

ЗАКОНОМІРНОСТІ НАДХОДЖЕННЯ ^{137}Cs З ҐРУНТУ ДО РОСЛИНИ

В. В. Пророк¹, Л. А. Булавін¹, В. А. Агєєв², Л. Ю. Мельниченко¹,
А. І. Липська², В. В. Осташко²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

²Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ

Швидковирастаючі рослини різних видів вирощувалися одночасно (змішаний висів) у природних умовах на дослідних ділянках у зоні відчуження Чорнобильської АЕС. Вимірювалися вміст ^{137}Cs та калію в цих рослинах та у відповідних ґрунтових розчинах, а також вміст ґрунтового розчину в одиниці об'єму ґрунту. Уперше встановлено, що для всіх дослідних ділянок та рослин вміст ^{137}Cs в рослинах приблизно пропорційний концентрації розчиненого ^{137}Cs у ґрунті. Концентраційний коефіцієнт ^{137}Cs “рослина - ґрунтовий розчин” приблизно пропорційний вмісту ґрунтового розчину в одиниці об'єму ґрунту.

Вступ

Проблема надходження ^{137}Cs до рослин вивчається вже близько півстоліття, але особливо актуальною стала після Чорнобильської аварії. Останнім часом виконано багато досліджень цього питання (див., наприклад, [1 - 11]). Різні автори вважають різні параметри визначальними для надходження ^{137}Cs до рослини. Багато дослідників по аналогії з парою “стронцій – кальцій”, де кальцій є доволі гарним аналогом стронцію відносно їх надходження до рослин, розглядають калій як аналог ^{137}Cs відносно їх надходження до рослини (див., наприклад, оглядові роботи [1] та [2]). Але не всі дослідники з цим згодні [3 - 14].

Йохансон К.Й., Долгилевич М.И., Васенков Г.И. [3] вважають, що одним з найголовніших параметрів, що визначає надходження ^{137}Cs до рослин, є вміст органічної речовини у ґрунті (особливо гумінових кислот). Однак у роботі [4] на основі аналізу представлених там результатів не було встановлено зв'язку між коефіцієнтом переходу “ґрунт – рослина” та вмістом органічної речовини у ґрунті.

Автори роботи [5] стверджують, що більша частина радіонуклідів у ґрунтовому розчині асоційована з різними молекулярними фракціями органічної речовини. Вони стверджують, що асоціація радіонуклідів з молекулами ґрунтового розчину є дуже важливим фактором для надходження радіонуклідів до рослин. Згідно з [5], концентраційний коефіцієнт “рослина - ґрунтовий розчин” для різних молекулярних фракцій ґрунтового розчину відрізняється інколи на два математичні порядки. Вони стверджують, що найбільш “бідоступною” фракцією ґрунтового розчину є фракція з молекулярною масою 1000 атомних одиниць. Але ці погляди теж не є загальноприйнятими.

Тридцять зразків ґрунтів різних типів забруднювалися ^{137}Cs та інкубувалися протягом 41 доби, потім на цих ґрунтах вирощувався райграс протягом 19 діб [6]. Це був горщиківий експе-

римент. Відносна вологість усіх ґрунтів при рості рослин була незмінною. Температура повітря протягом дня була незмінною, а протягом ночі була іншою, але також незмінною. Було запропоновано двопараметричну модель для $\log R$ (R – концентраційний коефіцієнт “рослина - ґрунтовий розчин” для ^{137}Cs), де єдиною змінною величиною є концентрація калію у ґрунтовому розчині. Але згідно з експериментальними даними, що містяться в цій роботі, при однаковій концентрації калію у ґрунтовому розчині для різних ґрунтів R інколи відрізняються на два математичні порядки. Зрозуміло, що ця різниця може бути ще більшою при зміні температури та вологості цих ґрунтів. Як бачимо, ця модель теж не дуже вдала.

Автори роботи [8] розробили наближену феноменологічну модель надходження радіонуклідів до рослини. Згідно з цією моделлю це надходження детермінується трьома факторами: рН ґрунтового розчину, ємністю поглинання катіонів E та вмістом органічної речовини OP . Для комплексної оцінки надходження ^{137}Cs до рослин ці автори використовують площу ефективного перетину, яку можна знайти як площу трикутника, вершини якого знаходяться в координатах нормованих значень векторів тривимірного простору рН, E та OP .

Згідно з результатами роботи [9], надходження ^{137}Cs до рослин зростає з зростанням вологості ґрунту. Однак дані роботи [10] показують, що надходження ^{137}Cs до рослин зменшується при зростанні вологості ґрунту.

Вищевказані моделі дають змогу говорити в деяких випадках про кореляцію деяких параметрів ґрунту або ґрунтового розчину з надходженням ^{137}Cs до рослини. Дослідження продовжуються, тому що до цього часу нема надійної моделі, що однозначно визначає надходження ^{137}Cs до рослини. Ця робота присвячена пошуку параметрів, які в першу чергу визначають вміст ^{137}Cs у рослині.

