

**А.І. Мельник**

к.с.-г.н.

**Ю.Д. Матухно**

к.с.-г.н.

Чернігівський центр “Облдержродючість”

**А.О. Можар**

к.с.-г.н.

МНС України

**О.І. Проценко**

**А.М. Приходько**

Чернігівський центр “Облдержродючість”

*Рецензент – член редколегії “Вісник ЖНАЕУ”, д.с.-г.н. Надточій П.П.*

## **ВПЛИВ ЦЕОЛІТУ НА НАДХОДЖЕННЯ $^{137}\text{Cs}$ I $^{90}\text{Sr}$ ДО РОСЛИН НА ЗАЛУЖЕНИХ ЗЕМЛЯХ**

*Наведено результати п'ятирічних досліджень (2004–2008 рр.) ефективності цеоліту на залужених землях, ґрунти яких забруднені радіонуклідами. Встановлено вплив меліоранту на агрохімічні властивості дернового зв'язно-піщаного ґрунту, продуктивність рослин та інтенсивність міграції радіонуклідів у ланцюгу ґрунт–рослина.*

### **Постановка проблеми**

Радіоактивне забруднення території, залежно від фізико-хімічних характеристик, мінералогічного складу і водного режиму ґрунтів, зумовлює різну мобільність і різну динаміку вмісту рухомих форм радіонуклідів [1].

Особливістю міграції радіонуклідів в системі ґрунт–рослина є їх виключно висока мобільність в районах поширення легких за гранулометричним складом піщаних і супіщаних ґрунтів підзолистого і болотного типів [2, 3]. Підвищена кислотність ґрунтів Полісся, значне поширення торфовищ, невисокий вміст глинистих мінералів, гідроморфність, низька вбирна здатність твердої фази ґрунту обумовлюють дуже великі коефіцієнти переходу радіоцезію з ґрунту в рослини. Залежно від ґрунтово-метеорологічних факторів та біологічних особливостей рослин вони можуть змінюватись в 20–30 разів [4–6].

Для зменшення рівнів забруднення сільськогосподарської продукції поряд з агротехнічними технологіями проводяться також заходи меліоративного впливу, що спрямовані на значні зміни властивостей ґрунтів легкого механічного складу, насамперед, шляхом збагачення орного шару активною мінеральною фракцією. Для цього можна застосовувати високозбагачені природні глинисті мінерали, а також цеоліти.

За результатами досліджень ефективності цеолітів як меліорантів кислих ґрунтів, при внесенні 10 т/га цеолітів рН ґрунтового розчину дерново-

підзолистих ґрунтів підвищується на 0,8–1,2 одиниці, зростає водоутримуюча здатність, ґрунтовий вбирний комплекс насичується обмінними основами, збільшується кількість нітратного азоту, фіксованого амонію, підвищується урожай сільськогосподарських культур [7, 8].

Цеоліт використовується також для зменшення надходження до рослин важких металів і радіонуклідів. В дослідженнях доведений позитивний вплив цеолітів на міграцію цезію-137 та стронцію-90 із ґрунту в рослини. Але спостерігались випадки, коли накопичення радіонуклідів після внесення цеоліту не тільки не зменшується, а навіть зростає [9].

**Мета досліджень** – вивчення ефективності цеоліту на забрудненому радіонуклідами дерновому зв'язно-піщаному ґрунті Чернігівського Полісся.

### **Об'єкти та методика досліджень**

Ефективність цеоліту вивчалась у 2004–2008 роках у польовому дрібноділянковому досліді на дерновому зв'язно-піщаному ґрунті в ПСП “Мрія” с. Савинки Корюківського району.

Схема досліду: 1 – контроль; 2 – 5 т/га цеоліту; 3 – 10 т/га цеоліту; 4 – 15 т/га цеоліту. Дослід проводився на залуженому полі в чотирикратному повторенні. Облікова площа ділянки – 40 м<sup>2</sup>.

