

РАДІОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ҐРУНТІВ ЧЕРНІГІВЩИНИ ТА РЕКОМЕНДОВАНІ ЗАХОДИ ЩОДО ЇХ РЕАБІЛІТАЦІЇ

Лаврінєнко В.М.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова
вул. Пирогова, 9, 01601, м. Київ
viktlav@ukr.net

Основними радіонуклідами які визначають радіаційний стан ґрунтового покриву Чернігівщини, є ^{137}Cs та ^{90}Sr . Цієї групою радіонуклідів забруднена вся територія польської частини області. У більшості ОТГ Чернігівщини в ґрунтовому покриві переважають дерново-підзолисті ґрунти (63% від загальної площі), вміст гумусу в них коливається в межах 0,4–1,8%, рН – 4,4–5,5, що призводить до зростання частки водорозчинних та обмінних форм радіонуклідів – ^{137}Cs та ^{90}Sr . З огляду на це, навіть на порівняно малозабруднених площах спостерігається підвищена міграція радіонуклідів у системі «ґрунт-рослина». Аналіз показників поданих Головним управлінням Держсанепідслужби у Чернігівській області у 2015–2019 роках за 7 контрольними населеними пунктами та районами показали, що за останні 4 роки стабільною залишається ситуація зі щільності забруднення ґрунту радіонуклідами. Показники вмісту радіонуклідів коливаються в межах: ^{137}Cs – 0,68–0,33 Ki/km^2 , тоді як ^{90}Sr – 0,33–0,06 Ki/km^2 . Всього в області вище 1 Ki/km^2 забруднено ^{137}Cs 53 тис. га (3%). Найбільш забруднені угіддя Семенівського району – 28%, Ріпкинського, Корюківського і Чернігівського – по 7%, Козелецького – 5%. Стронцієм-90 вище 0,02 Ki/km^2 забруднена майже вся площа сільгоспугідь області (97%), вище 0,15 Ki/km^2 забруднено 80 тис. га (4%). Найбільш забрудненими є угіддя 3 районів: Козелецького – 28%, Ріпкинського – 22% і Чернігівського – 10%. Протягом післяаварійного періоду відбувається процес самодезактивації поверхневого шару ґрунтів, але швидкість його не значна. Тому доцільним є здійснення агротехнічних та агрохімічних заходів, що поліпшить радіоекологічну ситуацію ґрунтів ОТГ Чернігівщини. Зокрема, основними агротехнічними заходами повинні виступати розміщення культур та обробіток ґрунту. Серед групи агрохімічних заходів найліпшими є вапнування, внесення підвищених доз фосфорно-калійних і органічних добрив. *Ключові слова:* ґрунт, гумус, щільність забруднення, радіонукліди, безпека, заходи.

Radioecological assessment of soils in Chernihiv region and recommended measures for their rehabilitation. Lavrinenko V.M.

The main radionuclides that determine the radiation state of the soil cover of the Chernihiv region are ^{137}CS and ^{90}Sr . This group of radionuclides contaminates the entire territory of the Polissya part of the region. In most OTGs of the Chernihiv region in the soil, the cover is dominated by sod-podzolic soils (63% of the total area), the humus content in them varies between 0,4–1,8%, pH – 4,4–5,5, which in turn leads to an increase in the proportion of water-soluble and metabolic forms of radionuclides – ^{137}CS and ^{90}Sr . As a result, even in relatively sparsely contaminated areas, there is increased migration of radionuclides in the soil-plant system. The analysis of indicators submitted by the Main Department of the State Sanitary and Epidemiological Service in the Chernihiv region in 2015–2019 for 7 control settlements and districts showed that over the last 4 years the situation with the density of soil contamination by radionuclides remains stable. Indicators of radionuclide content range from: ^{137}CS – 0,68–0,33 Ki/km^2 , while ^{90}Sr – 0,33–0,06 Ki/km^2 . In total, ^{137}CS of 53 thousand hectares (3%) are contaminated in the region above 1 Ki/km^2 . The most polluted lands are in Semenivka district – 28%, Ripky, Koryukiv, and Chernihiv districts – 7% each, Kozelets district – 5%. Strontium-90 above 0,02 Ki/km^2 contaminated almost the entire area of agricultural land in the region (97%), above 0,15 Ki/km^2 contaminated 80 thousand hectares (4%). The most polluted are the lands of 3 districts: Kozeletsky – 28%, Ripkinsky – 22%, and Chernihiv – 10%. During the emergency period, the process of self-decontamination of the soil surface layer takes place, but its speed is not significant. Therefore, it is advisable to implement agro-technical and agrochemical measures that will improve the radioecological situation of soils OTG Chernihiv region. In particular, the main agronomic measures should be the placement of crops and tillage. Among the group of agrochemical measures, the best are liming, application of high doses of phosphorus-potassium, and organic fertilizers. *Key words:* Soil, humus, density of pollution, radionuclides, safety, measures.