Методика дослідження

Дослідження проводилися у 2002 - 2003 рр. у польових умовах на трьох дослідних ділянках, що розташовані на відстані 30 км від Чорнобильської АЕС у північно-східному напрямку:

ділянка А – дерено-підзолистий середньоопідзолений глеуватий піщаний ґрунт, що розвивається на водно-льодовикових пісках; середнє забруднення ^{137}Cs становить приблизно 980 Бк/м^2 ;

ділянка В – торф'яно-болотний низинного типу ґрунт, що розвивається на торфах середньої товщини з осоки, очерету та деревини, що добре розклалися; середнє забруднення ^{137}Cs становить приблизно $13\,000 \text{ Бк/м}^2$;

ділянка С – дерено-підзолистий середньоопідзолений з ознаками тимчасового надмірного зволоження супіщаний ґрунт, що розвивається на водно-льодовикових супісках; середнє забруднення ^{137}Cs становить приблизно 620 Бк/м^2 .

Усі експериментальні ділянки перекопувалися навесні 2002 та 2003 рр. На ділянках А, В, С висівалося перемішане насіння скороспілих культур, що максимально відрізняються за властивостями одна від одної. Це редис (*Raphanus sativus*), салат (*Lactuca sativa*), крес-салат (*Lepidium sativum*). Ці рослини висівалися на всіх експериментальних ділянках по кілька разів протягом кожного сезону. Параметри ґрунтового розчину для всіх рослин були однакові, тому що вони зростали поряд на тій самій ділянці у той самий час. Відбиралися зразки кілька разів кожного сезону. Кожного разу відбиралися зразки ґрунтів, зразки висіяних рослин (якщо вони виростили) та зразки диких рослин. Це були пирій повзучий (*Elytrigia repens*), тимофіївка (*Phleum pratense*), гірчак (*Polygonum hydropiper*), кропива (*Urticaceae dioica*), суріпка (*Barbarea vulgaris*), березка польова (*Convolvulus arvensis*), чистець болотний (*Stachys palustris*). Як правило, відбирали цілу рослину. Але інколи це була її частина (листя або корені). Відбиралися всі рослини на кожній дослідній ділянці при кожному відборі рослин. Але паростки рослин не відбиралися, вони продовжували рости далі. Маса відібраних рослин кожного виду були від 5 до 500 г. Рослини відбиралися до стадії їх цвітіння. Потім усі ці рослини висушувалися.

Кожного разу з кожної ділянки бралася по п'ять проб ґрунту за допомогою пробовідбірника діаметром 5 см на глибину 20 см. Усі відібрані в один день з однієї й тієї ж ділянки проби змішувалися. З ґрунту екстрагувався ґрунтовий розчин за допомогою центрифуги РС-6. Доцентрове прискорення при цьому дорівнювало 3000 g . З деяких зразків ґрунту ґрунтовий розчин видобувався зра-

зу, а в деякі зразки ґрунту добавлялася вода, потім цей ґрунт оброблявся на ротаторі протягом однієї години, а вже потім з нього екстрагувався ґрунтовий розчин. Наші оцінки для всіх досліджуваних ґрунтів показують, що додавання води у ґрунт змінює концентрацію ^{137}Cs у ґрунтовому розчині не більше ніж на 5 %, якщо після додавання води вологість цього ґрунту не перевищує вологості насичення для цього ґрунту. Ми використовували наші експериментальні дані за концентрацією ^{137}Cs у ґрунтовому розчині, за вологістю досліджуваних ґрунтів та концентрацією ^{137}Cs у цих ґрунтах, а також літературні дані за вмістом обмінної форми ^{137}Cs у чорнобильських ґрунтах [15] для оцінки можливої зміни концентрації ^{137}Cs у ґрунтовому розчині при додаванні води до досліджуваного ґрунту. Цю концентрацію A_1 можна описати як $A_1 = A_s/K_d^{\text{ex}}$, де A_s - концентрація обмінної форми ^{137}Cs у цьому ґрунті, K_d^{ex} - обмінний коефіцієнт розподілу ^{137}Cs для даного ґрунту [11]. Наші експериментальні результати для ділянки А також підтверджують, що в межах експериментальної похибки таке незначне додавання води в досліджуваний ґрунт не змінює концентрацію ^{137}Cs у ґрунтовому розчині.

Як правило, кожного разу ми екстрагували приблизно 200 мл ґрунтового розчину для досліджуваного ґрунту. Центрифугований розчин фільтрувався спочатку скрізь скляний фільтр Whatman GF/A, а потім скрізь фільтр ТУ 6-09-1678-86. Діаметр пор $\sim 3 \text{ мкм}$. ґрунтовий розчин після фільтрування був прозорим. Для консервації цього розчину додавали концентровану азотну кислоту в пропорції 1 мл кислоти на 500 мл ґрунтового розчину та нагрівали його до кипіння.

