

ХАРАКТЕР ЗАЛЕЖНОСТІ МІЖ ПИТОМОЮ АКТИВНІСТЮ ^{137}Cs ТРАВ ТА ЦІЛЬНІСТЮ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ ВІДЧУЖЕНИХ ТЕРИТОРІЙ

Лукомський О.М.

ДВНЗ «Державний агроекологічний університет», м. Житомир

У вивченому діапазоні щільностей забруднення ґрунту ^{137}Cs та ландшафтних умов підтверджено гіпотезу про лінійний закон залежності між вмістом радіонукліда в рослинах і рівнем забруднення ґрунту, який можна застосовувати для прогнозування радіаційної ситуації на територіях з радіоактивним забрудненням. Лінійність розглянутої залежності доводить той факт, що рівень забруднення ґрунту у розглянутому діапазоні щільностей не впливає на значення коефіцієнту переходу ^{137}Cs в природні та сіяні трави, який залежить від ландшафтних умов, що і визначають інтенсивність засвоєння радіонукліда рослинами.

У вивченому діапазоні щільностей забруднення ґрунту ^{137}Cs та ландшафтних умов підтверджено гіпотезу про лінійний закон залежності між вмістом радіонукліда в рослинах і рівнем забруднення ґрунту, який можна застосовувати для прогнозування радіаційної ситуації на територіях з радіоактивним забрудненням. Лінійність розглянутої залежності доводить той факт, що рівень забруднення ґрунту у розглянутому діапазоні щільностей не впливає на значення коефіцієнту переходу ^{137}Cs в природні та сіяні трави, який залежить від ландшафтних умов, що і визначають інтенсивність засвоєння радіонукліда рослинами.

В изученном диапазоне плотностей загрязнения почвы ^{137}Cs и ландшафтных условий подтверждена гипотеза о линейном законе зависимости между содержанием радионуклида в растениях и уровнем загрязнения почвы, которую можно применять для прогнозирования радиационной ситуации на территориях с радиоактивным загрязнением. Линейность рассмотренной зависимости подтверждает тот факт, что уровень загрязнения почвы в рассмотренном диапазоне плотностей не влияет на значение коэффициента перехода ^{137}Cs в естественные и сеяные травы, который зависит от ландшафтных условий, что и определяет интенсивность усвоения радионуклида растениями.

In the studied range of closenesses of contamination of soil of ^{137}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 linearity 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}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, перспективу реабілітації цих територій, відродження виробництва традиційної для них сільськогосподарської продукції. Все це вимагає володіння радіологічною ситуацією – прогнозування накопичення ^{137}Cs рослинницькою продукцією, в тому числі кормовими культурами, та його переходу у тваринницьку продукцію.

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

Об'єкт та предмет досліджень

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

Методика проведення досліджень

Польові роботи проводились відповідно до методичних рекомендацій [6,7]. Дослідженню підлягав 0-20 см шар ґрунту земель прилеглих до населених пунктів угідь. Визначення вмісту ^{137}Cs в ґрунті та траві проводилось спектрометричним методом на приладі РУБ-01ПБ. Заміри значень потужності експозиційної дози гамма-випромінювання проводились дозиметрами ДРГ-01Т та СРП-68-01.

Показником інтенсивності акумуляції ^{137}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}Cs в рослинах, Бк/кг;

As - щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs , кБк/м²;

$КП$ – коефіцієнт пропорційності (переходу) ^{137}Cs з ґрунту в рослинність, м² * кг⁻¹ * 10⁻³.

Результати та їх обговорення

Проводити аналіз даних та визначити динамічні параметри величини накопичення радіонуклідів рослинами в широкому діапазоні щільності забруднення ґрунту ^{137}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 можливість отримати дані про радіаційний стан і відповіді на питання про можливість його прогнозування на територіях з різною щільністю забруднення ґрунту.

Розглянуті літературні дані не дозволяють зробити однозначний висновок про характер залежності величини накопичення ^{137}Cs рослинами від концентрації радіонукліду в ґрунті. Мають місце суперечливі твердження стосовно характеру вищезгаданої 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].

