

ДИНАМІКА ВМІСТУ ^{137}Cs ТА ^{90}Sr У ҐРУНТОВОМУ ПОКРИВІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛ.

А.М. Кирильчук, Р.П. Паламарчук

Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України» (м. Київ, Україна)

e-mail: angela.kyrylchuk@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3948-5810

e-mail: prp777@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5965-1305

У статті розглянуто результати моніторингу радіонуклідного забруднення ^{137}Cs та ^{90}Sr ґрунтів Житомирської обл. Узагальнені результати агрохімічної паспортизації сільськогосподарських угідь за 2006–2020 рр. досліджень (IX–XI тури). Для польових і лабораторних досліджень використано методики агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення та гамма-зйомок території і визначення питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr у зразках ґрунту. Встановлено, що у віддалений період після аварії, радіаційний стан території Житомирської обл. наразі стабілізувався і формується переважно під впливом довгоживучих радіонуклідів цезію-137 та стронцію-90. За час, що минув, після аварії лише за рахунок природного радіоактивного розпаду активність ізотопів ^{137}Cs та ^{90}Sr зменшилась приблизно вдвічі. Цьому сприяли природні процеси та здійснення заходів із запобігання винесенню радіонуклідів за межі зони відчуження. Найпоширеніші в зоні Полісся дерново-підзолисті ґрунти характеризуються високою сорбційною здатністю та слабкою міграцією по профілю ^{137}Cs . Встановлено, що кількість сільськогосподарських угідь, забруднених ^{137}Cs та ^{90}Sr зі щільністю забруднення $<5,0 \text{ Кі/км}^2$ і $<0,15 \text{ Кі/км}^2$ становить 99,9% й 99,5% відповідно, щільність забруднення ґрунтів угідь у розрізі обстежених районів ^{137}Cs варіювала від 0,07 до $3,41 \text{ Кі/км}^2$, а ^{90}Sr від 0,013 до $0,164 \text{ Кі/км}^2$, тобто ґрунти, згідно з чинним законодавством, вважаються умовно чистими. Виявлений прямий кореляційний зв'язок між показниками реакції ґрунтового розчину з забрудненням ^{137}Cs ($r=0,94$) та значний зв'язок із забрудненням ^{90}Sr ($r=0,69$). Між показниками щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений помірний кореляційний зв'язок ($r=0,40$). Наголошено, що використання земельного фонду Житомирської обл. потребує постійного контролю за станом ґрунтової родючості та забруднення радіонуклідами. Здійснення завдання можливе за умови постійно діючого ґрунтово-агрохімічного моніторингу, що здійснюється шляхом проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення.

Ключові слова: Житомирський регіон, ґрунтово-агрохімічний моніторинг, агрохімічна паспортизація, радіонуклідне забруднення.

ВСТУП

Ґрунт і його родючість є головним чинником, що забезпечує високопродуктивне успішне функціонування аграрних виробничих систем. Неможливо прагнути до сталого розвитку землеробства без глибоких знань про ґрунти, без розуміння того, що ґрунт — це основа життя не лише людей, а й усього живого на планеті [1].

Родючість ґрунтів завжди була в полі зору держави. Контроль за зміною показників родючості та забрудненням ґрунтів токсичними речовинами і радіонуклідами, раціональним використанням земель сіль-

ськогосподарського призначення в Житомирській обл. здійснює філія ДУ «Держґрунтохорона». Згідно з Указом Президента України від 2 грудня 1995 р. №1118/95 «Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення» паспортизації підлягають кожне поле, ділянка, незалежно від форм власності. Проводиться вона в обов'язковому порядку раз на п'ять років, а за зміни власника обстеження проводиться незалежно від попереднього строку. Агрохімічний паспорт містить повну агрохімічну і екологічну характеристику земельної ділянки. Крім того, в ньому виведена оцінка родючості ґрунтів

у балах, яка повинна слугувати основним показником при вартісній оцінці земель. Згодом у паспорті будуть відмічатися будь-які зміни показників родючості ґрунту, що сталися внаслідок господарювання, що зобов'язує землевласників (орендарів) зберігати і примножувати родючість ґрунту.

У зв'язку з аварією на Чорнобильській АЕС постала гостра необхідність радіаційного моніторингу для здійснення контролю за навколишнім середовищем, розробкою методів і заходів стабілізації обстановки на забруднених радіонуклідами територіях, створення безпечних умов для життя та праці людей [2].

Систематичне сільськогосподарське використання земельного фонду Житомирської обл. потребує постійного контролю за станом ґрунтової родючості, ступенем еродованості, реакцією та сольовим режимом ґрунтового середовища, а також рівнем забруднення важкими металами, радіонуклідами, пестицидами [3].

