральних автоморфних ґрунтів під сіяними травами, оскільки в цю групу об'єднані ґрунти різного ступеня опідзолення, а відповідно й з різним рослинним покривом, що й позначається на апроксимації.

Таблиця

Коефіцієнти переходу (КП) в трави для різних ґрунтових відмін

Ґрунт*	Щільність забруднення ґрунту $^{137}\text{Cs}$ ( $A_s$ ), кБк/м <sup>2</sup>	Питома активність рослин ( $A_m$ ), Бк/кг	Коефіцієнт переходу (КП), м <sup>2</sup> *кг <sup>-1</sup> *10 <sup>-3</sup>
Сіяні трави			
1	101,75-283,05	70-165	0,24-0,73 ( $R^2=0,67$ )
2	152,07-409,509	143-318	0,78-0,94 ( $R^2=0,98$ )
3	83,25-236,50	142-365	1,54-2,02 ( $R^2=0,90$ )
4	71,41-254,93	360-993	3,91-5,14 ( $R^2=0,98$ )
Природні трави			
1	142,08-196,10	156-261	1,12-1,58 ( $R^2=0,91$ )
2	223,11-307,84	495-887	2,22-2,88 ( $R^2=0,97$ )
3	82,51-307,84	215-993	3,01-3,90 ( $R^2=0,94$ )
4	19,98-86,21	359-750	7,18-34,38 ( $R^2=0,84$ )

\*Примітка: 1 – дерново-підзолисті ґрунти (автоморфні); 2 – дерново-підзолисті глейові ґрунти (гідроморфні); 3 – дерново-глейові ґрунти; 4 – торфово-болотні ґрунти.

Аналіз коефіцієнтів детермінованості лінійної залежності концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в рослинах від щільності забруднення ґрунту показав, що гіпотеза про прямо

пропорційну залежність підтверджується для сіяних і природних трав на різних типах ґрунту і може прийматись з високим рівнем достовірності ( $p = 0,95$ ).

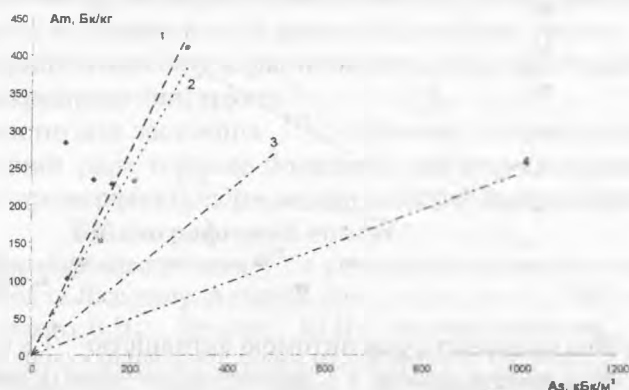


Рис. 1. Лінійна залежність між питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  в сіяних травах і щільністю забруднення ґрунту: 1 – дерново-підзолисті ґрунти (автоморфні); 2 – дерново-підзолисті глейові ґрунти (гідроморфні); 3 – дерново-глейові ґрунти; 4 – торфяно-болотні ґрунти.

Відмінності значень КП  $^{137}\text{Cs}$ , розрахованих методом найменших квадратів як коефіцієнт пропорційності між питомою активністю і щільністю забруднення ґрунту, від усереднених значень КП в межах вибірки, не перевищували 15% для всіх типів ґрунту. Виявлені відмінності лежать у межах точності визначення параметрів  $A_m$  і  $A_s$ . Цей факт дозволяє зробити висновок, що вплив щільності забруднення ґрунтів на накопичення радіонукліда в рослинах був вирішальним і значно більшим, ніж вплив відмінностей у характеристиках ґрунту, погодних умовах тощо.