Вологість ґрунту h визначалася як відношення маси води у зразку до маси сухого ґрунту в цьому зразку з експериментальною похибкою 10 %. Вміст калію у зразках вимірювався за допомогою оптичного емісійного спектрометра з індуктивно зв'язаною плазмою "Spectro" з похибкою 0,5 %.

Вміст ^{137}Cs (активність) на одиницю маси сухої рослини та у ґрунтових розчинах визначалися за допомогою гамма-спектрометра "ORTEC" з експериментальною похибкою 5 - 15 %.

Більш детально методика експерименту описана в [12].

Результати дослідження та їх обговорення

На рис. 1 наведено величину $(^{137}\text{Cs}/K)_p / (^{137}\text{Cs}/K)_{ss}$ для всіх досліджуваних ділянок для різного часу відбору зразків для деяких досліджуваних рослин, де $(^{137}\text{Cs}/K)_p$ - відношення вмісту ^{137}Cs до вмісту калію у рослині, $(^{137}\text{Cs}/K)_{ss}$ - відношення вмісту ^{137}Cs до вмісту калію у відповідному ґрунтовому розчині. З ри-

сунка видно, що для досліджуваних ділянок та рослин указана величина змінюється в діапазоні, що перевищує два математичні порядки. Тому не можна погодитись із твердженням, що калій є аналогом ^{137}Cs щодо переходу до рослин.

На рис. 2 наведено вміст ^{137}Cs у ґрунтовому розчині для різного часу відбору зразків ґрунту з ділянки В. Як бачимо, вміст ^{137}Cs у ґрунтовому розчині суттєво змінюється протягом сезону. Схожі залежності ми отримали також і для інших досліджуваних ділянок.

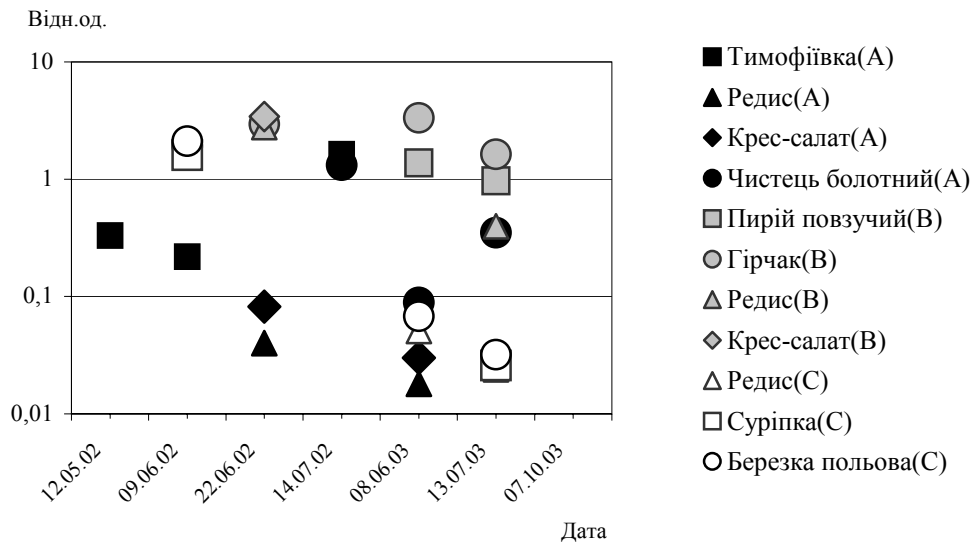


Рис. 1. Відношення $(^{137}\text{Cs}/K)_p / (^{137}\text{Cs}/K)_{ss}$.

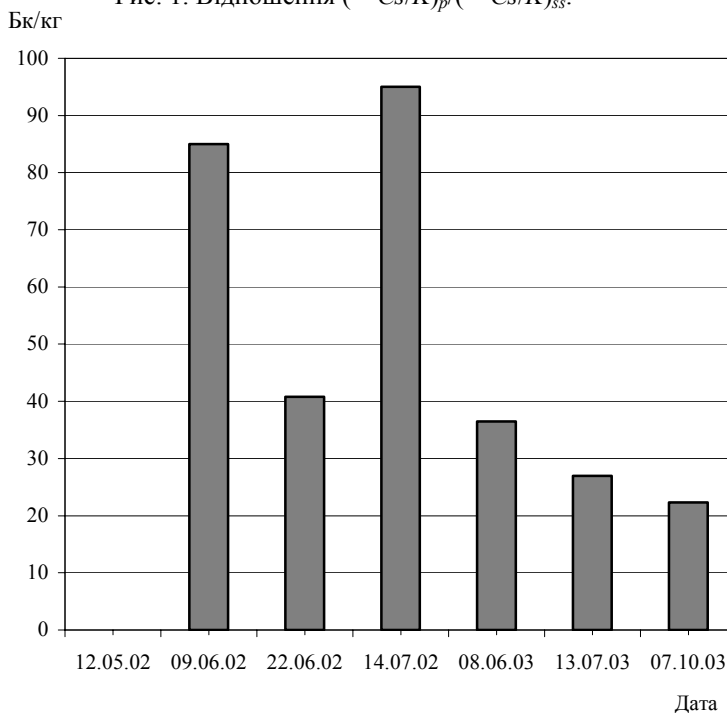


Рис. 2. Ділянка В. Вміст ^{137}Cs у ґрунтовому розчині.