Виконання цього завдання можливе за умови постійно діючого ґрунтового-агрохімічного моніторингу, що здійснюється шляхом проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення, яка вирішує проблеми пов'язані з моніторингом родючості ґрунтів, забезпечує високоефективне застосування засобів хімізації, підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь та збереження довкілля.

Метою роботи був моніторинг вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у ґрунтах земель сільськогосподарського призначення Житомирської обл. впродовж 2006–2020 рр.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Чорнобильська катастрофа 1986 р. за масштабами викиду в довкілля радіоактивних речовин не має аналогів у світі та за міжнародною шкалою подій на АЕС, відповідає найвищому, сьомому рівню.

Для вирішення сільськогосподарських проблем, створених Чорнобильською катастрофою потрібно десятки, якщо не сотні років.

В Україні створена нормативно-правова база, що регулює весь комплекс післячорнобильських проблем. Верховна Рада України прийняла і ратифікувала велику кількість законів, постанов, резолюцій і угод, спрямованих на розв'язання найскладніших проблем мінімізації наслідків катастрофи і недопущення подібних аварій у майбутньому [4]. Серед прийнятих Верховною Радою України законів необхідно виділити Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи», який із метою радіаційного захисту населення визначає радіоактивне зонування забруднених територій [2].

Внаслідок радіоактивного розпаду, рівні забруднення ^{90}Sr і ^{137}Cs істотно зменшились. Однак, після проходження одного періоду напіврозпаду ^{137}Cs , у зоні відчуження зі щільністю забруднення ґрунту вище 1 Ки/км^2 (37 кБк/м^2), за попередніми оцінками, залишається близько 91% території. Впродовж усього періоду після аварії простежується зростання біодоступності ^{90}Sr внаслідок його вилуговування з паливних частинок, яка нині досягла свого максимального значення [5].

Наразі залишається актуальною інформація стосовно радіонуклідного забруднення ґрунту, прогнозування динаміки накопичення ^{137}Cs та ^{90}Sr у системі рослина–тваринницька продукція. Одним з інструментів контролю за рівнем радіоактивного забруднення сільськогосподарських угідь є моніторинг — комплексна система спостережень, збору, обробки, систематизації та аналізу інформації про стан навколишнього середовища, яка дає оцінку і прогнозує його зміни, розробляє обґрунтовані рекомендації для прийняття управлінських рішень.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводились у Житомирській філії ДУ «Держґрунтохорона» впродовж 2006–2020 рр. Робота є складовою тематичного плану і виконано згідно з науково-дослідною роботою на 2016–

2020 рр. за завданням «Дослідження якісного стану ґрунтів Житомирської області» (номер державної реєстрації 0116U000338).

При проведенні робіт із моніторингу ґрунтів, та еколого-агрохімічній паспортизації земель сільськогосподарського призначення використовувались такі методики: «Суцільний ґрунтово-агрохімічний моніторинг сільськогосподарських угідь України»; «Еколого-агрохімічна паспортизація полів та земельних ділянок»; «Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення» [6–8]. Дослідження здійснювались польовими, лабораторними та порівняльно-екологічними методами.

Польове агрохімічне обстеження земель сільськогосподарського призначення, відбір зразків та лабораторне дослідження зразків ґрунту про їх еколого-агрохімічний стан, виконувались згідно з існуючими ДСТУ та методиками. Ґрунтово-агрохімічні дослідження проводились відповідно до діючих ДСТУ та методичних вказівок:

- обстеження земель — ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб;
- вміст гумусу — ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини;
- визначення рН — ДСТУ ISO 10390:2007. Якість ґрунту. Визначення рН.

Ступінь забруднення ґрунтів ^{90}Sr визначали згідно «Методических указаний по определению содержания стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях».

Ступінь забруднення ґрунтів ^{137}Cs визначали згідно «Методики экстренного радиологического определения по гамма-излучению объемной и удельной активности радионуклидов цезия в воде, почве, продуктах питания, продуктах животноводства и растениеводства».

Зразки ґрунту відбирали на елементарній ділянці методом точкових проб. З точкових проб, для агрохімічного аналізу, формували збірну пробу ґрунту. Площа елементарної ділянки залежала від виду сільськогосподарських угідь, контурності території, строкатості ґрунтового покри-

ву та розміру земельної ділянки. На ріллі площа елементарної ділянки в середньому становила 8,1 га, на сіножатях і пасовищах — 13,5 га. Фахівцями Філії здійснено агрохімічне обстеження сільськогосподарських угідь по 277 об'єктах (господарствах, а у разі їх відсутності — сільських та селищних радах) 23 районів області (Андрушівський, Бердичівський, Любарський, Попільнянський, Ружинський, Чуднівський, Романівський, Житомирський, Коростишівський, Новоград-Волинський, Черняхівський, Баранівський, Хорошківський, Ємільчинський, Коростенський, Лугинський, Малинський, Народицький, Овруцький, Олевський, Радомишльський, Пулинський, Брусилівський).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Житомирська обл., площа якої сягає 29,8 тис км², розташована на північному заході України у двох ґрунтово-кліматичних зонах — Поліссі (північна частина області) і Лісостепу (південна частина області).