Характеристика ґрунту: рН<sub>сол.</sub> – 4,6–4,7 (ДСТУ ISO 10390-2001); вміст гумусу – 1,31 % (ДСТУ 4289-2004); рухомих форм фосфору (за Кірсановим) – 8–12 мг/кг (ДСТУ 4405-2005); обмінного калію – 25–27 мг/кг (ДСТУ 4405-2005); легкогідролізованого азоту (за Корнфілдом) – 68 мг/кг; обмінного кальцію – 2,1–2,3 мг-екв./100 г ґрунту (ГОСТ 26487-85); обмінного магнію – 0,39–0,41 мг-екв./100 г ґрунту (ГОСТ 26487-85). Щільність забруднення ґрунту радіонуклідами: цезієм-137 – 3,73–8,48 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 – 0,13–0,28 Кі/км<sup>2</sup>. Дерновий зв'язно-піщаний ґрунт сформувався на водно-льодовикових пісках в умовах періодичного перезволоження.

Характеристика цеоліту: вміст СаСО<sub>3</sub> дорівнював 2,3, азоту – 0,07, фосфору – 0,15, калію – 1,43 %. Вологість цеоліту становила 11,2 %. Реакція сольової витяжки – рН<sub>ксі</sub> 4,5. Цеоліт вносили поверхнево під боронування.

Зразки фітомаси багаторічних трав для радіологічного аналізу та зразки ґрунту для радіологічного та агрохімічного аналізів відбирались двічі за вегетаційний період і при узагальненні усереднювались. Урожайність трав визначалась на час початку сінокосіння.

Всі аналізи виконувались за методиками, чинними в службі охорони родючості ґрунтів.

### **Результати досліджень та їх обговорення**

Основу ґрунтового покриву на сільськогосподарських угіддях забруднених територій Чернігівської області складають дерново-підзолисті ґрунти (43 %), для

яких характерним є легкий гранулометричний склад. Супіщані ґрунти займають 49 % площ, піщані та зв'язно-піщані – 17 %. На значних площах поширені також дернові ґрунти та торфовища.

На легких ґрунтах накопичення радіонуклідів у рослинницькій продукції має значно більші розміри, ніж на важких, наприклад, на чорноземах. Низька ємність вбирання катіонів та слабка міцність сорбції легких ґрунтів і причиною значної рухливості радіонуклідів цезію та стронцію, а наслідком є інтенсивне поглинання їх рослинами і накопичення в продукції.

В наших дослідженнях вплив цеоліту на агрохімічні властивості ґрунту мав неоднозначний характер. Оскільки за ступенем кислотності досліджуваний ґрунт і цеоліт мали близькі значення рН, то внесення меліоранту в дозах 5–15 т/га на цей показник не впливало. На всіх варіантах досліджу показник  $pH_{\text{сол}}$  коливався в інтервалі 4,6–4,8 одиниці.

Вміст рухомих фосфатів у ґрунті був дуже низьким і за період досліджень майже не змінювався.

Саме цей показник можна вважати основним лімітуючим фактором продуктивності кормових угідь в нашому досліді. Коливання вмісту фосфору в середньому по досліді (у діапазоні від 6 до 14 мг/кг) є статистично недостовірними. Залежності від внесення цеоліту також не простежується, хоча в дослідженнях інших авторів зазначається певне зниження вмісту рухомого фосфору після внесення цеоліту за рахунок його сорбції та хімічного зв'язування у менш рухомі форми.

Вміст обмінного калію коливався на межі низького і дуже низького ступеню забезпеченості. Протягом ведення досліді він збільшувався при внесенні 10 т/га цеоліту в межах 29–50 %, 15 т/га – 39–71 % (рис. 1). Вилуговування калію із цеоліту помітно підвищило його вміст у ґрунті в обмінній формі, для варіантів із дозами 10 і 15 т/га зростання вмісту калію є достовірним. Розрахунки показали, що при внесенні 5 т/га цеоліту в його складі в ґрунт на 1 гектарі надходило 72 кг калію, 10 т/га – 143 кг, 15 т/га – 215 кг.

