

МОНІТОРИНГ ВЕРТИКАЛЬНОЇ МІГРАЦІЇ ^{137}Cs ПО ПРОФІЛЮ МЕЛІОРОВАНОГО ТОРФОВО-БОЛОТНОГО ҐРУНТУ

В.П. ФЕЩЕНКО

Інститут сільського господарства Полісся

В.В. ГУРЕЛЯ

Інститут агроекології і економіки природокористування НААН

Проведено багаторічний моніторинг вертикальної міграції ^{137}Cs по профілю торфОВО-болотного ґрунту, досліджено вплив застосування фосфорно-калійних добрив та цеолітів на коефіцієнти накопичення ^{137}Cs в сільськогосподарські культури.

Ключові слова: ґрунтовий покрив, міграція радіонуклідів, коефіцієнт накопичення

Постановка проблеми. Більшість розвинутих країн розробляють і реалізують ефективну державну політику щодо охорони та раціонального використання ґрунтових ресурсів. Безумовно, що стан ґрунтового покриву планети безпосередньо пов'язаний зі станом біосфери. Для сільськогосподарського товаровиробника деградація і виснаження ґрунту означають зниження урожаю та збільшення виробничих витрат на компенсацію втраченої родючості. Інтенсивність руйнування і деградації ґрунтів, падіння їхньої родючості прискорено зростають. За даними Держкомзему, сільськогосподарське освоєння території України дорівнює близько 70%. Площа орних земель становить 55,1% (33 286,2 тис. га) до загальної площі, 58,0% до площі суші та 79,5% у структурі сільськогосподарських угідь. Близько 90% орних земель зазнають різного ступеня деградації. З обстежених 30,8 млн га орних земель, що перебувають у користуванні товаровиробників і громадян, 10,6 млн га (53,8%) дефляційно небезпечні, 9,1 млн га (29,6%)

© В.П. Фещенко, В.В. Гуреля, 2010

Меліорація і водне господарство. 2010. Вип. 98

мають підвищену кислотність, 2,9 млн га (9,4%) засолені та солонцюваті, 2,4 млн га (7,8%) перезволожені та заболочені [1].

Унаслідок катастрофи на ЧАЕС радіоактивного забруднення в Україні і подальшого розповсюдження радіонуклідів зазнала територія площею 9 млн га, (з них торфово-болотних 2 млн га), що призвело до обмеження можливостей агропромислового виробництва і лісогосподарського користування на площі 256 тис. га [2].

У зв'язку з цим виникла важлива, державного значення проблема забезпечення радіоекологічної безпеки населення, яке проживає на забруднених територіях, та розробки заходів зі зниження накопичення їх у продукції рослинництва.

Особливу увагу слід приділити раціональному використанню найбільш родючих (в умовах Полісся) торфових ґрунтів. Згідно з нечисленними науковими даними ця проблема значно загострюється на торфово-болотних ґрунтах, що здатні активно поглинати радіонукліди, а також не менш активно віддавати їх у ланцюгу ґрунт–рослина. Отже, навіть при досить невисокій щільності забруднення ґрунту їхній перехід у рослини має бути набагато вищий, ніж на інших типах ґрунтів.

А відтак постає питання вивчення і впровадження таких заходів, які не спричинили б докорінних змін у технологіях вирощування сільськогосподарських культур, сприяли б зменшенню нагромадження радіоактивних елементів та забезпечували б потребу рослин у мікроелементах, на які торфово-болотні ґрунти бідні.

Аналіз останніх досліджень. Вивчення міграції радіонуклідів по профілю ґрунту та в системі ґрунт–рослина показали, що перспективним у розв'язанні проблеми переходу їх у малодоступні форми є підвищення вбирної здатності ґрунту шляхом внесення високоефективних природних сорбентів з підвищеною ємністю катіонного обміну.

Таким чином, відсутність економічно доступних і ефективних прийомів з дезактивації й окультурення ґрунтів та одержання екологічно чистих кормів для тварин і тваринницької продукції визначає актуальність цієї роботи.

Основним показником переходу радіоактивних речовин по трофічному ланцюгу є коефіцієнт накопичення, який розраховують з відношення питомої концентрації радіонукліду в продукції (Бк/кг) до щільності забруднення ґрунту (кБк/км²).

Серед факторів, які визначають рухомість радіонуклідів, основними є метеорологічні умови, властивості речовини, в складі якої радіонукліди надходять у біосферу, фізико-хімічні властивості радіонуклідів, склад, властивості та особливості генезису ґрунтів і біологічні особливості культур (рис. 1).