Земельний фонд області становить 2982,7 тис. га, з яких 1510,1 тис. га — сільськогосподарські угіддя. В розрізі адміністративних районів величина площ сільськогосподарських угідь варіює від 28,0 тис. га (Народицький р-н) до 110,3 тис. га (Новоград-Волинський р-н). Площа орних земель у структурі сільськогосподарських угідь області становить 1112,7 тис. га, або 73,7%, що свідчить про дуже високий ступінь розораності. В розрізі районів ступінь розораності сільськогосподарських угідь варіює від 42,3% (Волдарсько-Волинський р-н) до 91,3% (Попільнянський р-н).

Багаторічні насадження займають 23,4 тис. га (1,6%), під луками та пасовищами знаходиться 184,9 тис. га (12,2% угідь). Частка сіножатей та перелогів у структурі сільськогосподарських угідь становить 8,4 й 4,1% (126,9 тис. га і 62,2 тис. га відповідно). В розрізі районів найбільша кількість сіножатей у структурі сільськогосподарських угідь виявлена в Олевському р-ні — 15,2 тис. га (32,1%), перелогів у Малинському р-ні — 17,5 тис. га (33,0%).

Ґрунтовий покрив Житомирської обл., переважно, представлений дерново-підзолистими ґрунтами легкого гранулометричного складу, які характеризуються підвищеною кислотністю ґрунтового розчину, низькою природною родючістю та перезвоженими органогенними ґрунтами, що зумовлює високу рухомість радіонуклідів у агроценозах забруднених територій. Максимально забрудненими як за щільністю, так і за площею виявились сільськогосподарські угіддя, в т. ч. й рілля у розташованих поблизу Чорнобиля та Прип'яті Народицькому, Овруцькому, Лугинському, Олевському та Коростенському р-нах [9].

Суцільне радіологічне обстеження сільськогосподарських угідь Житомирської обл. було проведене лише один раз — у перші післяварійні роки (1986–1993 рр.). Серед обстежених 1,47 млн га сільськогосподарських угідь було виявлено 327 тис. га, де щільність забруднення ґрунту ^{137}Cs перевищувала 37 кБк/м², у т. ч. 42,7 тис. га мали щільність забруднення ^{137}Cs 185–555 кБк/м² (5,0–15,0 Кі/км²), 9,9 тис. га — понад 555 кБк/м². Із загальної площі ріллі, забрудненої радіоцезієм понад 37 кБк/м², 84,7% мали щільність забруднення від 37 до 185 кБк/м², 12,9% — від 185 до 555 кБк/м² та 2,5% — більше 555 кБк/м² [10].

Майже вся обстежена площа (92,6%) виявилася забрудненою ^{90}Sr зі щільністю понад 0,74 кБк/м² (0,02 Кі/км²), забруднення в межах 0,74–5,55 кБк/м² (0,02–0,15 Кі/км²) виявлено на площі 104,3 тис. га, зі щільністю забруднення понад 111 кБк/м² (3,0 Кі/км²) — 0,6 тис. га.

Подальші дослідження, що проводились за програмами агрохімічних обстежень та агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [9] не відповідали сучасним методичним вимогам радіологічних досліджень: відбираючи зразки не проводилась гамма-зйомка, усереднені проби формувалися зі значних площ (100 і більше га), що, з урахуванням строкатості радіоактивних випадів, унеможливило використання таких даних для статистично достовірної характеристики

сучасного стану забруднення ґрунтів радіонуклідами. Радіологічні обстеження угідь, що проводилися науково-дослідними установами з дотриманням усіх методичних вимог до таких робіт, носили фрагментарний характер та не охоплювали всієї забрудненої радіонуклідами території.

Наразі дані агрохімічної паспортизації є чи не єдиним джерелом отримання оперативної та періодично поновлюваної інформації щодо змін рівнів забруднення ґрунтів області радіонуклідами. За результатами XI туру (2016–2020 рр.) агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь показник щільності забруднення ^{137}Cs 99,9% усіх площ сільськогосподарських угідь Житомирської обл. знаходився на рівні менше 5,0 Кі/км² та в середньому становив 0,3 Кі/км². Щільність забруднення ґрунтів угідь у розрізі обстежених районів варіювала від 0,07 (Романівський та Пулинський р-ни) до 3,41 Кі/км² (Народицький р-н) (рис. 1). Згідно з чинним законодавством, землі, забруднені ^{137}Cs до 5,0 Кі/км², вважаються умовно чистими.