Проведення дисперсійного аналізу агрохімічних показників польового стаціонарного досліді за весь період спостережень показало, що внесення цеоліту достовірно впливало лише на зростання вмісту калію.

Розглядаючи економічний аспект при застосуванні цеоліту на польовому стаціонарному досліді, слід підкреслити зростання урожайності, порівняно з контролем, протягом всіх років досліджень. На варіанті із дозою цеоліту 5 т/га приріст урожаю зеленої маси достовірно проявився лише у 2006–2007 рр., тоді як на варіантах із дозою 10 т/га і 15 т/га статистично доведений приріст спостерігався щороку (табл. 1).

Значні прибавки урожаю (до 50 % у середньому за період спостережень при внесенні 10 т/га цеоліту і до 74 % при внесенні 15 т/га) стали можливими на фоні дуже низької забезпеченості ґрунту поживними речовинами. При цьому внесення

цеоліту вагомо поліпшило умови для росту рослин. Хоча доза цеоліту 15 т/га становила лише 0,5 % ваги орного шару, але й такий додаток сорбуючих і меліоруючих мінералів та елементів живлення виявився відчутним доповненням до рівня родючості цього бідного піщаного ґрунту.

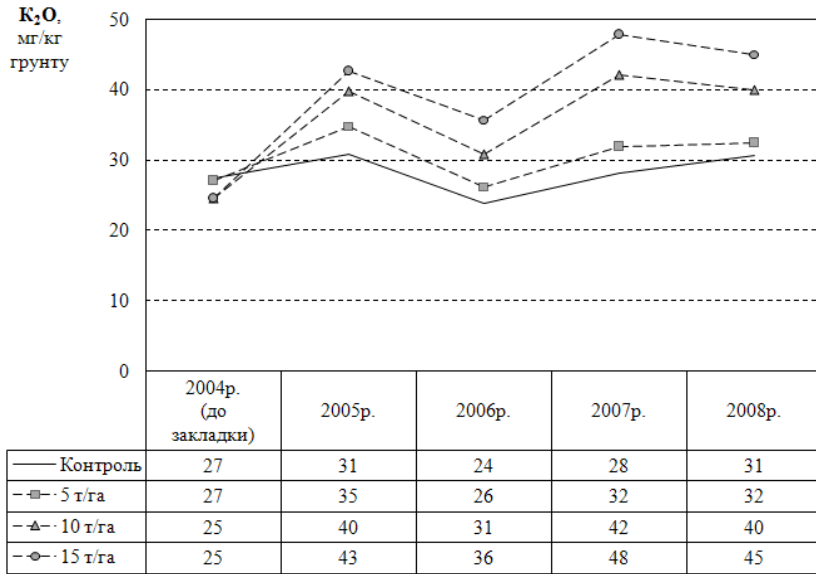


Рис. 1. Зміни вмісту в ґрунті обмінного калію залежно від доз цеоліту

Таблиця 1. Вплив внесення цеоліту на урожайність трав, ц/га зеленої маси

Варіант	Середня урожайність, т/га					Середній урожай за 2005–2008 рр., т/га	± до контролю, %
	рік						
	2004	2005	2006	2007	2008		
Контроль	47,5	34,0	60,0	40,1	42,9	44,2	
цеоліт 5 т/га	49,3	46,8	70,8	49,5	44,1	52,8	19,5
10 т/га	45,3	66,3	95,0	54,5	48,8	66,1	49,5
15 т/га	47,8	97,5	96,3	60,8	53,9	77,1	74,4
<i>середні</i>	<i>48,5</i>	<i>61,1</i>	<i>80,3</i>	<i>51,2</i>	<i>47,4</i>	<i>60,0</i>	
Найменша суттєва різниця	10,2	12,7	10,7	5,7	3,4	7,6	
Точність дослід, %	6,5	4,6	4,2	3,5	2,2	3,8	
Коефіцієнт кореляції урожайності з дозою		0,83	0,89	0,92	0,85	0,87	

цеоліту

Кореляційний аналіз підтверджує тісний зв'язок між урожайністю лучних трав і дозою цеоліту – в середньому  $r = 0,87$ .

