

**В. В. Пророк, Ф. Дж. Вайт\*, О. І. Даценко, Л. А. Булавін, С. Є. Зеленський,  
Л. Ю. Мельниченко, С. Г. Розуван, Л. В. Поперенко**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна  
\* Інститут Джеймса Хаттона, Інвергорі, Данді, Шотландія, Великобританія*

### **ЗАЛЕЖНІСТЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ $^{137}\text{Cs}$ ТА КАЛІЮ В ЕКСТРАГОВАНОМУ ҐРУНТОВОМУ РОЗЧИНІ ВІД ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ ПЕРЕД ЦЕНТРИФУГУВАННЯМ**

Досліджено концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  та калію у ґрунтових розчинах, екстрагованих методом центрифугування ґрунтів різного типу з кількох експериментальних ділянок, що знаходяться в 10-км зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Результати експерименту показали, що для більшості досліджуваних ґрунтів концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині залежить від вологості ґрунту перед його центрифугуванням. Цей результат можна пояснити залежністю концентрації молекул різних молекулярно-вагових фракцій у ґрунтовому розчині від вологості досліджуваного ґрунту. Значна кількість іонів  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині асоційована з цими молекулами, тому його концентрація в розчині змінюється зі зміною вологості ґрунту. Для більшості досліджених ґрунтів концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині збільшується зі зростанням вологості ґрунту. Для всіх досліджуваних ґрунтів концентрація калію у ґрунтовому розчині практично не змінюється при зміні вологості ґрунту. Це вказує на те, що для всіх досліджених ґрунтів іони калію у ґрунтовому розчині практично не асоціюються з молекулами розчинених сполук.

*Ключові слова:* ґрунтовий розчин, фракції ґрунтового розчину, концентрація  $^{137}\text{Cs}$ , концентрація калію, вологість ґрунту.

#### **Вступ**

Визначення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  та калію у ґрунтовому розчині “in situ” є актуальним для передбачення його вмісту в рослині, що виросла на даному ґрунті. Необхідно зазначити, що концентрації досліджуваних іонів у ґрунтових розчинах “in situ” неперервно змінюються протягом вегетативного сезону (див., наприклад, [1]).

Ґрунтовий розчин можна отримати методом центрифугування. На жаль, у природних умовах вологість ґрунту не завжди буває достатньою для отримання необхідної для аналізу кількості ґрунтового розчину цим методом. У такому випадку у ґрунт доливають воду, а потім після деякого інкубаційного періоду за допомогою центрифугування екстрагують із нього розчин [2, 3], після чого фільтрують. У цій роботі досліджено залежність концентрації  $^{137}\text{Cs}$  та калію в отриманому ґрунтовому розчині від вологості ґрунту перед центрифугуванням з метою визначення того, як додаткове зволоження спотворює оцінку концентрації цих елементів у ґрунтових розчинах “in situ”.

#### **Методика експерименту**

Дослідження проводились на чотирьох дослідних ділянках у 10-км зоні відчуження Чорнобильської АЕС:

ділянка С (51°22'50.5"N, 29°54'30.9" E) – дерново-підзолистий ґрунт, забруднення по  $^{137}\text{Cs}$  близько  $10^5$  Бк/кг;

ділянка Б (51°22'33.6"N, 29°54'5.112" E) – піщаний ґрунт, забруднення по  $^{137}\text{Cs}$  близько  $1,7 \cdot 10^4$  Бк/кг;

ділянка Д (51°22'29.2" N, 29°54'0.1"E) – торф'янистий ґрунт, забруднення по  $^{137}\text{Cs}$  близько  $1,5 \cdot 10^4$  Бк/кг;

ділянка Я (51°23'12.3"N, 30°03'48.6" E) – болотистий ґрунт, забруднення по  $^{137}\text{Cs}$  близько  $6,6 \cdot 10^4$  Бк/кг.