Рис. 1. Основні чинники, які впливають на формування КП [3]

Застосування на дерново-підзолистих ґрунтах комплексу заходів (внесення органо-мінеральних добрив, вапнування, внесення меліорантів) покращує властивості і режими ґрунту, збільшує родючість ґрунту та зменшує міграцію радіонуклідів. Зумовлено це тим, що саме особливості ґрунту є одним з основних факторів, які впливають на рівень забруднення сільськогосподарської продукції [4].

Цеоліти представлено природними алюмогідросилікатами лужних і лужноземельних металів кристалічної структури, які мають адсорбційні, іонообмінні, каталітичні, детоксикаційні та мобілізуючі, антирадіаційні й бактерицидні властивості.

Цеолітове борошно містить понад 40 макро- і мікроелементів, при цьому вміст кремнію досягає 60–70% загальної кількості всіх елементів.

Завдяки чітко визначеним розмірам пор і внутрішніх порожнин цеоліти — кристалічні пористі алюмосилікати — є добрим адсорбентом для багатьох неорганічних та органічних речовин, у першу чергу для таких полярних молекул, як SO_2 , H_2S , CH_4 , NH_3 , C_2H_6 , C_2H_2 , CO_2 , CS_2 , CH_3OH , CH_3Cl , CH_3NH_2 , CH_3Br та ін. У внутрішньокристалічний простір цеолітів можуть проникнути тільки ті молекули, розмір яких не перевищує розмір їхніх пор. За властивість цих мінералів при високій температурі (500°C і вище) виділяти воду їх назвали цеолітами, що означає кипляче каміння. Перші промислові родовища природних цеолітів було відкрито лише на початку 60-х років ХХ ст. і їх відразу ж стали розробляти та інтенсивно вивчати властивості мінералів, оскільки вони дешевші за штучні. Відомо понад 30 видів природних цеолітів.

Частково чи повністю дегідратовані цеоліти можуть реадсорбувати воду та інші газоподібні й рідкі речовини, це одна з їхніх важливих властивостей. Друга важлива властивість — легкість катіонного обміну, який здійснюється також без порушень кристалічної структури.

Найбільш поширеними в природі цеолітами є кліноптилоліт та морденіт. На території України великі поклади природного кліноптилоліту та морденіту (майже 1 млрд т) відкрито в Закарпатській області.

Об'єкти та методика досліджень. Територія, на якій проводяться дослідження, являє собою долинне болото, що не виходить за межі розливів (площа — понад 1,5 тис. га). Осушено болото Моствинською осушувальною системою, де мережа відкритих каналів поєднується з кротовим дренажем. Підстилаючі породи представлені воднольодовиковими відкладеннями. За механічним складом вони переважно супіщані та піщано-легкосуглинкові. Стаціонарний дослід розміщено біля с. Зубівщина Коростенського району Житомирської області, на території дослідного господарства «Грозинське».

Перед закладанням досліду ділянка мала такі агрохімічні та фізичні властивості ґрунту: об'ємна маса ґрунту — 0,3 г/см³; шпаруватість — 80–84%; повна вологоємність — 270–290%; рН — 5,4; вологий вміст азоту — 3,4%; рухомого фосфору — 1,9 і калію — 2,34 мг на 100 г ґрунту.

Щільність забруднення ґрунту ¹³⁷Cs — 214,6 кБк/м². Ця ділянка має задовільний культуртехнічний стан, за придатністю до використання належить до освоєних під польові культури. Гідромеліоративний стан — нормальний.

Дослідження проводяться з 1991 р. Схема досліджень включала п'ять варіантів внесення добрив і цеоліту та контроль.

У досліді використовувався цеоліт Сокирницького родовища, характеристику якого наведено в табл. 1.

