

УДК 631.45

Ю.Л. Цапко, В.А. Гаврилюк

ННЦ "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського"

**АКУМУЛЯТИВНО-ДИСИПАТИВНА ФУНКЦІЯ ҐРУНТІВ ЯК ЧИННИК САМОРЕМЕДІАЦІЇ ЗАБРУДНЕНИХ РАДІОНУКЛІДАМИ ҐРУНТІВ**

*На підставі аналізу літературних джерел і власних експериментальних даних показано, що акумулятивно-дисипативна функція радіоактивно забруднених ґрунтів є важливим чинником їх саморемедіації.*

**Ключові слова:** забруднені ґрунти, радіонукліди, акумуляція, дисипація, буферні механізми, саморемедіація.

Унаслідок катастрофи на Чорнобильській атомній електростанції, найбільшого радіаційного забруднення, серед інших природних об'єктів, зазнали ґрунти і ґрунтовий покрив, яким, у переважній більшості, притаманна кисла реакція середовища. За інтенсивністю забруднення найбільш небезпечними в зоні Полісся є дерново-підзолисті ґрунти грубої гранулометрії (піщані і супіщані). Основним джерелом надходження радіонуклідів у сільськогосподарську продукцію є ґрунтовий покрив, який, залежно від буферних властивостей, здатний акумулювати частину радіонуклідів або навпаки, віддавати їх в навколишнє середовище. Тобто, з одного боку, у ґрунтах відбувається сорбція (акумуляція) радіонуклідів твердою частиною ґрунту, а з іншого – їх дисипація (міграція, розсіювання) та біологічний кругообіг. Інтенсивність цих процесів пов'язана з генетичними особливостями ґрунтів, функціонуванням їх буферних механізмів та щільністю забруднення. Небезпечна ситуація виникає за умов бідності дерново-підзолистих ґрунтів на елементи живлення та підвищеної кислотності [1, 2]. Крім цього, низька радіопротекторна дія цих ґрунтів визначається їх послабленою акумулятивною функцією, яка чітко відображується в послабленні процесів необмінного поглинання радіонуклідів. Разом з цим, достатньо висока дисипативна властивість піщаних та супіщаних різновидів дерново-підзолистих ґрунтів через підвищену вертикальну міграцію радіоактивних елементів і потрапляння їх до підґрунтових вод є особливо загрозливою для навколишнього середовища.

З точки зору забруднення сільськогосподарської продукції найбільш небезпечними ґрунтами залишаються торф'яники, торф'яно-глейові та торф'яно-болотні ґрунти. На таких ґрунтах гостро відчувається недостатність таких елементів-антагоністів радіонуклідів у рослинах, у першу чергу, як калій, а коефіцієнти переходу цезію-137 з ґрунту в рослинність у десятки разів перевищують відповідні значення для мінеральних ґрунтів.

Зазначимо, що за період, який минув з моменту Чорнобильської трагедії, радіологічна ситуація в регіонах забруднення суттєво покращилася. Це зумовлено майже половиною розпадом основних радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$ , дисипацією радіонуклідів з радіоактивних ґрунтів і розсіюванням їх у просторі, а також акумуляцію їх у ґрунтах через зв'язування ґрунтовим вбирним комплексом. Разом з цим, до теперішнього часу залишаються найбільш забрудненими як за щільністю, так і за площею території Київської, Житомирської, Чернігівської,

Рівненської, Волинської, Черкаської та Вінницької областей.

Установлено, що розсіювання радіонуклідів в агроландшафтах тісно залежить від з таких протилежних за сутністю факторів: з одного боку, це ерозійні процеси та кислотність ґрунту, а з іншого – уміст у ґрунті гумусу, високодисперсних вторинних мінералів, наявність ландшафтно-геохімічних та біохімічних бар'єрів. Одні сприяють переходу радіонуклідів у рухомі форми і їх міграції на порівняно чисті території, хоча не треба забувати, що при цьому йдуть процеси самоочищення, або саморемедіації площ із високою щільністю забруднення. Інші навпаки, створюють умови, за яких відбувається акумуляція радіонуклідів, а відтак й уповільнення процесів дисипації.

Саморемедіаційні процеси у ґрунтах відбуваються без втручання людини, і в кінцевому рахунку, сприяють зниженню надходження радіонуклідів у рослинницьку продукцію. Зрозуміло, що до них належать процеси природного розпаду радіонуклідів.