Порівняно з IX та X туром (2006–2010 та 2011–2015 рр.) агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь, у XI турі (2016–2020 рр.) істотно зменшилась кількість забруднених ^{137}Cs ґрунтів зі щільніс-

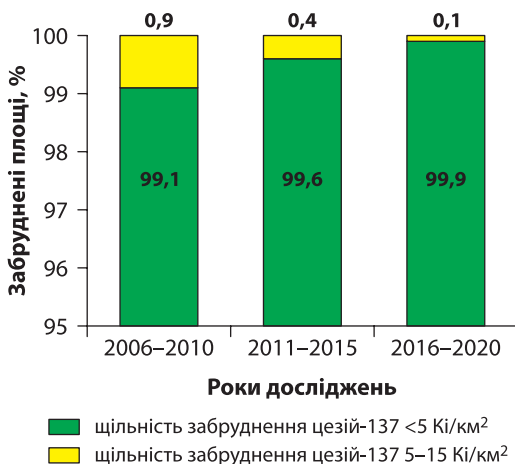


Рис. 1. Характеристика ґрунтів за щільністю забруднення сільськогосподарських угідь ^{137}Cs

тю забруднення 5,0–15,0 Ки/км², про що свідчить величина достовірності апроксимації ($R^2=0,98$).

За результатами ІХ туру агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь у дев'яти адміністративних районах виявлено угіддя, на яких щільність забруднення ґрунту ¹³⁷Cs перевищувала 37 кБк/м² (1,0 Ки/км²). Аналізуючи середні рівні щільності забруднення найвищими вони були в Народицькому (109 кБк/м², або 2,9 Ки/км²), Лугинському (72 кБк/м², або 1,9 Ки/км²), Коростенському (68 кБк/м², або 1,8 Ки/км²), Овруцькому (51 кБк/м², або 1,4 Ки/км²) та Олевському (45 кБк/м², або 1,2 Ки/км²) р-нах.

За результатами ХІ туру обстеження, середньозважений показник ¹³⁷Cs на території Народицького р-ну загалом становив 3,41 Ки/км² (у т. ч. рілля – 3,37, луки та пасовища – 4,05 Ки/км²), Коростенського – 1,35 Ки/км² (у т. ч. рілля – 1,32, луки і пасовища – 2,25 Ки/км²) та Лугинського – 1,02 Ки/км² (у т. ч. рілля – 1,00, луки і пасовища – 1,08 Ки/км²).

За результатами ХІ туру (2016–2020 рр.) агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь показник щільності забруднення ⁹⁰Sr 99,5% усіх площ сільськогосподарських угідь Житомирської обл.

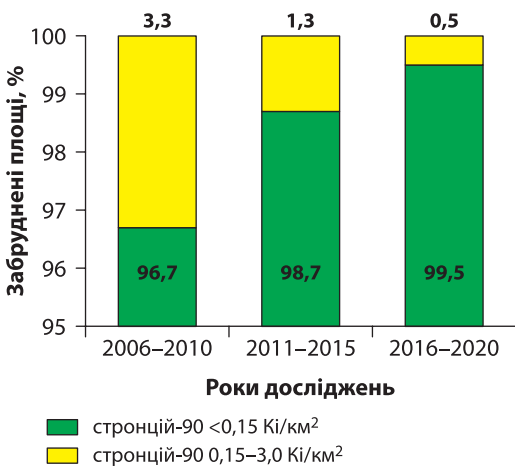


Рис. 2. Характеристика ґрунтів за щільністю забруднення сільськогосподарських угідь ⁹⁰Sr

знаходився на рівні менше 0,15 Ки/км² та в середньому становив 0,02 Ки/км², тобто ґрунти, згідно з чинним законодавством, вважаються умовно чистими (рис. 2). За результатами даних трьох турів (ІХ–ХІ тури) агрохімічного обстеження, які проводились упродовж 2006–2020 рр. встановлено, що кількість сільськогосподарських угідь забруднених ⁹⁰Sr зі щільністю забруднення від 0,15 до 3,0 Ки/км² знизилась у ХІ турі, порівняно до ІХ, на 2,8% ($R^2=0,94$).

Показник середньозваженої щільності забруднення ґрунтів угідь ⁹⁰Sr у розрізі обстежених районів варіював від 0,013 до 0,164 Ки/км². За результатами ХІ туру обстеження, в розрізі районів, найвища щільність забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ⁹⁰Sr виявлена на території Народицького, Овруцького та Лугинського р-нів. Середньозважений показник стронцію-90 на території Народицького р-ну загалом становив 0,164 Ки/км² (у т. ч. рілля – 0,161, луки і пасовища – 0,228 Ки/км²), Овруцького – 0,057 Ки/км² (у т. ч. рілля – 0,056, луки і пасовища – 0,089 Ки/км²) та Лугинського – 0,048 Ки/км² (у т. ч. рілля – 0,052, луки і пасовища – 0,034 Ки/км²).