Постановка проблеми. Проблема безпеки стану середовища – одна з основних у сучасному світі. Екологічна проблема, яка виникла внаслідок аварії на ЧАЕС, змушує вже не одне покоління відчувати на собі негативні наслідки та звертати увагу на стан радіологічних показників атмосферного повітря, водного середовища, ґрунтів та моніторити стан захворюваності населення через вплив радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Чернігівська область – один із регіонів Польської зони, що найбільше постраждав внаслідок аварії на ЧАЕС. Радіоактивного забруднення зазнали 15 із

22 районів. Через Постанову № 3650 «Про утворення та ліквідацію районів» видану Верховною Радою України нині є 5 районів: Корюківський, Ніжинський, Новгород-Сіверський, Прилуцький, Чернігівський із чисельністю населення 976,7 тис [1,2].

За даними Головного управління Держсанепідслужби у Чернігівській області, радіаційний стан території, який сформувався в післяаварійний період, залежав від низки факторів: потужності радіоактивної хмари, рози вітрів, особливості території, характеру ґрунтів і рослинного покриву, гідрологічного режиму місцевості. Найбільш забруд-

неними виявились сільськогосподарські угіддя, оскільки радіонукліди, які були в повітрі, осідали на поверхню ґрунту та абсорбувались, переходячи в необмінну та міцно фіксовану форму. Зокрема, найбільшу сорбційну здатність мають чорноземи, на відміну від суглинистих та супіщаних ґрунтів. Це пояснюється такими факторами, як присутність у чорноземах значної кількості високодисперсних частинок, кислотність ґрунтового розчину, вміст гумусу, мінералогічний та гранулометричний склад, кількість обмінних катіонів.

У більшості ОТГ Чернігівщини ґрунтовий покрив характеризується переважанням дерново-підзолистих ґрунтів (63% від загальної площі). Сірі лісові ґрунти займають 33%, торфово-болотні і болотні – 9%. Дерново-підзолисті ґрунти характеризуються низьким рівнем родючості, а процентний вміст гумусу в них коливається в межах 0,4–1,8% [3]. Недостатня насиченість ґрунтів основами призводить до підвищення кислотності (рН – 4,4–5,5), що призводить до зростання частки водорозчинних та обмінних форм $^{137}\text{C}_s$ та ^{90}Sr . З огляду на це, у ґрунтах таких типів рухливість радіонуклідів підвищується, знижується міцність їх фіксації у ґрунті і зростає інтенсивність надходження їх у рослини, які, проходячи через низку харчових ланцюгів, потрапляють до організму людини. Саме тому питання актуальності дослідження радіоекологічного стану ґрунтів Чернігівщини та розробка заходів щодо зменшення вмісту радіонуклідів є актуальним питанням екологічної безпеки й до нині.

Мета статті – проаналізувати радіоекологічний стан ґрунтів Чернігівщини через вплив радіонуклідів $^{137}\text{C}_s$ та ^{90}Sr , та запропонувати заходи щодо їх реабілітації.