Експериментальні ділянки щороку перекопувалися на глибину 20 см. Відбір зразків ґрунту проводився за методикою, описаною в роботах [4, 5]. Зокрема, проби бралися з 5 точок кожної ділянки і ретельно перемішувалися між собою.

Усі досліджувані ґрунти мають низьку солонуватість та підвищену кислотність. Хімічний аналіз ґрунтів проведено за стандартними методиками [6].

Вологість ґрунту “in situ”  $h$  визначалася гравіметричним методом як відношення маси води у зразку ґрунту до маси сухого ґрунту з експериментальною похибкою 10 %. Висушування зразків ґрунту проводилося в сушильній печі при температурі 100 °С.

Ґрунтовий розчин екстрагувався з ґрунту за допомогою центрифуги ОС-6М (СРСР). Якщо відібраний зразок ґрунту був недостатньо вологий для центрифугування, у цей ґрунт додавалася дистильована вода. Зазвичай із кожної відібраної проби ґрунту готувалися дві дослідні проби з

© В. В. Пророк, Ф. Дж. Вайт, О. І. Даценко, Л. А. Булавін,  
С. Є. Зеленський, Л. Ю. Мельниченко, С. Г. Розуван, Л. В. Поперенко, 2017

різною вологістю. Через 12 год після додавання води проводилося центрифугування ґрунтів зі швидкістю 6000 об/хв протягом 15 хв. Вологість ґрунту з відповідних ділянок після центрифугування дорівнювала: С – 0,035, Б – 0,017, Д – 0,079, Я – 0,032.

Центрифугований розчин фільтрувався крізь паперовий фільтр ТУ 6-09-1678-86 (діаметр пор 1 - 3 мкм). Деякі зразки ґрунтового розчину були профільтровані також крізь мембранний фільтр (діаметр пор 0,1 мкм).

Вміст  $^{137}\text{Cs}$  у зразках ґрунтового розчину контролювався через концентрацію активності, яка визначалася за допомогою гамма-спектрометра з напівпровідниковим детектором HPGe ORTEC GMX40P4-83-RB РОПТОР sn.48-TN22465A (АМТЕК, USA) з експериментальною похибкою, як правило, не більше 10 %. Мінімальна детектована активність для  $^{137}\text{Cs}$  становила 0,1 Бк на зразок для часу вимірювання  $10^4$  с із середньостатистичною похибкою 20 % ( $p = 0,95$ ). Концентрація калію у зразках ґрунтового розчину вимірювалася атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі С-115-М1 на довжині хвилі  $\lambda = 766,5$  нм із похибкою 5 %. Критерієм відповідності визначеного вмісту певного елемента у ґрунтовому розчині, що екстрагований із ґрунту зі штучно збільшеною вологістю  $h_1$ , значенню

вмісту “in situ” (вологість  $h$ ) була незмінність значення вмісту цього елемента при подальшому збільшенні вологості  $h_1$ . У такому разі вважалося, що можна екстраполювати визначений вміст на випадок, коли вологість ґрунту зменшується до  $h$ .

Більш детально методика експерименту описана в [7].

### Результати експерименту та їхнє обговорення

На ділянці С зразки ґрунту відбиралися 28 травня та 18 вересня 2012 р. Кожна відібрана проба ґрунту була розділена на дві частини приблизно однакової маси, в які була добавлена різна кількість дистильованої води, щоб вологість цих двох зразків  $h_1$  перед центрифугуванням була різною.

Отримані в результаті центрифугування ґрунтові розчини були профільтровані крізь паперовий фільтр. Для зразків від 28 травня розчин ґрунту з меншою вологістю ( $h_1 = 0,26$ ) був прозорим, а другий ( $h_1 = 0,44$ ) виглядав рудуватим та каламутним. Для зразків від 18 вересня обидва ґрунтові розчини ( $h_1 = 0,19$  та  $h_1 = 0,12$ ) були прозорими. В екстрагованих ґрунтових розчинах визначено концентрації активності  $^{137}\text{Cs}$  та концентрації калію. Експериментальні результати для ділянки С представлено в табл. 1.