На сьогоднішній день не існує надійної методики розрахунку вмісту ^{137}Cs у ґрунтовому розчині. Це доволі непроста задача, зважаючи на дуже складний хімічний склад ґрунтів, різні погодні умови кожного року, а також на життєдіяльність живих організмів, які можуть бути різними у кожному конкретному випадку.

На рис. 3 наведено вміст ^{137}Cs у висушених рослинах для різного часу відбору зразків, що виростили на ділянці В. Для ділянок А та С ця залежність має схожий вигляд [12].

На рис. 4 наведено середній вміст ^{137}Cs у висушених рослинах для різного часу відбору зразків для всіх досліджуваних експериментальних ділянок.

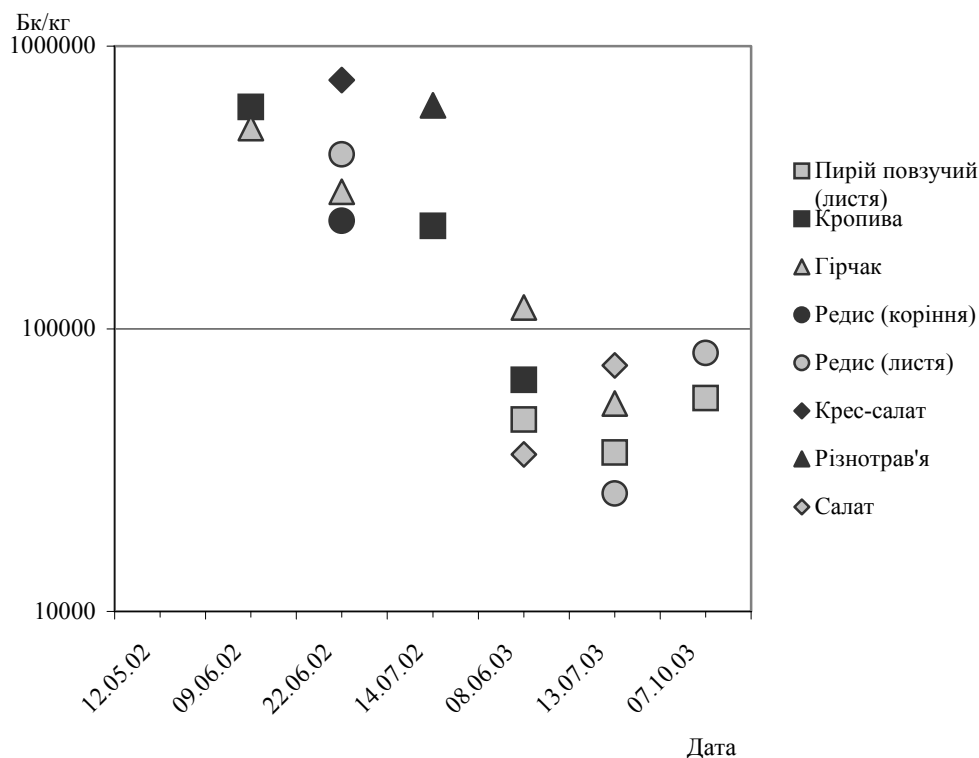


Рис. 3. Вміст ^{137}Cs у різних рослинах, що відібрані на ділянці В.