Для встановлення закономірностей переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини в дослідженні використано ландшафт як інтегральний комплексний показник, який поєднує екологічну дію ґрунтово-хімічних, ґрунтово-фізичних характеристик та особливостей рослинного покриву. Порівнюючи параметри, наведені в табл. 1, можна сказати, що групування ґрунтів за походженням і місцем у ландшафті дає змогу отримати залежності з досить високим ступенем достовірності ( $R^2 > 0,90$ ). Це підтверджує правомірність об'єднання даних за окремими ґрунтовими відмінами за весь термін виконання дослідження.

Лінійність розглянутої залежності доводить той факт, що рівень на розглянутому діапазоні щільностей забруднення ґрунту не впливає на значення коефіцієнта переходу  $^{137}\text{Cs}$  в траву, який залежить від ландшафтних умов, що й визначають інтенсивність засвоєння радіонукліда рослинами. Це дозволяє порівнювати значення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$ , розрахованих для різних рівнів забруднення ґрунту. Залежність (1) можна застосовувати для прогнозування радіаційної ситуації на територіях з радіоактивним забрудненням аналогічного типу й подібними ландшафтними умовами.

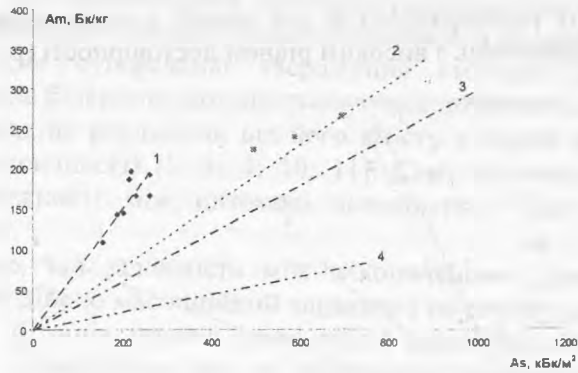


Рис. 2. Лінійна залежність між питомою активністю  $^{137}\text{Cs}$  в природних травах і щільністю забруднення ґрунту: 1 – дерново-підзолисті ґрунти (автоморфні); 2 – дерново-підзолисті глейові ґрунти (гідроморфні); 3 – дерново-глейові ґрунти; 4 – торфово-болотні ґрунти.

Вплив режиму зволоження, показником якого виступає ступінь оглеєння ґрунтів, яскравіше проявляється на прикладі природних трав і менш виражений у випадку із сіяними. Це пов'язано насамперед із тим, що природні луки, як правило, в системі землекористування займають вологі та перезволожені місцевиростання, а під сіяні відводять сухіші орні землі. Зокрема значення КП  $^{137}\text{Cs}$  в природні трави з торфово-болотного ґрунту неосушеного в середньому в 4,3 раза вищі, ніж з осушеного.

Щодо мінеральних дерново-підзолистих ґрунтів, то значення коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  в трави знижуються від глейового до слабogleюватого ґрунту в середньому у 2,5 раза. Дерново-підзолисті й алювіальні мінеральні ґрунти складно порівнювати за ступенем оглеєння, оскільки дерново-глейові ґрунти проявляють чітку приуроченість до рельєфу, а їх характер існування визначає паводковий режим.

Дерново-підзолисті ґрунти мають ширший діапазон ґрунтових відмін різного ступеня оглеєння: від сухих до глейових різного механічного складу. Для цих ґрунтів переважно піщаного механічного складу КП  $^{137}\text{Cs}$  в природні трави падає від глейового до сухого неоглеєного до двох разів. Це можна пояснити глибиною залягання глейового горизонту: глейові ґрунти оглеєні з поверхні, глеюваті – з глибини 15-20 см, а для слабogleюватих межа оглеєння лежить нижче, за межами кореневмісного шару і за цією ознакою вони морфологічно близькі до сухих неоглеєних. Але процес оглеєння позначається не лише на властивості ґрунту, а й на складі рослинного покриву, який теж зумовлює зміну значень КП. Це, зокрема, стосується природних трав, тоді як для сіяних спостерігають менш помітні відмінності, оскільки їх травостій відносно однорідний.