Таблиця 1. Вологість дерново-підзолистого ґрунту з ділянки С та вміст  $^{137}\text{Cs}$  та калію у ґрунтових розчинах

Дата відбору ґрунту	Вологість		Вміст елемента	
	“in situ” $h$	$h_1$	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/дм <sup>3</sup>	К, мг/дм <sup>3</sup>
28.05.2012	0,077	0,26	$85 \pm 8,5$	$81,2 \pm 4,1$
		0,44	$380 \pm 27$	$85 \pm 4,3$
18.09.2012	0,060	0,19	$94 \pm 8,5$	$34,8 \pm 1,7$
		0,12	$34 \pm 4,1$	-

Можна бачити, що для дати відбору 28.05.2012 збільшення вологості ґрунту С з 0,26 до 0,44 призводить до збільшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині в понад чотири рази. При цьому концентрація калію у ґрунтовому розчині не змінилася в межах експериментальної похибки. Для дати відбору 18.09.2012 збільшення вологості ґрунту С з 0,12 до 0,19 призводить до збільшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині майже втричі.

ґрунтові розчини від 18.09.2012 були профільтровані крізь мембранний фільтр. Після цього концентрація активності  $^{137}\text{Cs}$  в розчині ґрунту з  $h_1 = 0,19$  стала дорівнювати  $79 \pm 7$  Бк/дм<sup>3</sup>, тобто не змінилася в межах експериментальної похибки. Концентрація калію в профільтрованому крізь мембранний фільтр розчині ґрунту  $h_1 = 0,12$

стала дорівнювати  $43,3 \pm 2,2$  мг/дм<sup>3</sup>, що несуттєво відрізняється від значення для профільтрованого крізь паперовий фільтр розчину ґрунту більшої вологості перед центрифугуванням ( $h_1 = 0,19$ ).

У роботах [2, 8] показано, що іони  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтових розчинах різних типів ґрунтів можуть бути асоційовані з молекулами різних розмірів – як органічними, так і неорганічними.

Розчин ( $h_1 = 0,44$ ) виглядав рудуватим та каламутним, скоріше за все, унаслідок високої концентрації високомолекулярних органічних речовин у ньому. Ми вважаємо, що збільшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в цьому розчині пов'язане саме з асоціацією іонів  $^{137}\text{Cs}$  із високомолекулярними фракціями розчину. Для ґрунту С (18.09.2012) спостерігається стрімке зростання

концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині навіть при невеликому збільшенні (з 0,12 до 0,19) вологості  $h_1$  центрифугованого ґрунту. Ці розчини були прозорими. Ми вважаємо, що в цьому випадку значна частина іонів  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині асоційована з його низькомолекулярними фракціями, тому що фільтрування розчину проби з вологістю  $h_1 = 0,19$  крізь мембранний фільтр не призвело до зміни концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині.

Як бачимо, концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині з ділянки С (дерново-підзолистий ґрунт) сильно залежить від вологості ґрунту в усьому дослідженому інтервалі вологості. Тому концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті С “in situ” нам визначити не вдалося.

Проби ґрунту на ділянці Б відбиралися 18 вересня 2012 р. та 15 травня 2013 р. Результати досліджень на цих зразках наведено в табл. 2.

Таблиця 2. Вологість піщаного ґрунту з ділянки Б та вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтових розчинах

Дата відбору ґрунту	Вологість		Вміст $^{137}\text{Cs}$ , Бк/дм <sup>3</sup>
	$h$	$h_1$	
18.09.2012	0,050	0,16	9,7 ± 1,1
		0,096	7,6 ± 1,0
15.05.2013	0,072	0,23	10,1 ± 0,9