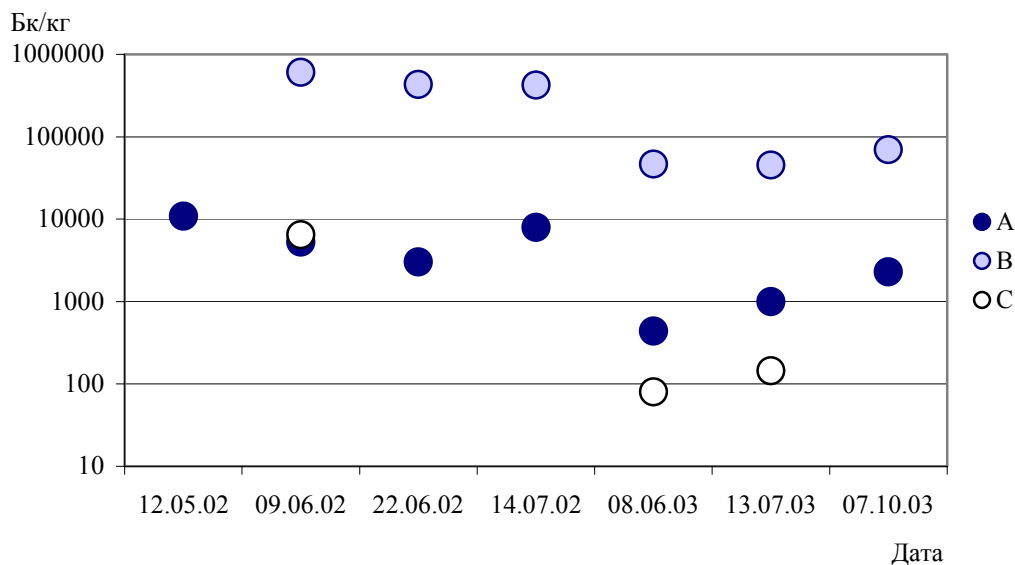


Рис. 4. Середній вміст ^{137}Cs у висушених рослинах.

З наведених експериментальних результатів можна бачити, що вміст ^{137}Cs у всіх відібраних на тій самій ділянці в той самий день різних видів рослин незначно (не більше ніж удвічі) відрізняється від деякої середньої величини для даної ділянки та для даної дати відбору. Ці відмінності існують унаслідок неоднорідності розподілу ^{137}Cs у ґрунті, зміни параметрів ґрунтового розчину протягом росту рослин, різниці в надходженні ^{137}Cs до різних видів рослин, а також, можливо, унаслідок інших факторів. Тому можна

зробити висновок, що, як правило, для всіх наших експериментальних ділянок вміст ^{137}Cs у рослині змінюється внаслідок неоднорідності розподілу ^{137}Cs у ґрунті не більше ніж удвічі від деякого середнього значення. З наведених даних можна побачити також, що вміст ^{137}Cs в одному й тому ж виді рослин із тієї ж самої дослідної ділянки змінюється залежно від дати її відбору. Для більшості випадків для кожної експериментальної ділянки різниця у вмісті ^{137}Cs між двома відібраними в різний час однаковими видами

рослин більша, ніж різниця у вмісті ^{137}Cs між двома відібраними в один день різними видами рослин. Ми бачимо з наших експериментальних результатів, що вміст ^{137}Cs у відібраних у різний час рослинах одного виду на тій самій ділянці вирізняється інколи більше, ніж у 10 разів. Таке велике відхилення вмісту ^{137}Cs у тому самому виді рослин (у 10 разів) унаслідок неоднорідності розподілу ^{137}Cs у ґрунті та інших вищевказаних факторів має низьку ймовірність. Таке відхилення для кількох рослин одночасно має мізерну ймовірність тому, що ймовірність кількох випадкових подій дорівнює добутку ймовірностей усіх цих подій згідно з теорією ймовірності. Таким чином, таке відхилення вмісту ^{137}Cs у рослинах даного виду для даної ділянки для різних дат відбору не може визначатися неоднорідністю розподілу ^{137}Cs у ґрунті. Ми повинні шукати інші причини цих відхилень. Некоректно говорити

про надходження ^{137}Cs до даного виду рослин на даній ділянці взагалі. Можна говорити тільки про це надходження у даний момент часу. Вміст ^{137}Cs у рослині суттєво залежить від часу вирощування цієї рослини.

Аналогічно вмісту ^{137}Cs у рослинах концентраційний коефіцієнт R “рослина - ґрунтовий розчин” (коефіцієнт переходу) також істотно залежить від дати відбору та від типу ґрунту, але практично не змінюється залежно від виду відібраної рослини на даній дослідній ділянці [12, 14]. На рис. 5 наведено середні величини концентраційного коефіцієнта “рослина - ґрунтовий розчин” для кожної ділянки та дати відбору зразків. З рисунка видно, що для досліджуваних експериментальних ділянок та дат відбору зразків відношення концентрацій ^{137}Cs “рослина - ґрунтовий розчин” R змінюється у межах трьох математичних порядків.