1. Характеристика хімічного складу цеоліту

| Хімічні сполуки та елементи | Вміст, % | Хімічні сполуки та елементи | Вміст, % |
|--------------------------------|----------|-----------------------------|----------|
| Вміст цеоліту в породі | 60–65 | Ітрій | 1,0 |
| Волога | 4,1 | Кадмій | 5,0 |
| Втрати під час прожарювання | 6,9 | Кобальт | <0,1 |
| SiO ₂ | 71,0 | Лантан | <0,1 |
| Al ₂ O ₃ | 13,3 | Миш'як | 0,0 |
| Fe ₂ O ₃ | 0,9 | Нікель | 0,1 |
| FeO | 0,3 | Ніобій | <1 |
| TiO ₂ | 0,2 | Олово | 0,2 |
| CaO | 3,2 | Ртуть | <1 |
| MgO | 1,0 | Рубідій | 10,5 |
| P ₂ O ₅ | 0,0 | Срібло | 0,0 |
| K ₂ O | 2,6 | Свинець | 0,7 |
| Na ₂ O | 0,6 | Стронцій | 5,8 |
| Фтор | 0,0 | Хром | 0,7 |
| Миш'як | 0,0 | Цезій | 0,7 |
| Стронцій | 0,0 | Церій | 10,0 |
| Барій | 36,7 | Цирконій | 2,0 |
| Берилій | 0,2 | Мідь | 4,5 |
| Галій | 0,7 | Марганець | 483,7 |
| Ітербій | 0,1 | Цинк | 28,9 |

Мінерал перед внесенням подрібнювали. Слід відмітити, що ступінь подрібнення впливає на властивості сорбційності. Від цього залежить розподілення і контакт мінералу з ґрунтом, швидкість взаємодії з ґрунтовим розчином. Тому в дослідях перед внесенням у ґрунт мінерал подрібнювали і доводили до основних параметрів щодо складу і технологічних властивостей.

Результати досліджень. Поведінка радіонуклідів у ґрунті та в біологічних ланцюгах залежить, в першу чергу, від знаку заряду іона, його маси та іонного радіуса. В цілому чим більший заряд іона, тим сильніше він фіксується ґрунтами і утворює стійкіші комплексні сполуки з органічними речовинами.

У 1991 р. було проведено обстеження дослідної ділянки. Основна частина (95%) питомої активності ^{137}Cs була зосереджена в шарі ґрунту 0...20 см. У шарі ґрунту 20...40 см було 5%, у шарі 40...60 см виявлено лише сліди. У 1992 р. на ділянці було проведено оранку болотним плугом ПЛП-40 на глибину 40 см. Відповідно відбувся перерозподіл питомої активності ^{137}Cs по горизонтах. Так у шарі ґрунту 0...20 було 23%, а в 20...40 см – 74%. До 2000 р. відбулась міграція ^{137}Cs вниз по профілю ґрунту, у верхніх шарах 0...20 та 20...40 см було 27 і 32% відповідно, в 40...60 – 23, 60...80 – 12, 80...100 см – 5%. До 2004 р. у верхніх горизонтах ґрунту спостерігалось збільшення частки від усієї питомої активності ^{137}Cs , що можна пояснити переміщення радіонуклідів з ґрунтовими водами під час підняття їхнього рівня. Станом на 2010 р. видно, що частка питомої активності ^{137}Cs у верхніх шарах лишилась приблизно на рівні 2004 р., частка в середніх шарах зменшилась, а в нижніх відповідно збільшилась (рис. 2).

Коефіцієнт накопичення ^{137}Cs з торфово-болотного ґрунту в зеленій масі люпину вищий на контролі (1,05), ніж у варіантах, де вносився цеоліт, що свідчить про їхню довготривалу дію та ефект довготривалого окультурення ґрунту (табл. 2).

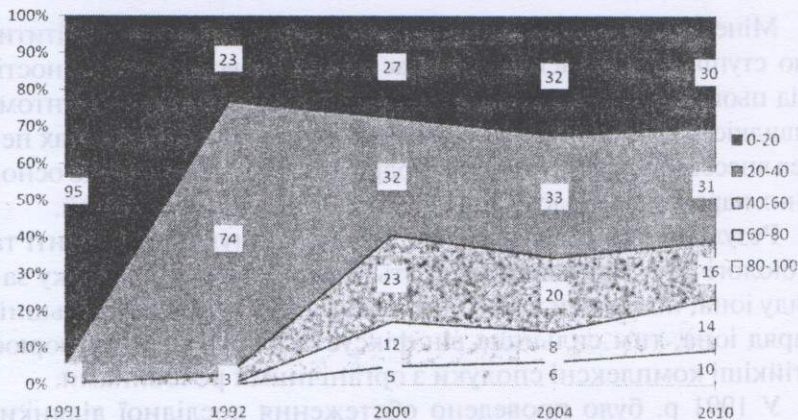


Рис. 2. Міграція ¹³⁷Cs по профілю торфво-болотного ґрунту (1991–2010), %

2. Коефіцієнти накопичення ¹³⁷Cs сільськогосподарськими культурами на торфво-болотному ґрунті

| Варіант | Волокно конопель | Зелена маса | |
|---|------------------|-------------|--------|
| | | гірчиці | люпину |
| Без добрив | 0,79 | 0,95 | 1,05 |
| 15 т/га цеоліту | 0,42 | 0,80 | 0,94 |
| 25 т/га цеоліту | 0,45 | 0,83 | 0,93 |
| P ₆₀ K ₉₀ | 0,53 | 1,00 | 1,00 |
| P ₆₀ K ₉₀ + 15 т/га цеоліту | 0,23 | 0,59 | 0,70 |
| P ₆₀ K ₉₀ + 25 т/га цеоліту | 0,30 | 0,54 | 0,63 |
| У середньому по варіантах | 0,43 | 0,77 | 0,86 |