Як бачимо, концентрація активності  $^{137}\text{Cs}$  в обох зразках ґрунтових розчинів від 18.09.2012 однакова в межах експериментальної похибки. Фільтрування ґрунтового розчину (вологість ґрунту  $h_1$  перед центрифугуванням 0,16) крізь мембранний фільтр у межах похибки не змінило в ньому концентрації  $^{137}\text{Cs}$  (12 ± 2 Бк/дм<sup>3</sup>). Фільтрування ж крізь мембранний фільтр ґрунтового розчину від 15.05.2013 (вологість ґрунту  $h_1$  перед центрифугуванням 0,23) призвело до зменшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в ньому приблизно вдвічі (5,1 ± 0,5 Бк/дм<sup>3</sup>). У всіх трьох зразках ґрунтового розчину концентрація калію після фільтрування як крізь паперовий, так і крізь мембранний фільтр становила 7,2 - 8,2 мг/дм<sup>3</sup>.

Зменшення вдвічі після фільтрування крізь мембранний фільтр концентрації активності  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині з ґрунту Б від 15 травня

2013 р. ( $h_1 = 0,23$ ) указує на наявність у цьому розчині високомолекулярних фракцій, з якими асоційовані іони  $^{137}\text{Cs}$ . Для меншої вологості ґрунту Б ( $h_1 = 0,16$ , дата відбору 18 вересня 2012 р.) не спостерігалось зменшення вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині після фільтрування крізь мембранний фільтр, що можна пояснити меншою концентрацією в цьому розчині високомолекулярних фракцій. Ми вважаємо, що в цьому випадку визначена величина концентрації активності  $^{137}\text{Cs}$  збігається з її значенням у розчині ґрунту Б “in situ” для цієї дати.

Проби ґрунту на ділянці Д відбиралися тричі: 25 червня та 18 вересня 2012 р. і 15 травня 2013 р. Зазначимо, що всі ґрунтові розчини з цієї ділянки були прозорими вже після фільтрації крізь паперовий фільтр. Результати експерименту на цих пробах наведено в табл. 3.

Таблиця 3. Вологість торф'янистого ґрунту з ділянки Д та вміст  $^{137}\text{Cs}$  та калію у ґрунтових розчинах

Дата відбору ґрунту	Вологість		Вміст елемента	
	$h$	$h_1$	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/дм <sup>3</sup>	К, мг/дм <sup>3</sup>
25.06.2012	0,21	0,46	7,2 ± 0,9	7,97 ± 0,4
		0,23	6,0 ± 0,8	9,1 ± 0,5
18.09.2012	0,36	0,36	5,2 ± 0,6	7,5 ± 0,4
		0,48	5,5 ± 0,7	6,0 ± 0,3
15.05.2013	0,25	0,40	2,7 ± 0,5	-

Ця ділянка характеризується торф'янистим ґрунтом, а він, як відомо, добре утримує вологу. Тому природна вологість проб щоразу була досить високою. Відповідно одна з партій ґрунту від 18.09.2012 додатково не зволожувалася ( $h = h_1 = 0,36$ ), і експериментально отриманий вміст елементів у ґрунтовому розчині цієї проби відповідає значенням “in situ”, а саме концентра-

ція активності  $^{137}\text{Cs}$  після фільтрації паперовим фільтром становить 5,2 ± 0,6 Бк/дм<sup>3</sup>, а концентрація калію – 7,5 ± 0,4 мг/дм<sup>3</sup>. Додаткове зволоження, як бачимо, змінює ці величини несуттєво.

Після фільтрування ґрунтового розчину від 18.09.2012 ( $h_1 = 0,48$ ) крізь мембранний фільтр концентрація  $^{137}\text{Cs}$  стала дорівнювати 4,1 ± 0,7 Бк/дм<sup>3</sup>. Після аналогічного фільтрування

грунтового розчину від 15.05.2013 ( $h_1 = 0,40$ ) концентрація  $^{137}\text{Cs}$  становила  $2,3 \pm 0,5$  Бк/дм<sup>3</sup>. Тобто в обох цих випадках у результаті фільтрування концентрація  $^{137}\text{Cs}$  не змінилась у межах експериментальної похибки.