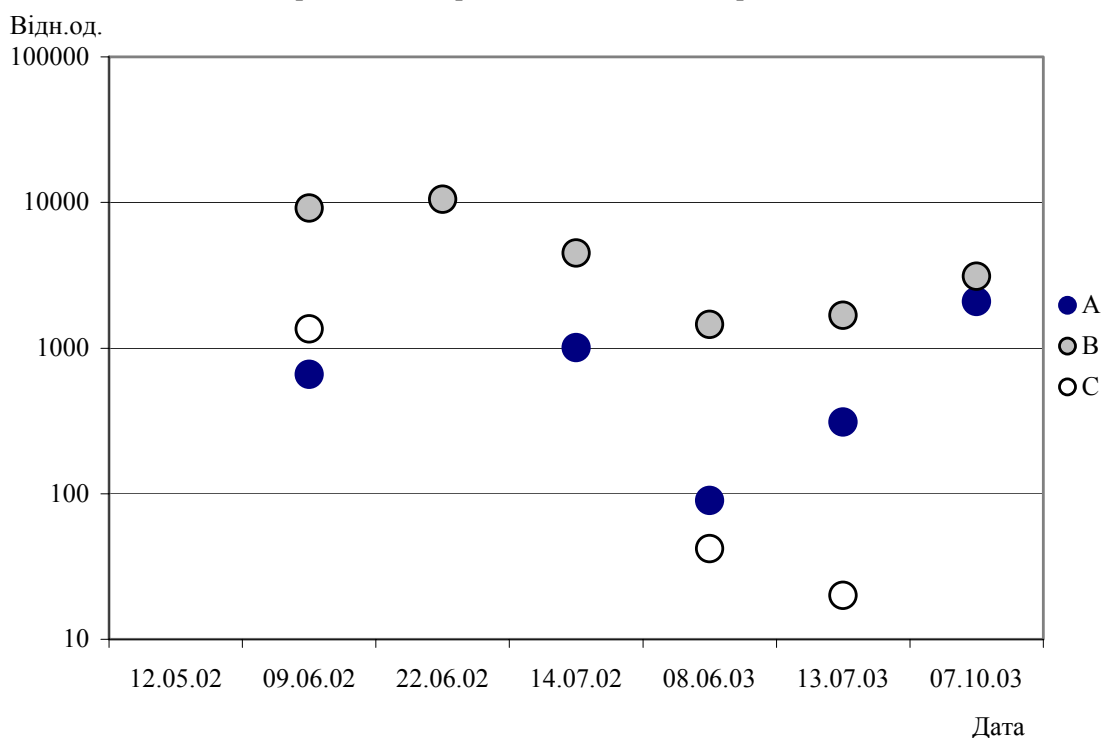


Рис. 5. Середній концентраційний коефіцієнт ^{137}Cs “рослина - ґрунтовий розчин”.

На рис. 6 наведено середній концентраційний коефіцієнт “рослина - ґрунтовий розчин” для кожної ділянки та часу відбору, нормований на вміст ґрунтового розчину у одиниці об’єму ґрунту, тобто величина $s = R/h\rho$, де h – вологість ґрунту на момент відбору зразків, ρ – питома маса сухого ґрунту. Як видно з рисунка, нормований коефіцієнт переходу змінюється в діапазоні одного математичного порядку, тобто у 100 разів менше, ніж ненормований.

У деякому наближенні s є постійною величиною для усіх досліджуваних рослин та діля-

нок. Позначимо середнє значення величини s для усіх наших дослідних ділянок та рослин через s_0 . Ця величина дорівнює приблизно $9000 \text{ дм}^3/\text{кг}$.

Зробимо деякі алгебраїчні перетворення:

$$R/h\rho = s_0,$$

$$R = s_0 h\rho, \quad (1)$$

$R = A/A_1$, де A – вміст ^{137}Cs у рослині, A_1 – вміст ^{137}Cs у ґрунтовому розчині.

Таким чином, згідно з виразом (1), вміст ^{137}Cs у рослині можна визначити за формулою

$$A = s_0 h\rho A_1. \quad (2)$$

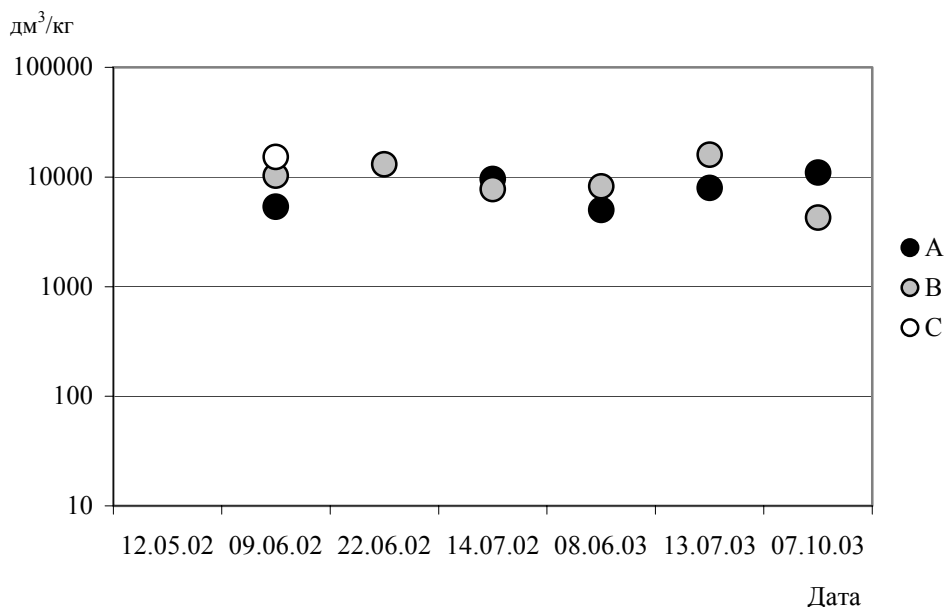


Рис. 6. Нормований на вміст ґрунтового розчину у ґрунті середній концентраційний коефіцієнт ^{137}Cs “рослина - ґрунтовий розчин”.