У ґрунті радіоактивні елементи мігрують переважно двома способами: переміщенням у результаті господарської діяльності людини та фізико-хімічними властивостями ґрунту та ізотопами. Істотне значення в цьому процесі мають: форма сполук, у яких перебувають радіонукліди, наявність у ґрунті іонів, близьких за хімічними властивостями до радіоізотопів, рН середовища, кількість опадів та деякі ґрунтово-кліматичні умови [11].

Реакція ґрунтового розчину на міграцію радіонуклідів впливає по-різному. Для більшості з них, зокрема для ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr, за зростання кислотності знижується міцність закріплення в ґрунті, збільшується рухливість і надходження в рослини. Зі збільшенням вмісту в ґрунті карбонатів надходження ⁹⁰Sr з ґрунту в рослини знижується, а надходження ¹³⁷Cs зростає.

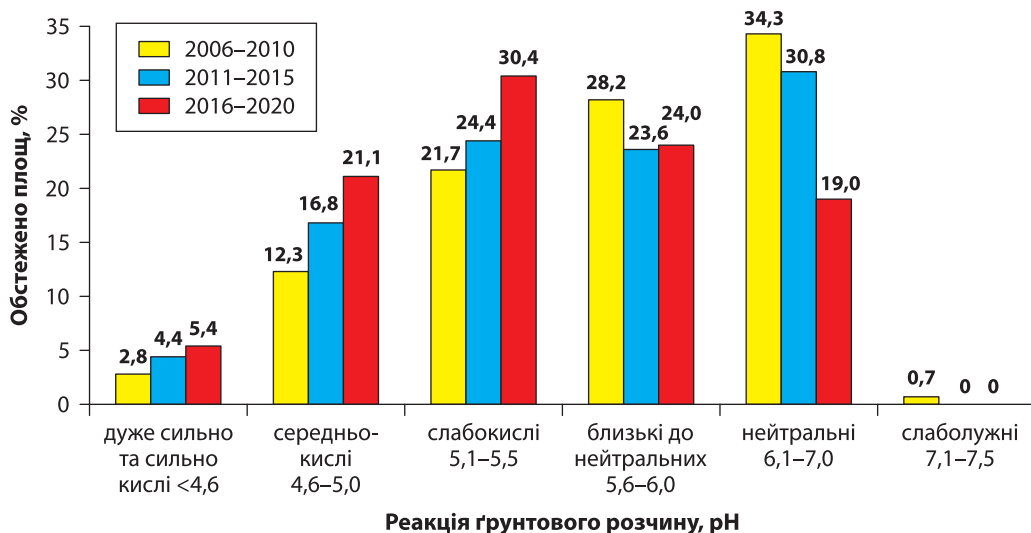


Рис. 3. Характеристика ґрунтів за показниками рН ґрунтового розчину

Внаслідок істотного зниження обсягів хімічної меліорації сільськогосподарських угідь області та використання переважно кислих азотних добрив, погіршується ситуація щодо підкислення та декальцинації ґрунтів. За результатами агрохімічного обстеження трьох турів досліджень (2006–2020 рр.) виявлена тенденція ($R^2=0,31$) до збільшення в області кількості сільськогосподарських угідь з кислою реакцією ґрунтового розчину (рис. 3). Так, за останні 15 років збільшилась кількість дуже сильно та сильнокислих ґрунтів, середньокислих та слабокислих відповідно на 2,6%; 8,8 і 8,7%. Разом із тим зменшилась частка угідь із близькою до нейтральної та нейтральною реакцією ґрунтового розчину на 4,2% і 15,3% відповідно.

Середньозважений показник рН ґрунтового розчину сільськогосподарських угідь Житомирської обл. знизився в XI турі агрохімічного обстеження порівняно з IX туром на 0,3 одиниці.

Гумус – важливе джерело елементів живлення для рослин, у якому міститься майже весь запас азоту, значна кількість фосфору і сірки, а також невелика кількість калію, кальцію та інших поживних речовин. Чим більше гумусу в ґрунті, тим кращий його поживний режим.

Органічна речовина бере участь в адсорбційних процесах, позитивно впливає на структуру ґрунту, її вологемкість, водото- повітропроникність, тепловий режим [12].