У варіанті зі внесенням добрив P₆₀K₉₀ коефіцієнт накопичення ¹³⁷Cs був найвищий у зеленій масі гірчиці — 1,00, тоді як у волокні конопель — 0,53. При сумісному застосуванні P₆₀K₉₀ з цеолітами коефіцієнт накопичення знизився порівняно з варіантом, де лише вносили 15 і 25 т/га цеоліту, — відповідно на 45 і 33% у конопель, 26 і 35 — у гірчиці та 26 і 33% у люпину.

Аналогічна ситуація спостерігалась при вирощуванні кукурудзи, коли найменший коефіцієнт накопичення ¹³⁷Cs був у варіанті із сумісним застосуванням мінеральних добрив

$P_{120}K_{180}$ та цеолітів у кількості 25 т/га, коефіцієнт накопичення зменшився в 4 рази порівняно з контролем.

При вирощуванні на торфово-болотному ґрунті сільфію пронизанолистого було встановлено коефіцієнт накопичення ^{137}Cs в листі – 0,65, в стеблах – 0,19, а при вирощуванні сільфію на дерново-підзолистому ґрунті з щільністю забруднення ^{137}Cs 905,7 кБк/м² коефіцієнти накопичення становили лише 0,10 і 0,03 відповідно.

Висновки. Основними факторами, які визначають рухомість радіонуклідів по профілю ґрунту та накопичення їх рослинами, є: характер забруднення (щільність, тип випадів радіоіотопів), ґрунт (тип ґрунтоутворення, фізико-хімічні показники), гідрологічний режим (тип, ґрунтові води) і характер біоценозу (біорізноманіття, продуктивність та біологічні особливості).

У результаті багаторічного моніторингу було виявлено міграцію ^{137}Cs вниз по профілю ґрунту. Перерозподіл радіонукліду за роками відбувався нерівномірно, що пояснюється різними погодними умовами. Станом на 2010 р. шар ґрунту 40–100 см містив 40% питомої активності ^{137}Cs від активності в загальному профілю.

При вирощуванні сільськогосподарських культур зі внесенням хімічних добрив та цеолітів найменший коефіцієнт накопичення спостерігався у всіх культур у варіанті з внесенням $P_{60}K_{90}$ та 25 т/га цеолітів. У цілому у всіх варіантах при внесенні цеолітів спостерігається зниження коефіцієнта накопичення ^{137}Cs до 4 разів порівняно з контролем.

За результатами досліджень вирощування сільфію пронизанолистого було встановлено, що коефіцієнт накопичення ^{137}Cs на торфово-болотних ґрунтах у 6 разів більший, ніж на дерново-підзолистих. У цілому питома активність ^{137}Cs в листі більша приблизно на 30%, ніж у стеблах.

1. Патица В.П. Агроекологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / В.П. Патица, О.Г. Тараріко. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 85 с.

2. Холоша В.І. Проблеми Чорнобильської зони відчуження / В.І. Холоша, В.І. Крупний та ін. – К.: Наук. думка, 1994. – 150 с.

3. Фещенко В.П. Рациональное використання радіоактивно деградованих торфово-болотних та заплавлених ґрунтів : монографія / В.П. Фещенко. – Житомир : Друк, 2006. – 298 с.

4. Шагалова Э.Д. Миграция ^{90}Sr и ^{137}Cs в автоморфных дерново-подзолистых почвах Белоруссии / Э.Д. Шагалова и др. – М.: Почвоведение, 1986. – С. 114–120.

Проведен многолетний мониторинг вертикальной миграции ^{137}Cs по профилю торфяно-болотной почвы, исследовано влияние применения фосфорно-калийных удобрений и цеолитов на коэффициенты накопления ^{137}Cs в сельскохозяйственные культуры.

A long-term monitoring of the vertical migration of ^{137}Cs profile on peat soils, the influence of phosphorous-potassium fertilizers and zeolite on the coefficients accumulation of ^{137}Cs in crops.