Досвід, набутий у післяаварійний період свідчить, що рівень забруднення сільськогосподарської продукції тісно пов'язаний з типом ґрунту. Наприклад, сільськогосподарська продукція, вироблена на чорноземах півдня Київської області, із щільністю забруднення радіоізотопами цезію біля  $555 \text{ кБк/м}^2$  ( $15 \text{ Кі/км}^2$ ), відповідала встановленим нормативам, а у Волинській і Рівненській областях під час випасання великої рогатої худоби і заготівлі сіна на торфовищах, навіть із щільністю забруднення ґрунту нижче  $100 \text{ кБк/м}^2$  ( $2,7 \text{ Кі/км}^2$ ), спостерігалось перевищення допустимих рівнів умісту  $^{137}\text{Cs}$  у тваринницькій продукції. На наш погляд, зазначений парадокс можна пояснити буферними властивостями ґрунтів. У чорноземах з високо розвинутими буферними властивостями завдяки відносно високій наявності глинистих мінералів, підвищеному вмісту гумусу та поглинутих основ, нейтральній реакції тощо буферні механізми функціонують у напрямку необмінної сорбції (акумуляції) радіоізоотопів цезію. У торфових та торф'яно-болотних ґрунтах така важлива складова буферних механізмів, як наявність глинистих мінералів практично відсутня, подекуди спостерігається надто кисла реакція і недостатність елементів-антагоністів радіонуклідів, а відтак і буферні механізми не в змозі загальмувати надлишковий перехід радіонуклідів до рослин.

Як засвідчили дослідження, проведені в ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», на дерново-підзолистих ґрунтах Полісся спостерігається дефіцит глинистих мінералів, особливо з набрякаючою кристалічною решіткою. Крім цього, високодисперсні мінерали розподіляються за профілем ґрунту нерівномірно. Уміст монтморилоніту надто низький у верхньому орному шарі ґрунту, саме який найбільш забруднений радіонуклідами. Вниз по профілю вміст монтморилоніту в складі мулистої фракції істотно підвищується, проте його роль у блокуванні надходження радіонуклідів у рослини втрачається. Важлива роль у біологічному кругообігу радіонуклідів належить гідрослюдам, які, вивітрюючись, є джерелом поповнення доступних для рослин форм калію в ґрунтовому середовищі. Останній, як відомо, є антагоністом радіоцезію. Однак, через загальний низький рівень умісту мулистої фракції, незважаючи на її якісний мінералогічний склад, небезпека радіонуклідного забруднення рослин

залишається надто високою.

На теперішній час основними заходами із зменшення надходження радіонуклідів у рослинницьку продукцію безумовно, залишаються заходи з оптимізації кислотно-лужної рівноваги, водного, поживного, біологічного та інших режимів, покращання буферних механізмів і грануло-літологічного складу ґрунтів.

За традиційними технологіями для поліпшення агроекологічної ситуації на радіоактивно забруднених ґрунтах вносять на кожний гектар добрива і меліоранти в такій кількості: вапнякових меліорантів по 5-6 тон кожні два-три роки, подвійного суперфосфату по 500-600 кг та калійних солей по 400-500 кг кожний рік [3, 4].

Ефективність хімічних меліорантів і добрив залежить від їх здатності блокувати надходження радіонуклідів до рослин. Цей процес також зумовлений ефектом «антагонізму і синергізму іонів» у ґрунтовому розчині. Антагоністичний вплив калійних добрив на надходження радіоцезію в рослини пов'язаний із збільшенням значення відношення вмісту рухомого калію в ґрунті, до радіоцезію. Аналогічний антагонізм іонів виявляється між радіоактивним стронцієм і кальцієм. Покращення поживного режиму ґрунту є також надійним заслоном переміщення радіонуклідів у системі ґрунт – рослина.

Із агротехнічних заходів зі зниження радіоактивного забруднення рослинницької продукції ефективною є глибока меліоративна оранка, яка зумовлює дисипацію радіоіотопів. Вона (за даними Поліської дослідної станції ННЦ ІГА) сприяє переводу радіонуклідів з верхніх до нижніх шарів ґрунту і зменшує вміст радіонуклідів у врожаї в декілька разів, фактично доводячи їх уміст до безпечного рівня. Завдяки глибокій оранці усувається можливість перенесення радіонуклідів через еолові процеси (вітрову ерозію) із забруднених ділянок на чисті.

На дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтах високу ефективність щодо підвищення акумулятивної функції і зменшення накопичення стронцію-90 та цезію-137 в урожаї отримують за умов внесення як органічних добрив сапропелів (60-80 т/га), структуроутворювачів цеоліту (20 т/га) та глини (200 т/га). Також ефективним з погляду на покращення акумулятивної функції торфових ґрунтів є застосування меліорантів у вигляді зернистих фосфоритів, внаслідок чого зменшується перехід  $^{137}\text{Cs}$  в зелену масу редьки олійної у 5,4 рази порівняно з контролем, а на дерново-підзолистих ґрунтах у 2,9 рази.

Переважаюча акумулятивної функції над дисипативною, так і дисипативною над акумулятивною призводить до гальмування саморемедіаційних процесів у радіоактивно забруднених ґрунтах. При цьому як у першому випадку, так і у другому відбувається інтенсивне забруднення рослинницької продукції. У першому, через надмірну концентрацію радіоіотопів у ґрунтах, і подальшому їх вивільненню під впливом біологічного фактору, а у другому через підвищення рухомості радіоіотопів. З нашого погляду, найбільш ефективно саморемедіаційні процеси протікають при гармонійному поєднанні обох функцій, тобто при їх врівноваженні.