Досить висока щільність забруднення ґрунту цезієм-137 ( $4\text{--}8 \text{ Ки/км}^2$ ) і несприятливі агрохімічні показники ґрунту (висока кислотність, низький вміст катіонів-конкурентів, періодичне перезволоження та ін.) звичайно викликають значне накопичення радіоцезію в зеленій масі лучного різнотрав'я, але в цьому досліді рівень забруднення трав був невисокий і коливався від 23 до 168 Бк/кг. В умовах значного переважання в трав'яному покриві злакових трав коефіцієнти переходу цезію-137 з ґрунту в рослини були низькими (рис. 2).

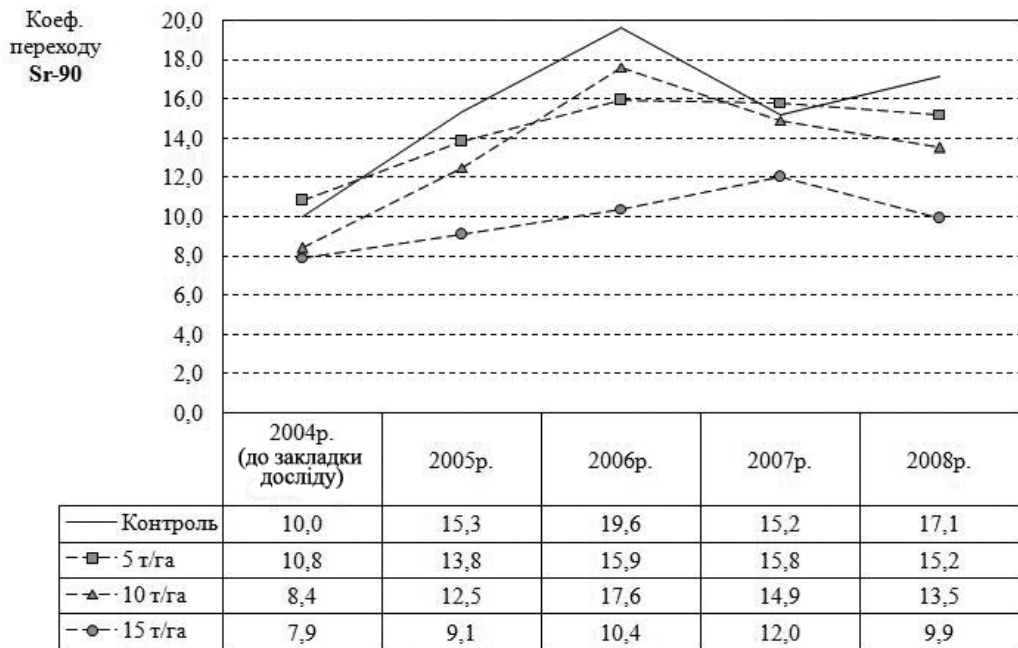


Рис. 2. Зміни коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  з ґрунту в рослини залежно від доз цеоліту

Аналіз характеру змін коефіцієнтів переходу  $^{137}\text{Cs}$  вказав на їх складну динаміку. Після зниження в перший рік цеоліту на 20–38 %, в наступні два роки вони зростали, а в останній рік спостережень різко знизилась. На нашу думку, ця динаміка залежала від метеорологічних факторів, особливо зволоженості ґрунту. Проте протягом всіх років досліджень коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  на варіантах з внесенням цеоліту постійно були нижчі, ніж на контролі. При внесенні 10 т/га цеоліту коефіцієнти знижувались на 12–32 %, 15 т/га – 20–35 %. В останній рік спостережень ця різниця зменшилась до 9 %, однією з причин чого було загальне зниження врожайності.