Аналізуючи дані лабораторних досліджень забезпеченості ґрунтів сільськогосподарських угідь Житомирської обл. гумусом, необхідно відмітити, що, порівняно з IX туром обстеження, в XI турі знизилась частка ґрунтів із дуже низьким і низьким умістом гумусу відповідно на 2,0% та 5,6% (рис. 4). Площі ґрунтів угідь із середнім та підвищеним умістом гумусу збільшились відповідно на 2,6% і 5,0%.

Трансформація ґрунтів угідь за класами забезпеченості гумусом відбувалась, як за рахунок переходу з одного класу в інший, так і за рахунок зміни обсягу обстежених площ сільськогосподарських угідь.

Аналізуючи результати XI туру агрохімічного обстеження, слід зазначити, що ґрунти угідь районів поліської частини області забезпечені гумусом дещо гірше ніж районів лісостепової частини. В районах поліської частини області кількість ґрунтів із дуже низьким та низьким умістом гумусу варіює відповідно від 0,6 до 21,0% і від 52,0 до 96,2% обстежених земель. Най-

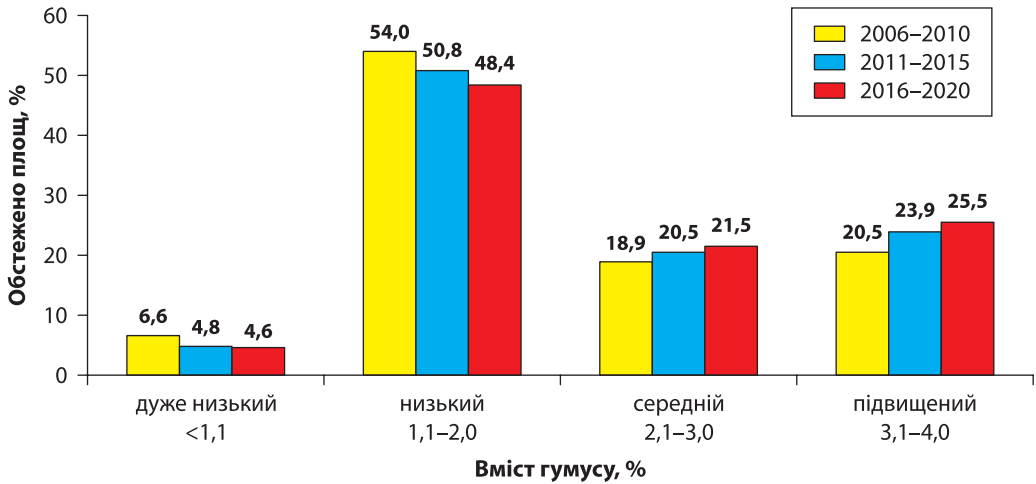


Рис. 4. Характеристика ґрунтів за вмістом гумусу

більше ґрунтів угідь із дуже низькою забезпеченістю гумусом виявлено в Радомишльському – 16,5% та Черняхівському – 21,0% р-нах, а з низькою забезпеченістю – в Народицькому та Олевському р-нах, де вони становлять відповідно 88,6% і 96,2% обстежених земель.

У районах лісостепової частини області забезпеченість ґрунтів гумусом дещо краща. Так, кількість ґрунтів із дуже низьким та низьким його вмістом варіює у межах 0,3–43,7% обстежених сільськогосподарських угідь. Найбільше ґрунтів угідь із середнім умістом гумусу зафіксовано у Попільнянському р-ні – 63,2%, а з підвищеним – у Ружинському, де він сягає 48,4% обстежених земель.

За результатами XI туру агрохімічного обстеження, середньозважена величина

вмісту гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь області становить 2,08%, що відповідає нижній межі середнього класу забезпеченості гумусом. Однак порівняно з IX туром агрохімічного обстеження цей показник підвищився на 0,16%.

Для визначення впливу факторів щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr , реакцією ґрунтового розчину та вмістом гумусу було проведено кореляційний аналіз (табл.). Розраховані коефіцієнти кореляції свідчать про наявність прямого зв'язку реакції ґрунтового розчину з забрудненням ^{137}Cs ($r=0,94$) та значного зв'язку з забрудненням ^{90}Sr ($r=0,69$). Між показниками щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений помірний кореляційний зв'язок ($r=0,40$),

Кореляційні зв'язки середньозважених показників рН ґрунтового розчину та вмісту гумусу в ґрунті між щільністю забруднення сільськогосподарських угідь ^{137}Cs і ^{90}Sr

	Вміст гумусу, %	Забруднення ^{137}Cs , Кі/км ²	Забруднення ^{90}Sr , Кі/км ²
Реакція ґрунтового розчину, рН	-0,97	0,94	0,69
Вміст гумусу, %		-1,00	-0,47
Забруднення ^{137}Cs , Кі/км ²			0,40

тобто змінні рухаються в одному напрямі, збільшення однієї змінної призводить до збільшення іншої.