Методи дослідження: літературний, метод збору статистичних даних, метод статистичної та математичної обробки.

Виклад основного матеріалу. Основними радіонуклідами, які визначають радіаційний стан ґрунтового покриву Чернігівщини, є $^{137}\text{C}_s$ та ^{90}Sr . Цією групою радіонуклідів виявилась забрудненою територія поліської частини області, в ґрунтового покриві якої переважають кислі малогумусні піщані та супіщані ґрунти. Для них характерна слабка буферність та мала ємність вбирання. Зважаючи на це, навіть на порівняно малозабруднених площах спостерігається підвищена міграція радіонуклідів у системі «ґрунт-рослина», що призводить до отримання продукції з перевищеними показниками. Це явище характерне для $^{137}\text{C}_s$ на торфовищах та торфово-болотних ґрунтах, які займають 9% забруднених угідь, щодо ^{90}Sr на дерново-підзолистих піщаних та зв'язано-піщаних ґрунтах, які поширені на 43% забруднених с/г угідь.

Моніторингові дослідження, проведені Головним управлінням Держсанепідслужби у Чернігівській області у 2015–2019 роках, показали, що рівень гамма-фону становить 6–12 мкР/год, щільність забруд-

нення $^{137}\text{C}_s$ 0,15–0,61 Кі/км², щільність забруднення ^{90}Sr – 0,01–0,018 Кі/км². Так, дослідження щільності радіоактивного забруднення проводились у 7 контрольних пунктах-селищах: Ковпита, Дніпровське, Боровики (Чернігівський р-н.), Підлісне та Тужар (Козелецький р-н.), Малинівка (Ріпкинський р-н.), Жадове (Семенівський р-н.). Отримані дані свідчать, що за останні 4 роки (2015–2019 рр.) стабільною залишається ситуація за щільністю забруднення ґрунту радіонуклідами на контрольних ділянках. Так, за 7 контрольними ділянками щільність забруднення ґрунту $^{137}\text{C}_s$ становила: 0,61–0,15 Кі/км², щільність забруднення ^{90}Sr – 0,27–0,13 Кі/км².

Упродовж останніх років спостерігається зменшення щільності забруднення ґрунту природних угідь ^{90}Sr . На тлі загальної тенденції до зниження вмісту радіонуклідів у ґрунті спостерігаються і протилежні результати, що пояснюється різними площами забруднених ділянок, та переходом радіонукліду в рухомі форми. Саме тому отримані дані дають можливість об'єктивно оцінити радіаційну ситуацію в зоні забруднення.

Всього в області вище 1 Кі/км² забруднено $^{137}\text{C}_s$ 53 тис. га (3%). Найбільш забруднені угіддя Семенівського району – 28%, Ріпкинського, Корюківського і Чернігівського – по 7%, Козелецького – 5%. Стронцієм-90 вище 0,02 Кі/км² забруднена майже вся площа сільгоспугідь області (97%), вище 0,15 Кі/км² забруднено 80 тис. га (4%). Найбільш потерпіли угіддя таких районів: Козелецького – 28%, Ріпкинського – 22% і Чернігівського – 10%. Показники щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами Чернігівської області подані в таблиці 1.

Аналізуючи показники, що подані в таблиці 1 (станом на 01.01.2019 р.), можна виокремити райони з низькими та високими відсотками вмісту радіонуклідів $^{137}\text{C}_s$ та ^{90}Sr (Кі/км²). Так, низький коефіцієнт вмісту радіонукліду $^{137}\text{C}_s < 0,1$ характерний для таких районів, як Прилуцький, Варвинський, Срібнянський, Талалаївський, Ічнянський, Бахмацький, Борзнянський. Показник $^{137}\text{C}_s$ – 0,1–4,0 мають райони: Бобровицький, Носівський, Ніжинський, Куликівський, Менський, Сосницький, Коропський, Щорський, Городнянський. Показник забруднення $^{137}\text{C}_s$ 4,1–15 мають Козелецький, Чернігівський, Корюківський, Новгород-Сіверський райони. Показники $^{137}\text{C}_s$ з коефіцієнтом > 15 мають райони Ріпкинський та Семенівський.