Вперше прямо пропорційну залежність між концентраціями радіонуклідів в ґрунті та рослинах встановив В.М. Клечковський із співробітниками [5]. У природних (польових) умовах характер залежності модифікується рядом факторів, такими як гетерогенність ґрунтового покриву, нерівномірність забруднення ґрунту радіонуклідами, вплив агротехнічного обробітку ґрунту на вертикальний розподіл радіонуклідів в ґрунті, застосування контрзаходів, що знижують біодоступність радіонукліда рослинам.

Саме тому, була висунута гіпотеза про лінійний вид залежності між питомою активністю ^{137}Cs в травах та рівнем забруднення ґрунту.

У ході аналізу представлених у цій роботі даних виявлено, що залежність між накопиченням травами та рівнями забруднення ґрунту має лінійний характер і на всьому діапазоні щільностей забруднення ^{137}Cs та типів ґрунтів (табл. 1) описується лінійними рівняннями. Очевидно, можна припустити, що в разі відсутності радіоактивного забруднення ґрунту концентрація ^{137}Cs в рослинах буде дорівнювати нулю, тому пара $A_m=0$, $A_s=0$ була включена до складу кожної проаналізованої вибірки як початкова умова.

Таблиця 1.

Коефіцієнти переходу (КП) в трави для різних ґрунтових відмін

ґрунт*	Щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs (A_s), кБк/м ²	Питома активність рослин (A_m), Бк/кг	Коефіцієнт переходу (КП), м ² *кг ⁻¹ *10 ⁻³
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.

Отримані результати дослідження для значного діапазону щільностей забруднення (табл.1) 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 включені ґрунти різного ступеню опідзолення, а відповідно і з різними рослинним покривом, що і накладає свій відбиток на апроксимації.

Аналіз коефіцієнтів детермінованості лінійної залежності концентрації ^{137}Cs в рослинах від щільності забруднення ґрунту показав, що гіпотеза про прямопропорційну залежність підтверджується для сіяних та природних трав на різних типах ґрунту і може бути прийнята з високим рівнем достовірності ($p = 0,95$).

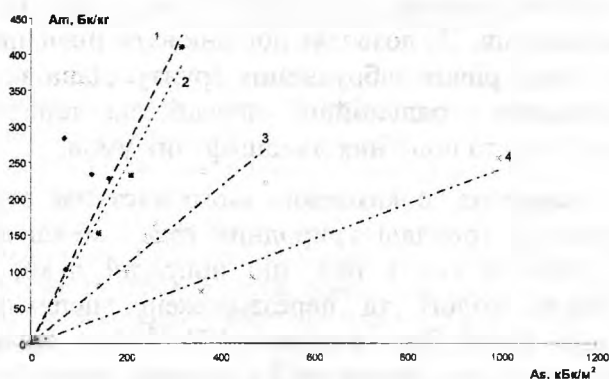


Рис. 1. Лінійна залежність між питомою активністю ^{137}Cs в сіяних травах та щільністю забруднення ґрунту:

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

Відмінності значень КП ^{137}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. Відмічені розбіжності лежать в межах точності визначення параметрів A_m і A_s . Цей факт дозволяє зробити висновок, що вплив щільності забруднення ґрунтів на накопичення радіонукліду в рослинах був вирішальним і значно більшим, ніж вплив відмінностей у характеристиках ґрунту, погодних умовах тощо.

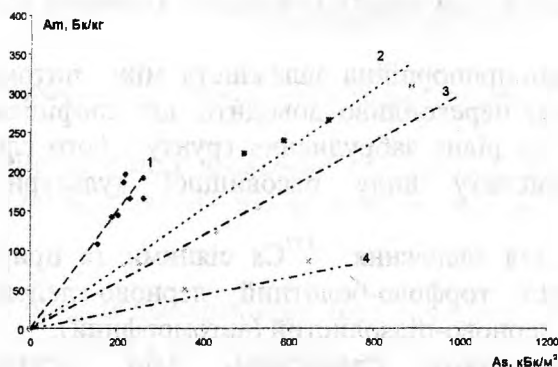


Рис. 2. Лінійна залежність між питомою активністю ^{137}Cs в природних травах та щільністю забруднення ґрунту:

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

З метою встановлення закономірностей переходу ^{137}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 та місцем в ландшафті дає можливість отримати залежності з досить високим ступенем достовірності ($R^2 > 0,90$). Це підтверджує правомірність об'єднання даних за окремими ґрунтовими відмінами.