Фільтрування екстрагованих з ґрунту Д ґрунтових розчинів крізь мембранний фільтр, навіть при найвищій вологості  $h_1 = 0,48$ , не призводить до зміни концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в цих розчинах. Це свідчить про відсутність у цих розчинах високомолекулярних фракцій. Ми вважаємо, що при всіх досліджених вологостях ґрунту Д визначені концентрації активності  $^{137}\text{Cs}$  дорівнюють концент-

рації активності  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині “in situ” на дати відбору відповідних зразків ґрунту.

Отже, концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині з ділянки Д (торф’янистий ґрунт) у дослідженому інтервалі вологості ґрунту не залежить від вологості ґрунту перед центрифугуванням. Цю концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині можна вважати концентрацією  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті Д “in situ” на дату відбору зразка ґрунту.

На ділянці Я відбір ґрунту проводився 25 червня та 18 вересня 2012 р. Результати експерименту подано в табл. 4.

Таблиця 4. Вологість болотистого ґрунту з ділянки Я та концентрації  $^{137}\text{Cs}$  та калію у ґрунтових розчинах

Дата відбору ґрунту	Вологість		Вміст елемента	
	$h$	$h_1$	$^{137}\text{Cs}$ , Бк/дм <sup>3</sup>	K, мг/дм <sup>3</sup>
25.06.2012	0,094	0,29	$130 \pm 12$	$5,8 \pm 0,3$
		0,12	$40 \pm 4$	$5,4 \pm 0,3$
18.09.2012	0,11	0,20	$22 \pm 2$	$10,5 \pm 0,5$
		0,14	$30 \pm 3$	$13,5 \pm 0,7$

Збільшення вологості зразка ґрунту від 25.06.2012 з 0,120 до 0,289 призводить до збільшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині більше, ніж утричі. Ми вважаємо, що збільшення концентрації  $^{137}\text{Cs}$  в цьому розчині пов’язане з асоціацією іонів  $^{137}\text{Cs}$  із високомолекулярними фракціями розчинів. Концентрація калію в цьому випадку залишається незмінною в межах експериментальної похибки. Збільшення вологості зразка ґрунту від 18.09.2012 з 0,14 до 0,20 не призвело до суттєвої зміни концентрації  $^{137}\text{Cs}$  та калію у ґрунтовому розчині, як і подальше фільтрування розчинів обох дослідних проб крізь мембранний фільтр. Ці міркування дають змогу припустити, що визначення концентрації активності  $^{137}\text{Cs}$  “in situ” на розчинах додатково зволжених проб з ділянки Я правомірне лише в разі відносно малих значень  $h_1$ .

Значимо, що ґрунтовий розчин проби від 25.06.2012 із найбільшим значенням  $h_1$  після фільтрування крізь паперовий фільтр був каламутним і мав рудувате забарвлення, інші три розчини після такої фільтрації були прозорі.

### Висновки

Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині з ділянки Д (торф’янистий ґрунт) в дослідженому

інтервалі вологості ґрунту не залежить від вологості ґрунту перед центрифугуванням. Цю концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині можна вважати концентрацією  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті Д “in situ” на дату відбору зразка ґрунту.

Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтовому розчині з ділянки С (дерново-підзолистий ґрунт) сильно залежить від вологості ґрунту в усьому дослідженому інтервалі вологості. Тому, на жаль, концентрацію  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті С “in situ” визначити не вдалося.

Концентрація  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтових розчинах з ділянок Б (піщаний ґрунт) та Я (болотистий ґрунт) при невеликих вологостях цих ґрунтів перед центрифугуванням ( $h_1 \leq 0,2$ ) у деякому наближенні дорівнює концентрації  $^{137}\text{Cs}$  у цих ґрунтах “in situ”.