Між показником уміст гумусу та щільністю забруднення радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений відповідно прямий та помірний обернений зв'язок, $r=-1,00$ та $-0,47$ відповідно, тобто змінні рухаються в протилежних напрямках, збільшення однієї змінної зумовлює до зменшення іншої.

Отже, на карбонатних ґрунтах надходження ^{90}Sr до рослин зменшується, що пояснюється необхідною фіксацією радіонукліда за високого рівня карбонатів, окрім того, стронцій і кальцій є хімічними аналогами. За надходження в рослини, як і в живий організм, між стронцієм і кальцієм можуть виникати певні конкурентні взаємовідносини і кальцій може виступати у ролі своєрідного дискримінатора, який обмежує надходження стронцію, зокрема і його радіоактивних ізотопів. Сорбція ^{90}Sr збільшується не тільки з підвищенням карбонатності ґрунту, тобто зі збільшенням у ньому вмісту аніонів CO_3^{2-} , але й зі зростанням концентрації аніонів PO_4^{3-} та SO_4^{2-} . Тому в ґрунтах із підвищеним умістом обмінних форм фосфору і сірки, особливо фосфору, спостерігається зниження переходу ^{90}Sr в рослини.

Збільшення в ґрунті вмісту обмінного калію знижує міграцію і надходження в рослини ^{137}Cs . По-перше, велика кількість калію в ґрунті замінює всі обмінні катіони ґрунту збільшуючи цим сорбцію та закріплення цезію. По-друге, між калієм і цезієм, як між хімічними аналогами, за надхо-

дження в рослини виникають конкурентні відношення, схожі з тими, що проявляються між кальцієм і стронцієм [11].

ВИСНОВКИ

За результатами агрохімічного обстеження 2006–2020 рр. та моніторингу вмісту радіонуклідів ^{137}Cs та ^{90}Sr у ґрунтах земель сільськогосподарського призначення Житомирської обл. встановлено, що кількість сільськогосподарських угідь забруднених ^{137}Cs та ^{90}Sr зі щільністю забруднення $<5,0 \text{ Ки/км}^2$ і $<0,15 \text{ Ки/км}^2$ становить 99,9% та 99,5% відповідно, тобто ґрунти, згідно з чинним законодавством, вважаються умовно чистими.

Щільність забруднення ґрунтів угідь у розрізі обстежених районів ^{137}Cs варіювала від 0,07 до 3,41 Ки/км^2 , а ^{90}Sr від 0,013 до 0,164 Ки/км^2 .

Виявлений прямий кореляційний зв'язок між показниками реакції ґрунтового розчину з забрудненням ^{137}Cs ($r=0,94$) та значний зв'язок із забрудненням ^{90}Sr ($r=0,69$). Між показниками щільності забруднення сільськогосподарських угідь радіонуклідами ^{137}Cs і ^{90}Sr виявлений помірний кореляційний зв'язок ($r=0,40$).

У результаті проведених агрохімічних обстежень встановлено, що всі обстежені площі сільськогосподарських угідь безпечні для ведення сільськогосподарського виробництва. З метою подальшого контролю міграції радіонуклідів доцільно продовжити проведення моніторингу вмісту радіонуклідів у ґрунтах земель сільськогосподарського призначення Житомирської обл.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агропромисловий комплекс України: стан та перспективи розвитку. Київ: ІАС УААН. 2011. 1040 с.
2. Клименко М.О., Клименко О.М., Клименко Л.В. Радіоекологія: підруч. Рівне: НУВГП, 2020. 304 с.
3. Паламарчук Р.П., Трембіцька О.І., Клименко Т.В. та ін. Радіологічний стан ґрунтів сільськогосподарських угідь Житомирської області. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 4. С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155813>
4. Зінь Е.А. Регіональна економіка: підруч. Київ: «ВД «Професіонал», 2007. 528 с.
5. Державне агентство України з управління зоною відчуження. Стратегія розвитку ЗВ на 2021–2030 роки. Розвитку території зони відчуження і зони безумовного (обов'язкового) відселення, що зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи на 2021–2030 роки. 55 с.
6. Збірник законодавчих і нормативно-правових аспектів у галузі охорони земель та відтворення

родючості ґрунтів, наукової діяльності. Київ: Ра-
дуга, 2007. 520 с.

7. Методика сущільного ґрунтово-агрохімічного мо-
ніторингу сільськогосподарських угідь України /
за ред. акад. О.О. Созінова, В.С. Простора. Київ,
1994. 162 с.

8. Методика проведення агрохімічної паспортиза-
ції земель сільськогосподарського призначення:
керівний нормативний документ / за ред. Яцу-
ка І.П., Балюка С.А. Київ, 2019. 108 с.