Групування районів Чернігівської області за забрудненням ґрунтів ^{90}Sr показало, що найменший відсоток забруднення з показником $< 0,1$ типовий для таких районів, як Прилуцький, Варвинський, Срібнянський, Талалаївський, Ічнянський, Бахмацький, Борзнянський, Менський. Показники з коефіцієнтом 0,1–1,0 – Ніжинський, Сосницький, Щорський, Городнянський. Показник забруднення ^{90}Sr – 1,1–20 мають райони: Бобровицький,

Носівський, Куликівський, Корюківський, Семенівський, Новгород-Сіверський, Коропський. Показник із коефіцієнтом >20 – Козелецький та Чернігівський. Показники вмісту радіонуклідів у досліджених районах коливаються в межах: ^{137}Cs – $0,68\text{--}0,33$ Кі/км^2 , тоді як ^{90}Sr – $0,33\text{--}0,06$ Кі/км^2 .

Протягом післяаварійного періоду відбувається процес самодезактивації поверхневого шару ґрунтів, але швидкість його не досить значна. Горизонтальна міграція радіонуклідів не зумовила відчутного перерозподілу їх в агроландшафтах. Зокрема, найінтенсивніше ^{137}Cs мігрує у дерново-підзолистих ґрунтах. У 10 см шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту за післяаварійний період відбулося зниження вмісту ^{137}Cs з 46% до 39% від загальної його кількості. Двадцятисантиметровий шар характеризується рівномірним розподілом, тут зосереджено в середньому 41% забруднювальної речовини, а у 20–40 см шарі спостерігається зниження забрудненості до мінімального рівня. Триває процес природної самодезактивації ^{90}Sr з ґрунту. Проте його швидкість також незначна. Змив радіостронцію в річкові системи на території області становить 0,1–1% за рік загальних запасів на цій площі. У той час змив ^{137}Cs значно менший і не перевищує 0,1% за рік [4, ст. 47].

Відомо, що досить істотну роль у міграції радіонуклідів у ґрунті відіграє його забезпеченість елементами живлення [5]. Наявність значної кількості поживних елементів перешкоджає надходженню радіонуклідів у рослини. Останнім часом (унаслідок різкого зниження обсягів застосування добрив) ситуація з балансом поживних речовин істотно змінилася. Розрахунки балансу поживних речовин щодо того, що втрати основних елементів живлення в ґрунтах становили 103 тис. т поживних речовин з них нітрогену – 36, фосфору – 16, калію – 51 тис. т [6].

З одного гектара посівної площі винесено (в середньому) на 146 кг поживних речовин більше, ніж надійшло до ґрунту. Найбільші втрати відбулися в Прилуцькому, Бобровицькому, Варвинському, Носівському і Талалаївському районах, де негативний баланс поживних речовин досягає 142–330 кг/га. На жаль, жоден із районів не спроможний сьогодні забезпечити повернення до ґрунту тієї є кількості елементів живлення, яка винесена врожаєм [7].

Отже, ґрунт почав збіднюватись на елементи живлення. Така ситуація може неминуче призвести до різкого зниження родючості ґрунтів і, відповідно, зниження врожайності та зростання забрудненості рослинницької продукції радіонуклідами.

Таблиця 1

Щільність забруднення радіонуклідами сільськогосподарських угідь Чернігівської області станом на 01.01.2019 р.