Для всіх досліджених ґрунтів концентрація калію в ґрунтовому розчині не залежить від вологості ґрунту перед центрифугуванням. Можна вважати, що це й є концентрація калію в цих ґрунтах “in situ”.

Робота виконана за фінансової підтримки Українського науково-технологічного центру (проект УНТЦ 5439).

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ягодин Б.А., Смирнов П.М., Петербургский А.В. и др. *Агрохимия* / Под ред. Б.А. Ягодина. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва: Агропромиздат, 1989 - 639 с.
2. Агапкина Г.И. Органические формы соединений искусственных радионуклидов в почвенных расторах природных биогеоценозов // *Радиационная биология. Радиоэкология.* - 2002. - Т. 42, № 4. - С. 404 - 411.
3. Пророк В.В., Масон К.Ф.В., Тимофеев С.Ф. та ін.

- Залежність вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у рослині від параметрів ґрунту // Вісн. Київ. ун-ту. Серія «Фіз.-мат. науки». - 2004. - Вип. 3. - С. 407 - 416.
4. Prorok V.V., Bulavin L.A., Poperenko L.V. Investigation of channels of  $^{137}\text{Cs}$  and K transfer from soil to plant under natural conditions with optical and gamma spectrometry // Ukr. J. Phys. - 2012. - Vol. 57, No. 2. - P. 230 - 234.
  5. Prorok V.V., Ganushevich A.P., Makarenko T.I. et al. Strontium and Calcium relations in Plant and Soil Solution on Chernobyl affected areas // Ukr. J. Phys. - 2014. - Vol. 59, No. 3. - P. 235 - 239.
  6. Александрова Л.Н., Найденова О.А. Лабораторно-практические занятия по почвоведению. - 4-е изд. перераб. и доп. - Ленинград: Агропромиздат, 1986. - 295 с.
  7. Prorok V.V., Dacenko O.I., Bulavin L.A. et al. Mechanistic interpretation of the varying selectivity of Cesium-137 and potassium uptake by radish (*Raphanus sativus* L.) under field conditions near Chernobyl // J. Environ. Radioact. - 2016. - Vol. 152. - P. 85 - 91.
  8. Nisbet A.F., Salbu B., Shaw S. Association of radionuclides with different molecular size fractions in soil solution: implications for plant uptake // J. Environ. Radioact. - 1993. - Vol. 18. - P. 71 - 84.

**В. В. Пророк, Ф. Дж. Вайт\*, А. И. Даценко, Л. А. Булавин,  
С. Е. Зеленский, Л. Ю. Мельниченко, С. Г. Розуван, Л. В. Поперенко**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна  
\* Інститут Джеймса Хаттона, Інвергорі, Данді, Шотландія, Великобританія*

### **ЗАВИСИМОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ $^{137}\text{Cs}$ И КАЛИЯ В ЭКСТРАГИРОВАННОМ ПОЧВЕННОМ РАСТВОРЕ ОТ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ ПЕРЕД ЕЕ ЦЕНТРИФУГИРОВАНИЕМ**

Исследована концентрация  $^{137}\text{Cs}$  и калия в почвенных растворах, экстрагированных путем центрифугирования почв, которые отбирались на нескольких экспериментальных участках в 10-км зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. Результаты эксперимента показали, что для большинства исследованных почв концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном растворе зависит от влажности почвы перед ее центрифугированием. Зависимость концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном растворе от влажности почвы можно объяснить зависимостью от нее концентрации молекул различных молекулярно-весовых фракций в почвенном растворе. Значительная часть ионов  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном растворе ассоциирована с этими молекулами, потому концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном растворе изменяется при изменении влажности почвы. Для большинства исследованных почв концентрация  $^{137}\text{Cs}$  в почвенном растворе повышается при увеличении влажности почвы. Для всех исследованных почв концентрация калия в почвенном растворе практически не изменяется при изменении влажности почвы. Это указывает на то, что для всех исследованных почв ионы калия в почвенном растворе практически не ассоциируются с молекулами растворенных в почвенном растворе соединений.