## Висновки

1. Встановлена прямо пропорційна залежність між питомою активністю ( $A_m$ ) і щільністю забруднення ( $A_s$ ) переконливо доводить, що коефіцієнт переходу (КП)  $^{137}\text{Cs}$  в рослинність не залежить від рівня забруднення ґрунту і його слід розглядати як важливу радіоекологічну характеристику виду пасовищної культури для вирощування на конкретному типі ґрунту.

2. За доступністю для засвоєння  $^{137}\text{Cs}$  сіяними та природними травами ґрунти утворюють спадний ряд: торфово-болотний, дерново-глейовий, дерново-підзолистий глейовий (гідроморфний), дерново-підзолистий (автоморфний).

## Бібліографічний список

1. Виноградська В.Д. Динаміка накопичення  $^{137}\text{Cs}$  сільськогосподарськими культурами в умовах Українського Полісся та Лісостепу: Автореф. дис....к. с.-г. н. – К., 2005. – 18 с.
2. Гапоненко В.И., Мацко В.П., Бондарь Ю.И. Экспоненциальная зависимость показателей накопления радионуклидов растениями от удельной активности почвы // Труды Междунар. конф. “Биологические эффекты малых доз ионизирующей радиации и радиоактивное загрязнение среды” (БИОРАД – 2001). – Сыктывкар, 2001. – С. 123.
3. Грицюк Н.Р. Поведінка  $^{137}\text{Cs}$  в природних і напівприродних агроландшафтах Полісся та їх класифікація за ступенем радіоекологічної небезпеки: Автореф. дис.... к. б. н. – К., 2003. – 21 с.
4. Гулякин И. В., Юдинцева Е. В. Действие на растения и накопление в урожае радиоактивных продуктов деления при различном их размещении в почве // Известия ТСХА. – 1957. – Вып.3. – С.53-80.
5. Клечковский В.М., Целищева Г.Н. Поведение радиоактивных продуктов деления в почвах // О поведении радиоактивных продуктов деления в почвах, их поступлении в растения и накоплении в урожае. – М.: Из-во АН СССР, 1956. – С. 3 -74.
6. Методика работы радиологических подразделений по осуществлению контроля за загрязнением окружающей среды, продуктов питания и сельскохозяйственной продукции радиоактивными веществами в пределах зон радиоактивного загрязнения. – К., 1992. – 9 с.
7. Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах в зоне радиоактивного загрязнения со средней плотностью до  $5 \text{ Ки/км}^2$  цезия-137. – К., 1991. – 37 с.
8. Радиоекологическая оценка почвенного покрова земель сельскохозяйственного назначения в “критических” населенных пунктах Житомирской области / П.П. Надточий, Т.Н. Мыслыва, В.А. Трембицкий и др. // Екологія: вчені у вирішенні проблем науки, освіти і практики: Зб. доп. учасників Міжнар. наук.-практ. конф., 23-25 травня 2007 р., м. Житомир. – Житомир: Вид-во “Держ. агрокол. ун-т”, 2007. – С. 90-99.
9. Belli M., Desmet G., Tikhomirov F. The behaviour of radionuclides in natural and semi-natural environments // Collection of papers (ENEA-DISP, Rome, Italy). – Rome, 1992. – P. 7-13.
10. Prister B.S., Howard B., Vynograds'ka V.D. Regularities of Chernobyl  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{90}\text{Sr}$  behaviour in a soil-plant system // Proc. of intern. Congr. on the radioecology-ecotoxicology of continental and estuarine environments. – Aix-en-Provence, 2001. – P. 2T11(575).
11. Prister B.S., Strand P., Howard B., et. al. Time-dependent optimisation of strategies for countermeasures use to reduce population radiation dose and reclaim abandoned lands (RECLAIM). EU Contract № ERBIC 15 CT 960209. – Norway, Cr.Britan, 2000. – 92 p.