Назва району*	Площа, тис.га	Щільність забруднення ^{137}Cs Кі/км^2				Щільність забруднення ^{90}Sr Кі/км^2		
		До 1	1-5	5-15	>15	0,02-0,15	0,15-3,0	>3,0
Бахмацький	106,2	106,2	-			101,2		
Бобровицький	96,6	96,3	0,3			93,7	1,6	
Борзнянський	119,6	119,6	-			119,4		
Варвинський	41,1	41,1	-			39,4		
Городнянський	81,2	81,1	0,1			73,8	0,2	
Ічнянський	106,7	106,7				100,0		
Козелецький	121,7	115,5	6,0	0,2		86,0	34,1	
Коропський	67,0	66,5	0,5			63,2	1,0	
Корюківський	62,0	57,7	3,8	0,5		46,2	0,1	
Куликівський	64,5	63,5	0,7	0,2	0,1	69,2	1,6	
Менський	92,3	92,3				92,3		
Ніжинський	99,1	99,1				98,2		
Н.-Сіверський	91,6	88,8	2,8			81,0		
Носівський	72,4	72,2	0,2			71,6		
Прилуцький	124,2	124,2				124,2		
Ріпкинський	82,3	76,5	5,6	0,2		64,3	17,8	
Семенівський	70,8	50,9	19,5	0,4		68,2	1,6	
Сосницький	52,3	50,7	1,6	0,04		50,9	0,1	
Срібнянський	41,2	41,2				41,2		
Талалаївський	39,6	39,6				37,4		
Чернігівський	143,1	132,2	8,2	1,6	0,1	126,3	14,1	0,5
Щорський	61,2	61,1	0,1			60,6	0,4	

* Подано назви районів до децентралізації Чернігівської області

Інтенсивність переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини значно залежить від гумусованості ґрунтів. За даними агрохімічного обстеження сальдо балансу гумусу в ґрунтах забруднених радіонуклідами районів було від'ємним. Така ситуація склалася внаслідок унесення недостатньої кількості як органічних, так і мінеральних добрив. Шкодочинність радіоактивного забруднення сільськогосподарських земель значно зростає в районах, де переважають ґрунти легкого гранулометричного складу з низьким вмістом гумусу та кислотою реакцією ґрунтового середовища. Тобто низькобуферні й екологічні нестійкі ґрунти, що мають підвищені коефіцієнти переходу радіонуклідів із ґрунту в рослини, які потім трофічними ланцюгами потрапляють в організм тварин і людини.

Зважаючи на низьку природну родючість ґрунтів, на негативні тенденції щодо погіршення режиму живлення в останні роки, нагальним постає питання про значне збільшення обсягів проти радіоактивних заходів, їх диференційну розробку.

Уважаємо, що доцільними під час вирішення цієї проблеми є агротехнічні та агрохімічні заходи. Зокрема, основними агротехнічними заходами повинні виступати розміщення культур та обробіток ґрунту. Захід із розміщення культур передуватиме тому, що, розміщуючи культури, які більше нагромаджують радіонукліди на менш забруднених площах, а більше забруднені поля, відводячи під культури, не схильні до високої концентрації елементів, можна значно знизити загальний рівень забруднення врожаїв.

Захід з обробітку ґрунту дозволить знизити концентрацію радіонуклідів у верхньому шарі ґрунту за допомогою глибокої оранки (до 30–40 см), яку слід здійснити під час першого докорінного поліпшення природних кормових угідь. В умовах області такий захід дає змогу знизити щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs в 1,4–3 рази.

Серед групи агрохімічних заходів найліпшими в таких випадках є вапнування, внесення підвищених доз фосфорно-калійних і органічних добрив. Вапнування кислих забруднених ґрунтів дозволить нейтралізувати кислотність ґрунтового розчину, а також витіснити іони водню з ґрунтового поглинального комплексу і наситити його кальцієм. При цьому поліпшаться фізичні та хімічні властивості ґрунту, підвищиться показник родючості [8, с. 6–7]. Підвищуючи вміст кальцію ґрунті, посиляться конкуренція між ним та стронцієм – його хімічним аналогом. Це сприятиме зниженню радіонукліду в ґрунті у 1,5–2,5 рази. Окрім того, вапнування кис-

лих забруднених ґрунтів має багатосторонню дію. По-перше, виявляється екологічний ефект, створюючи сприятливі умови відповідно до біологічних вимог більшості культур, по-друге, забезпечується формування вищого відсотку врожаїв, що дає значний економічний ефект.