Міграція  $^{90}\text{Sr}$  в рослини була значно інтенсивнішою, що й відбивалось у коефіцієнтах переходу, які були вищі, ніж у  $^{137}\text{Cs}$ , в середньому в 30 разів. Пояснюється це легким гранулометричним складом ґрунту, його високою кислотністю та дуже низьким вмістом фосфору і катіонів. При значному вмісті в дерновому ґрунті на досліді  $^{90}\text{Sr}$  ( $0,13\text{--}0,28 \text{ Кі/км}^2$ ) це й зумовило високий рівень накопичення цього радіонукліду у зеленій масі – від 36 до 162 Бк/кг (рис. 3).

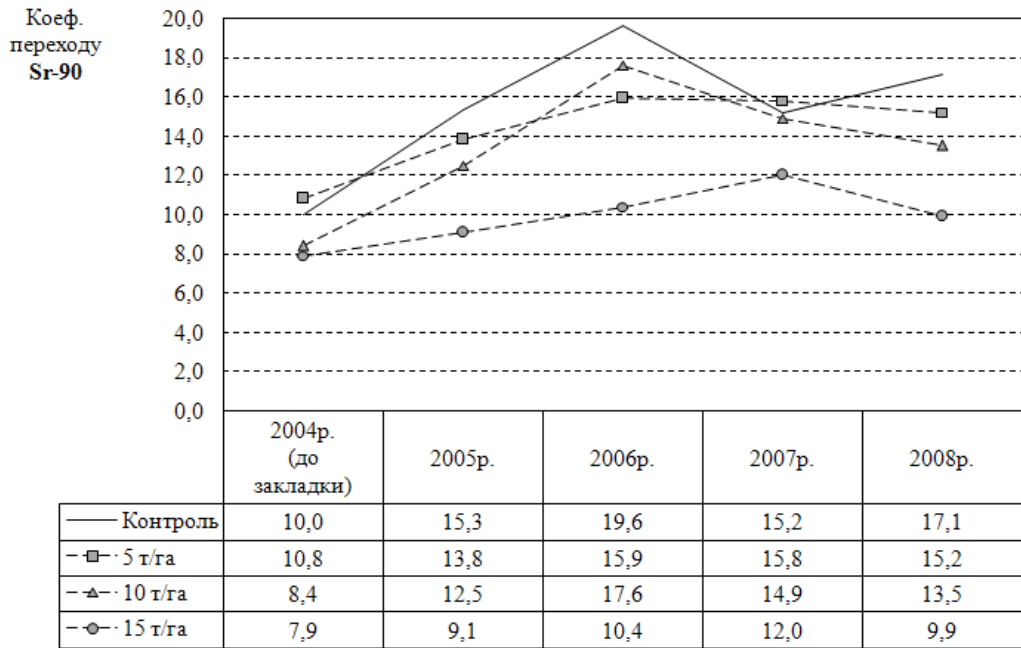


Рис. 3. Динаміка коефіцієнтів переходу  $^{90}\text{Sr}$  з ґрунту в рослини

Найвищий екологічний ефект щодо міграції  $^{90}\text{Sr}$  справляло внесення цеоліту в дозі 15 т/га. При цьому коефіцієнти переходу, порівняно з контролем, знижувались в середньому на 38 %, коливаючись від 21 до 47 %. Ефективність дози 10 т/га була значно нижчою й становила 13 %, коливаючись в межах 2–21 %.

Значно вища рухомість  $^{90}\text{Sr}$ , порівняно з  $^{137}\text{Cs}$ , що зумовлено трансформацією основної його частки в склад мобільних форм. Це відбувалось шляхом вилугування радіонукліду із важкорозчинних паливних часток.