*Ключевые слова:* почвенный раствор, фракции почвенного раствора, концентрация  $^{137}\text{Cs}$ , концентрация калия, влажность почвы.

**V. V. Prorok, P. J. White\*, O. I. Dacenko, L. A. Bulavin, S. E. Zelensky,  
L. Yu. Melnychenko, S. G. Rozouvan, L. V. Poperenko**

*Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine  
\* The James Hutton Institute, Invergowrie, Dundee, Scotland, United Kingdom*

### **DEPENDENCE OF THE CONCENTRATIONS OF $^{137}\text{Cs}$ AND POTASSIUM IN EXTRACTED SOIL SOLUTIONS ON SOIL HUMIDITY BEFORE CENTRIFUGATION**

Concentrations of  $^{137}\text{Cs}$  and potassium in solutions extracted by centrifugation from soils selected at some experimental sites in the 10-km Exclusion Zone of Chernobyl Nuclear Plant were determined. The results showed that for the majority of investigated soils, the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in soil solution depends on the humidity of the soil before centrifugation. It is possible to explain the dependence of the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the soil solution on soil humidity from the dependence of the concentrations of molecules of different molecular-gravimetric fractions in soil solution on soil humidity. Considerable amount of  $^{137}\text{Cs}$  in soil solution is associated with these molecules, that is why the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the extracted soil solution changes with the humidity of soil. These dependences differ between soils. For the majority of investigated soils the concentration of  $^{137}\text{Cs}$  in the extracted soil solution increases with increasing humidity of the soil. By contrast, soil humidity had no effect on the potassium concentration in the extracted soil solution for any soil investigated. It is concluded, that potassium is practically not associated with molecules of different molecular-gravimetric fractions in the extracted soil solutions.

*Keywords:* soil solution, fractions of soil solution, concentration of  $^{137}\text{Cs}$ , concentration of potassium, soil humidity.

REFERENCES

1. *Yagodin B.A., Smirnov P.M., Peterburskij A.V. et al. Agrochemistry / Ed. B. A. Yagodin. - 2-nd ed. - Moskva: Agropromizdat, 1989 - 639 p. (Rus)*
2. *Agapkina G.I. // Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya. - 2002. - Vol. 42, No. 4. - P. 404 - 411. (Rus)*
3. *Prorok V.V., Mason K.F.V., Timofyeyev S.F. et al. // Visnyk Kyivskogo universytetu. Seriya "Fizyko-matematychni nauky". - 2004. - Iss. 3. - P. 407 - 416. (Ukr)*
4. *Prorok V.V., Bulavin L.A., Poperenko L.V. Investigation of channels of <sup>137</sup>Cs and K transfer from soil to plant under natural conditions with optical and gamma spectrometry // Ukr. J. Phys. - 2012. - Vol. 57, No .2. - P. 230 - 234.*
5. *Prorok V.V., Ganushevich A.P., Makarenko T.I. et al. Strontium and Calcium relations in Plant and Soil Solution on Chernobyl affected areas // Ukr. J. Phys. - 2014. - Vol. 59, No. 3. - P. 235 - 239.*
6. *Aleksandrova L.N., Naidenova O.A. Laboratory and practical classes on soil science. - 4-th ed. - Leningrad: Agropromizdat, 1986. - 295 p. (Rus)*
7. *Prorok V.V., Dacenko O.I., Bulavin L.A. et al. Mechanistic interpretation of the varying selectivity of Cesium-137 and potassium uptake by radish (*Raphanus sativus* L.) under field conditions near Chernobyl // J. Environ. Radioact. - 2016. - Vol. 152. - P. 85 - 91.*
8. *Nisbet A.F., Salbu B., Shaw S. Association of radionuclides with different molecular size fractions in soil solution: implications for plant uptake // J. Environ. Radioact. - 1993. - Vol. 18. - P. 71 - 84.*

Надійшла 19.12.2016  
Received 19.12.2016