Лінійність розглянутої залежності доводить той факт, що рівень забруднення ґрунту на розглянутому діапазоні щільностей забруднення ґрунту не впливає на значення коефіцієнту

переходу ^{137}Cs в траву, який залежить від ландшафтних умов, що і визначають інтенсивність засвоєння радіонукліда рослинами. Це дозволяє порівнювати значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs , розрахованих для різних рівнів забруднення ґрунту. Дана залежність (1) може бути застосована для прогнозування радіаційної ситуації на територіях з радіоактивним забрудненням аналогічного типу та подібних ландшафтних умов.

Вплив режиму зволоження, показником якого виступає ступінь оглеєння ґрунтів, більш яскраво проявляється на прикладі природних трав і менш виражений у випадку із сіяними. Це пов'язано перш за все з тим, що природні луки, як правило в системі землекористування займають вологі та перезволожені місцевиростання, а під сіяні відводяться більш сухі орні землі. Так, значення КП ^{137}Cs в природні трави з торфво-болотного ґрунту неосушеного в середньому в 4,3 рази вищі, ніж з осушеного.

Щодо мінеральних дерново-підзолистих ґрунтів, то значення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs в траву знижуються від глейового до слабogleюватого ґрунту в середньому у 2,5 рази. Дерново-підзолисті глейові і алювіальні мінеральні ґрунти складно порівнювати за ступенем оглеєння, оскільки дерново-глейові ґрунти проявляють чітку приуроченість до рельєфу і їх характер існування визначається паводковим режимом.

Дерново-підзолисті (автоморфні) ґрунти мають більш широкий діапазон ґрунтових відмін різного ступеня оглеєння: від сухих до глейових різного механічного складу. Для цих ґрунтів переважно піщаного механічного складу КП ^{137}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 знаходиться нижче, за межами кореневмісного шару і за цією ознакою вони морфологічно близькі до сухих неоглеєних. Але процес оглеєння накладає відбиток не лише на властивості ґрунту, а й на склад рослинного покриву, який теж обумовлює зміну значень КП. Це, зокрема, стосується природних трав, тоді як для сіяних спостерігаються менш помітні відмінності, оскільки їх травостій відносно однорідний.

Висновки

1. Встановлена прямопропорційна залежність між питомою активністю (**Am**) від щільності забруднення (**As**) переконливо доводить, що коефіцієнт переходу (КП) ^{137}Cs в рослинність не залежить від рівня забруднення ґрунту і його слід розглядати як важливу радіоекологічну характеристику виду пасовищної культури при вирощуванні на конкретному типі ґрунту.

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

Перспективи подальших досліджень слід зосередити на подальшому радіоекологічному моніторингу ґрунтового покриву зони безумовного (обов'язкового) відселення Народицького району з метою реабілітації відчужених територій.

Література:

1. Виноградська В.Д. Динаміка накопичення ^{137}Cs сільськогосподарськими культурами в умовах Українського Полісся та Лісостепу: Автореф. дис... канд. с.-г. наук: 03.00.16 / Ін-т агроек. і біотехн. УААН. – 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. Грищок Н.Р. Поведінка ^{137}Cs в природних і напівприродних агроландшафтах Полісся та їх класифікація за ступенем радіоекологічної небезпеки: Автореф. дис... канд. біолог. наук: 03.00.16 / Укр. НДІ с.-г. радіології. – 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.- Киев, 1992. - 9 с.

7. Методические рекомендации по оценке радиационной обстановки в населенных пунктах в зоне радиоактивного загрязнения со средней плотностью до 5 Ки/км² цезия-137. - Киев, 1991. - 37 с.

8. Радиоэкологическая 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 ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr 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.