Вивчення кореляційної залежності питомої активності урожаю від щільності забруднення ґрунту, дози внесення цеоліту та агрохімічних показників показало, що в цьому досліді існує істотна однозначна залежність рівнів забруднення зеленої маси тільки від дози цеоліту. Ця залежність слабкосередня за силою зв'язку й обернена, тобто збільшення дози цеоліту викликає зниження радіаційного забруднення урожаю. Для цезію-137 за весь термін дії цеоліту коефіцієнт кореляції становить, в середньому, 0,25, для стронцію-90 – 0,32.

## Висновки

Найвища екологічна ефективність цеоліту спостерігалась протягом друго-четвертого років. При цьому зменшення коефіцієнтів переходу Cs-137 сягало 35 %, Sr-90 – 47 %. Основною причиною цього було підвищення урожайності зеленої маси трав, внаслідок чого проявився «ефект розбавлення».

В середньому за чотири роки при внесенні 10 т/га цеоліту урожайність трав зросла на 50 %, 15 т/га – 74 %.

Внесення цеоліту в дозах 10 і 15 т/га зумовило підвищення вмісту калію відповідно на 29–50 та 39–71 %. Поліпшення калійного режиму живлення рослин сприяло підвищенню їх врожайності, а калій як хімічний аналог цезію проявив конкуруючу дію, що й зумовило зниження коефіцієнтів переходу. Впливу цеолітів на кислотність ґрунту, вміст рухомих фосфатів не встановлено.

Отже, застосування цеоліту як меліоранту на забрудненому радіонуклідами дерновому зв'язно-піщаному ґрунті сприяло підвищенню урожайності зеленої маси трав і зниженню коефіцієнтів міграції радіонуклідів в ланцюгу ґрунт–рослина.

## Перспективи подальших досліджень

Доцільно продовжити вивчення ефективності цеоліту на гідроморфних ґрунтах, в природніх екосистемах та польових сівозмінах, що забруднені радіонуклідами.

## Література

1. *Алексахин Р.М.* Радиоэкологические уроки Чернобыля / *Р.М. Алексахин* // Радиобиология. – 1993. – Т. 33. – № 1. – С. 12.
2. Основные факторы, определяющие поведение радионуклидов в системе почва–растение / *Б.С. Пристер, Л.В. Перепелятникова, В.И. Дугинов и др.* // Проблемы с.-х. радиологии : сб. науч. тр. – Вып. 2. – К., 1992. – С. 108–117.
3. *Алексахин Р.М.* Поведение цезия-137 в системе почва–растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / *Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров* // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–138.
4. Исследование закономерностей поведения радиоцезия в почвенно-растительном покрове Белорусского Полесья после аварии на ЧАЭС / *Н.В. Гребеницкова, С.А. Фирсакова, А.А. Новик и др.* // Агрохимия. – 1992. – № 1. – С. 91–99.
5. *Гудков І.М.* Сільськогосподарська радіобіологія / *І.М. Гудков, М.М. Вінничук.* – Житомир, 2003. – С. 128–215.
6. Некоторые проблемы почвенной химии радионуклидов выброса ЧАЭС на территории Полесья. Проблемы сельскохозяйственной радиологии / *Ю.А. Иванов, В.А. Кашипаров, Л.А. Орешич и др.* ; под ред. Н.А. Лощилова. – К., 1991. – С.48–61.

7. *Носко Б.С.* Ефективність застосування нетрадиційних мінеральних ресурсів для підвищення родючості ґрунтів та врожайності сільськогосподарських культур / *Б.С. Носко* // Зб. наук. статей та допов. – Луцьк, 1997. – С. 3–11.
8. *Щуковський Н.А.* Вплив цеоліту на родючість піщано-супіщаних дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України / *Н.А. Щуковський* // Екологія Полісся: проблеми, сучасність, майбутнє : конф., 26.06–3.07.1993 р. : тези доп. – Харків–Луцьк, 1993. – Ч. 1. – С. 98–99.
9. *Заїка В.В.* Радіоекологічні аспекти виробництва продукції рослинництва / *В.В. Заїка*. – К. : Урожай, 1992. – С. 283–298.