9. Атлас. Україна. Радиоактивне забруднення. Роз-
роблено ТОВ «Інтелектуальні системи ГЕО» на
замовлення Міністерства надзвичайних ситуацій
України. Київ, 2011. 52 с.

10. Надточій П.П., Малиновський А.С., Можар А.О.
Досвід подолання наслідків Чорнобильської ка-
тастрофи (сільське та лісове господарство) / за
ред. П.П. Надточія. Київ: Світ, 2003. 372 с.

11. Панас Р.М. Ґрунтознавство: навч. посіб. Львів:
«Новий Світ–2000», 2005. 372 с.

12. Вишневський Ф.О., Паламарчук Р.П., Довбиш Л.Л.,
Залевський Р.А. Динаміка вмісту гумусу в ґрун-
товому покриві орних земель Андрушівського
району Житомирської області. *Агроекологічний
журнал*. 2018. № 2. С. 44–49. DOI: [https://doi.
org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785](https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785)

REFERENCES

1. *Ahropromyslovyi kompleks Ukrainy: stan ta perspektyvy rozvytku [Agro-industrial complex of Ukraine: state and development prospects]*. (2011). Kyiv: IAS UAAN [in Ukrainian].
2. Klymenko, M.O., Klymenko, O.M. & Klymenko, L.V. (2020). *Radioekolohiia: pidruchnyk [Radioecology: a textbook]*. Rivne: NUVHP [in Ukrainian].
3. Palamarchuk, R., Trembitskaya O., Klimenko, T. et al. (2018). Radiolohichniy stan hruntiv silskohospodarskykh uhid Zhytomyrskoi oblasti [Radiological condition of agricultural land soils of Zhytomyr region]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 36–42. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155813> [in Ukrainian].
4. Zin, E.A. (2007). *Rehionalna ekonomika: pidruchnyk [Regional economy: textbook]*. Kyiv: «VD «Profesional» [in Ukrainian].
5. State Agency of Ukraine for Exclusion Zone Management. (2020). *Stratehiia rozvytku ZV na 2021–2030 roky. Rozvytku terytorii zony vidchuzhennia i zony bezumovnoho (oboviazkovoho) vidselennia, shcho zaznaly radioaktyvnoho zabrudnennia vnaslidok Chornobylskoi katastrofy na 2021–2030 roky [ZV development strategy for 2021–2030. The development of the territories of the exclusion zone and the zone of unconditional (mandatory) resettlement, which were exposed to radioactive contamination as a result of the Chernobyl disaster for the years 2021–2030]* [in Ukrainian].
6. *Zbimyk zakonodavchyykh i normatyvno — pravovykh aspektiv u haluzi okhorony zemel ta vidtvorennia rodiuchosti gruntiv, naukovoї diialnosti [Collection of legislative and normative legal aspects in the field of land protection and reproduction of soil fertility, scientific activity]*. (2007). Kyiv: Raduha [in Ukrainian].
7. Sozinov, O.O. & Prostor, V.S. (Eds.). (1994). *Metodyka sutsilnoho ґрунтово-агрохімічного мониторингу сільськогосподарських угідь України [Methodology of continuous soil and agrochemical monitoring of agricultural lands of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
8. Yatsuk, I.P. & Baliuk, S.A. (Eds.). (2019). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia: kerivnyi normatyvnyi dokument [Methodology for agrochemical certification of agricultural land: a regulatory document]*. Kyiv [in Ukrainian].
9. *Atlas. Ukraina. Radioaktyvne zabrudnennia. Rozrobлено TOV «Intelektualni systemy HEO» na zamovlennia Ministerstva nadzvychnaykh sytuatsii Ukrainy [Atlas. Ukraine. Radioactive pollution. It was developed by «Intellectual GEO Systems» LLC on the order of the Ministry of Emergency Situations of Ukraine]*. (2011). Kyiv [in Ukrainian].
10. Nadochii, P.P. (Ed.), Malynovskyi, A.S. & Mozhar, A.O. (2003). *Dosvid podolannia naslidkiv Chornobylskoi katastrofy (silke ta lisove hospodarstvo) [Experience of overcoming the consequences of the Chernobyl disaster (agriculture and forestry)]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
11. Panas, R.M. (2005). *Ґрунтознавство: navchalnyi posibnyk [Soil science: textbook]*. Lviv: «Novyi Svit–2000» [in Ukrainian].
12. Vyshnevskiy, F.O., Palamarchuk, R.P., Dovbysh, L.L. & Zalevskiy, R.A. (2018). Dynamika vmistu humusu v ґруntovomu pokryvi ornykh zemel Andrushivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti [Dynamics of humus content in the soil cover of arable lands of Andrushiv district, Zhytomyr region]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 44–49. DOI: [https://doi.
org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785](https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2018.15785) [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.09.2022