Заходи з мінімалізації надходження радіонуклідів в рослини повинні бути максимально ощадливими. У цьому аспекті доцільним є залучення до вирішення проблем з радіаційної безпеки сучасних ресурсощадних та енергоощадних технологій, зокрема розробленої в ННЦ «ІГА» технології локального окультурювання ґрунтів [5]. За локального окультурювання ґрунтів створюються особливі комфортні умови для розвитку кореневої системи рослин у майже незабруднених, збагачених на поживні речовини, органіку та глинисті мінерали ґрунтових осередках, а також завдяки нейтральному і близькому до нейтрального

рівня рН. Суттєвим для вирощуваних сільськогосподарських культур є й те, що в локальних осередках містяться фізіологічно активні речовини гумусової природи, які сприяють адаптації рослин до іонізуючого випромінювання [6]. За технологією локального окультурювання ґрунтів удається досягти оптимального співвідношення між процесами акумуляції-дисипації поживних елементів у радіоактивно забруднених ґрунтах, що суттєво гальмує надходження радіоізотопів до рослинницької продукції. Завдяки цьому рослини отримують поживу з відносно чистих від радіонуклідів осередків ґрунту, що дозволяє отримувати якісну рослинницьку продукцію. Застосування технології локального окультурювання зменшує вміст радіоцезію порівняно з контролем у насінні віко-вівса і люпину відповідно у 1,5 і 2,3 рази, тоді як за традиційної технології зміст цезію зменшується лише в 1,1 рази і 2,0 рази.

Отже, у радіоактивно забруднених ґрунтах з одного боку, відбувається сорбція (акумуляція) радіонуклідів твердою частиною ґрунту, а з другого – їх міграція (дисипація, або розсіювання) та біологічний кругообіг. Інтенсивність цих процесів пов'язана з генетичними особливостями ґрунтів, рівнем кислотно-основної рівноваги, функціонуванням їх буферних механізмів та щільністю забруднення.

**Бібліографічний список:** 1. Пристер Б.С. Основы сельскохозяйственной радиологии / Пристер Б.С., Лоцилов Н.А., Поярков В.А. – К.: Урожай, 1988. – 256 с. 2. Надточій П.П. Досвід подолання наслідків Чорнобильської катастрофи (Сільське та лісове господарство) / Надточій П.П., Малиновський А.С., Можар А.О., Лазарев М.М., Кошнарів В.О., Мельник А.І. – К.: Світ, 2003. – 372 с. 3. Рекомендації по веденню сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення території України в результаті аварії на Чорнобильській АЕС на період 1996-1998 років. – К.: Мінсільгоспрод України, 1996. – 56 с. 4. Рудая С.М. Особенности сорбции радионуклидов <sup>137</sup>Cs и <sup>90</sup>Sr основными почвами Белорусского Полесья: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. с.-х. наук: спец. 06.01.03 «Агропочвоведение, агрофизика» / О.И. Рудая. – Минск, 2003. – 22 с. 5. Трускавецький Р.С. Буферна здатність ґрунтів та їх основні функції / Трускавецький Р.С. - Харків: Нове слово, 2003. – 228 с. 6. Трускавецький Р.С. Локальне окультурювання – ефективний прийом відтворення родючості ґрунту / Р.С. Трускавецький, Ю.Л. Цапко, С.І. Христенко, О.І. Маклюк, В.М. Калініченко // Агрохімія і ґрунтознавство. – 2005. – Вип. 66. – С. 37-43.

**Ю.Л. Цапко, В.А. Гаврилюк**

#### **АККУМУЛЯТИВНО-ДИССИПАТИВНАЯ ФУНКЦИЯ ПОЧВ КАК ФАКТОР САМОРЕМЕДИАЦИИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ ПОЧВ**

*На основании анализа литературных источников и собственных экспериментальных данных показано, что аккумулятивно-диссипативная функция радиоактивно загрязненных почв является важным фактором их саморемедиации.*

**Ключевые слова:** *загрязненные почвы, радионуклиды, аккумуляция, диссипация, буферные механизмы, саморемедиация*

**U.L. Tsapko, V.A. Gavriuliuk**

#### **SOIL ACCUMULATION-DISSIPATION FUNCTION AS A "SELF-REMEDICATION" AGENT ON THE RADIONUCLIDES-CONTAMINATED SOILS**

*On the basis of publications data and experimental researches the radiocontaminated soils accumulative-dissipative function is shown as the significant cause of their "self-remediation".*

**Keywords:** *contaminated soils, radionuclides, accumulation, dissipation, buffer mechanisms, self-remediation.*