Захід застосування мінеральних та органічних добрив (який є виключно агрохімічним заходом) дозволить знизити вміст радіонуклідів у рослинницькій продукції, оскільки в такому разі відсоток вмісту радіонуклідів на одиницю маси продукції знизиться. Окрім того, оскільки основним показником родючості ґрунту є гумус, то чим більше його міститься в ґрунті, тим вищою є його родючість і меншою є забрудненість продукції, яка вирощується. Поповнення ґрунту органічною речовиною повинно відбуватись не лише за рахунок гною, але і через застосування соломи на удобрення, торфу, мулу, сапонемо, осаду, впровадження проміжних і післяжнивних посівів сидеральних культур. В особливо забруднених господарствах під час внесення гною, торфу на поля зі щільністю забруднення ґрунту ^{137}Cs до 1 Кі/км² необхідно попередньо визначати в них вміст радіонукліду.

Головні висновки. Радіоекологічна оцінка ґрунтів Чернігівщини показала, що в останні роки рівень гамма-фону становить 6–12 мкР/год. Всього в області ^{137}Cs з показником вище 1 Кі/км² забруднено 53 тис. га (3%), ^{90}Sr вище 0,02 Кі/км² забруднена майже вся площа сільгоспугідь області (97%). Найбільш потерпіли угіддя Корюківського, Новгород-Сіверського та Чернігівського ОТГ. Дослідження в 7-ми пунктах контролю (с. Ковпита, Дніпровське, Боровики, Підлісне, Тужар, Малинівка та Жадове) показали щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs – 0,61–0,15 Кі/км², а щільність забруднення ^{90}Sr – 0,27–0,13 Кі/км². Аналіз щільності забруднення радіонуклідами (станом на 2019 р.) показав, що найвищі показники забруднення ^{137}Cs з коефіцієнтом > 15, мають Ріпкинський та Семенівський райони (за сучасним розподілом Чернігівщини входять до Чернігівського та Новгород-Сіверського районів). Найвищий показник забруднення ^{90}Sr з коефіцієнтом > 20 – Козелецький та Чернігівський райони (нині Чернігівський район). Протягом післяварійного періоду горизонтальна міграція радіонуклідів не зумовила відчутного перерозподілу їх в агроландшафтах, тому спостерігається підвищена міграція радіонуклідів у системі «ґрунт-рослина». Отож, доцільним є проведення агротехнічних та агрохімічних заходів.

Література

1. Чисельність населення в Чернігівській обл. в 2021 р. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/chernigovskaya/>
2. Об'єднані територіальні громади Чернігівщини. URL: <https://otg.cn.ua/2020/07/17/news-gromady/zamist-22-h-rajoniv-na-chernigivshhyni-bude-5-karta/>
3. Гавій В.М., Шовкун Т.М. Радіаційний стан Чернігівщини та його вплив на здоров'я населення. *Вісник Одеського державного екологічного університету*, Вип.4, 2007, С. 35–40.

4. Концепція введення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000–2010 років. Вид-во «Світ». Київ-200, ст. 47.
5. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. Сельскохозяйственная радиоэкология. Москва : Экология, 1992. 400 с.
6. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2017 році. Чернігівська філія ДУ «Держгрунтохорона». Чернігів, 2019. 160 с.
7. Гродзинський Д.М. Радиобіологія. Київ : Либідь, 2001, 448 с.
8. Греков В.О., Дацько Л.В., Майстренко М.І. Двадцять п'ять років після катастрофи на ЧАЕС: стан земель на забруднених територіях та перспективи їх реабілітації. Науковий збірник: Охорона родючості ґрунтів. Присвячений науково-практичній конференції «Реабілітація радіоактивно забруднених територій, як шлях оздоровлення навколишнього середовища. Підсумки 25 років». Випуск 7. 2011. С. 6–7.