Формула (2) показує, що вміст ^{137}Cs у рослині приблизно пропорційний вмісту ^{137}Cs у ґрунтовому розчині в одиниці об’єму ґрунту або, іншими словами, він приблизно пропорційний концентрації розчиненого ^{137}Cs у ґрунті. Звідси випливає, що вміст розчиненого в даний момент у ґрунті ^{137}Cs є найголовнішим параметром, що впливає на надходження ^{137}Cs до рослини. Для досліджених нами ділянок та рослин усі інші фактори, що впливають на надходження ^{137}Cs до рослини, змінюють це надходження лише в межах одного математичного порядку, причому сюди входить варіювання вмісту ^{137}Cs у рослині внаслідок неоднорідності його розподілу в ґрунті, яке в природних умовах може бути доволі значним.

Таким чином, для всіх досліджуваних ділянок та рослин вміст ^{137}Cs у рослині залежить приблизно пропорційно від концентрації розчиненого ^{137}Cs у ґрунті (від добутку концентрації ^{137}Cs у ґрунтовому розчині та вмісту вологи в одиниці об’єму).

Аналогічні дослідження треба провести також для інших типів ґрунтів та рослин. На жаль, у більшості публікацій про надходження ^{137}Cs до рослини не наведена інформація про вміст ^{137}Cs у ґрунтовому розчині та про вологість ґрунту, тому ми не можемо порівняти дані з цих публікацій з нашими даними. Некоректно порівнювати надходження ^{137}Cs до рослин, що вирости навіть на тій самій ділянці, але в різний час, якщо невідомі параметри ґрунтового розчину під час їх зростання.

У природних умовах вологість ґрунту та концентрація ^{137}Cs у ґрунтовому розчині постійно змінюються (див. рис. 2). Унаслідок цього в при-

родних умовах надходження ^{137}Cs до рослини на кожній ділянці залежить від часу. Ми досліджували швидковиростаючі рослини. Вологість ґрунту та концентрація ^{137}Cs у ґрунтовому розчині змінювалися не дуже суттєво протягом росту рослин. Ці зміни були однакові для всіх рослин, що ростуть на даній ділянці. З цієї причини різниця у вмісті ^{137}Cs у рослинах, що відібрані на тій самій ділянці в той самий день, невелика. Для більш точного знаходження вмісту ^{137}Cs в рослині треба врахувати швидкість приросту біомаси кожної рослини та залежність від часу вологості ґрунту та вмісту ^{137}Cs у ґрунтовому розчині протягом росту рослин.

Використовуючи отримані результати, вміст ^{137}Cs A у даній рослині, що вирости за проміжок часу $t_1 - t_2$, можна описати формулою

$$A = \frac{pc_0 \int_{t_1}^{t_2} A_1(t)U(t)h(t)dt}{\int_{t_1}^{t_2} U(t)dt}, \quad (3)$$

де $A_1(t)$ – залежність вмісту ^{137}Cs у ґрунтовому розчині від часу; $U(t)$ – залежність швидкості приросту маси рослини від часу; $h(t)$ – залежність вологості ґрунту від часу.

У формулі (3) у чисельнику стоїть надходження ^{137}Cs до рослини за проміжок часу $t_1 - t_2$, а у знаменнику – приріст маси цієї рослини за цей час.

Механізми надходження ^{137}Cs та калію до рослини є різними. При достатній кількості калію у ґрун-

товому розчині рослина бере стільки калію, скільки їй треба для фізіологічних потреб, а надходження ^{137}Cs до рослини приблизно пропорційне вмісту ^{137}Cs у ґрунтового розчині в одиниці об'єму ґрунту.

Дослідження виконано за фінансової підтримки УНТЦ (проект 2390).

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Ehlken S., Kirchner G.* Environmental processes affecting plant root uptake of radioactive trace elements and variability of transfer factor data: a review // *J. Environ. Radioact.* - 2002. - Vol. 58. - P. 97 - 112.
2. *Frissel M.J., Deb D.L., Fathony M. et al.* Generic values for soil-to-plant transfer factors of radiocesium // *J. Environ. Radioact.* - 2002. - Vol. 58. - P. 113 - 128.
3. *Йохансон К.Й., Долгилевич М.И., Васенков Г.И.* Функции органического вещества, определяющие поведение радиоцезия в системе почва-растение // *Вісник аграрної науки.* - Березень 1997. - С. 52 - 54.
4. *Nisbe, A.F., Woodman R.F.M.* Soil-to-plant transfer factors for radiocesium and radiostrontium in agricultural systems // *Health Physics.* - 2000. - Vol. 78. - P. 279 - 288.
5. *Агапкина Г.И., Щеглов А.И., Тихомиров Ф.А. и др.* Содержание и формы соединений техногенных радионуклидов в почвенных растворах // II Обнинский симпозиум по радиозоологии. 27 - 31 мая 1996 г. Реф. докл. - Обнинск, 1996. - С. 73 - 74.
6. *Smolders E., Van den Brande K., Merckx R.* Concentration of ^{137}Cs and K in Soil Solution Predict the plant availability of Cs-137 in Soils // *Environ. Sci. Technol.* - 1997. - Vol. 31. - P. 3432 - 3438.
7. *Протас Н.М., Шпинар Л.И., Ясковец И.И.* Механизмы, контролирующие миграцию радионуклидов в системе почва-растение // *Агроекологічний журнал.* - 2004. - № 2. - С. 67 - 72.
8. *Пристер Б.С., Бизольд Г., Девиль-Ковелин Ж.* Способ комплексной оценки свойств почвы для прогнозирования накопления радионуклидов растениями // *Радиационная биология. Радиозоология.* - 2003. - Т. 43, № 6. - С. 688 - 696.
9. *Prister B.S., Perepelyatnikov, G.P., Perepelyatnikova, L.V.* Countermeasures used in the Ukraine to produce forage and animal food products with radionuclide levels below intervention limits after Chernobyl Accident // *The Science of the Total Environment.* - 1993. - Vol. 137. - P. 183 - 198.
10. *Ehlken S., Kirchner G.* Seasonal variations in soil-to-grass transfer of fallout strontium and cesium and potassium in North German soils // *J. Environ. Radioact.* - 1996. - Vol. 33. - P. 147 - 181.
11. *Коноплев А.В., Коноплева И.В.* Параметризация перехода ^{137}Cs из почвы в растения на основе ключевых почвенных характеристик // *Радиационная биология. Радиозоология.* - 1999. - Vol. 39, No. 4. - С. 455 - 461.
12. *Prorok V.V., Mason C.F.V., Ageyev V.A et al.* The Transfer of dissolved ^{137}Cs from soil to plants // *Proc. of WM'06, session 66 - Innovative Field Monitoring for Environmental Remediation.* Tucson (Arizona), 26 February - 2 March, 2006. - Tucson, 2006. - WM06/66.html
13. *Пророк В.В., Мельниченко Л.Ю., Шайкевич І.А.* Дослідження зв'язку між вмістом ^{137}Cs та К у рослині та у ґрунтового розчині // *Вісник Київського ун-ту. Сер. фіз.-мат. науки.* - 2005. - Вип. 7. - С. 51 - 54.
14. *Пророк В.В., Массон К.Ф.В., Тимофеев С.Ф. та ін.* Залежність вмісту ^{137}Cs у рослині від параметрів ґрунту // *Там же.* - 2004. - Вип. 3. - С. 407 - 416.
15. *Агеев В.Ю.* Миграция радионуклидов в почвах Беларуси // *Изв. Академии аграрных наук Республики Беларусь.* - 2002. - № 1. - С. 61 - 65.

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕХОДА ^{137}Cs ИЗ ПОЧВЫ В РАСТЕНИЕ

**В. В. Пророк, Л. А. Булавин, В. А. Агеев, Л. Ю. Мельниченко,
А. И. Липская, В. В. Осташко**

Быстрорастающие растения разных видов выращивались одновременно (смешанный посев) в естественных условиях на опытных участках в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС. Измерялось содержание ^{137}Cs и калия в этих растениях и в соответствующих почвенных растворах, а также содержание почвенного раствора в единице объема почвы. Впервые установлено, что для всех опытных участков и исследовавшихся растений содержание ^{137}Cs в растении приблизительно пропорционально концентрации растворенного ^{137}Cs в почве. Коэффициент перехода ^{137}Cs “растение - почвенный раствор” приблизительно пропорционален содержанию почвенного раствора в единице объема почвы.

PRINCIPLES OF ^{137}Cs TRANSITION FROM THE SOIL TO THE PLANT

**V. V. Prorok, L. A. Bulavin, V. A. Ageyev, L. Yu. Melnichenko,
A. I. Lypska, V. V. Ostashko**

Different kinds of rapidly maturing plants were grown simultaneously at experimental sites under natural conditions at the Chernobyl Exclusion Zone. Content of ^{137}Cs and potassium in the plant and in the corresponding soil solution and content of the soil solution in the soil unit were measured. It was established for the first time, that for all investigated plants and experimental sites ^{137}Cs plant content is approximately proportional to concentration of dissolved ^{137}Cs in the soil. Transition coefficient plant - soil solution is approximately proportional to the content of soil solution per unit of the soil volume.

Надійшла до редакції 30.01.07,
після доопрацювання – 11.04.07.