

СВИНЕЦЬ І КАДМІЙ У ГРУНТАХ ПРИРОДНИХ І АГРОЛАНДШАФТІВ ЖИТОМИРСЬКОГО ПОЛІССЯ

Встановлено особливості міграції Pb і Cd за профілем основних типів ґрунтів природних і агроландшафтів, визначено коефіцієнти концентрації міцнофіксованих форм полютантів у верхньому 0–20 см горизонті ґрунтового профілю. Встановлено, що пріоритетним забруднювачем ґрунтового покриву є свинець, вміст міцнофіксованих форм якого перевищує фон у 9–15 разів.

Постановка проблеми та аналіз останніх результатів досліджень

Внаслідок прогресуючого посилення антропогенного впливу на довкілля погіршення екологічної ситуації, що пов'язане зі зростанням концентрації полютантів у компонентах природних і штучних екосистем, спостерігається не лише на території великих мегаполісів та промислово розвинених регіонів, а й далеко за їх межами – в аграрних регіонах, зокрема й у Поліссі. Однак моніторингових досліджень щодо оцінки рівня забруднення важкими металами, насамперед свинцем і кадмієм, природних ландшафтів та агроекосистем у Житомирській області за останні 35–40 років практично не проводилося. Вивчення ж форм знаходження і міграції хімічних елементів у ґрунтах та питань особливостей вертикального розподілу валових і міцнофіксованих форм Pb і Cd за профілем ґрунту дасть змогу оцінити як загальний ступінь забруднення ґрунтового покриву природних і агроландшафтів, так і вірогідність накопичення полютантів фітоценозами.

Питанням забруднення важкими металами ґрунтового покриву присвячена численна кількість досліджень [11, 12, 28, 35 та ін.]. Наразі увага вчених зосереджена на вивченні питань екогеохімії ландшафтів у зонах агрогенезу (агроландшафти), техногенезу (гірничо – промислові ландшафти у місцях видобутку корисних копалин, промислові ландшафти) та урбогенезу (у міських агломераціях та мегаполісах) [1, 6, 20, 26, 33 та ін.]. Значна частка наукових праць присвячена безпосередньо особливостям міграції й акумуляції окремих хімічних елементів у ґрунтовому покриві України. Дослідження Ю.М. Дмитрука [8] присвячені особливостям профільного розподілу міді і цинку в ґрунтах Карпатського регіону, А.І. Мельника [16] – міграції й акумуляції важких металів у ґрунтах Чернігівської області, С.С. Руденка і С.С. Костишина – у ґрунтах слабкоурбанізованих та агроландшафтів Чернівецької області [14, 27]. Характер

розподілу Zn у ґрунтах Харківської області досліджено в роботі М.М. Мірошниченка та А.І. Фатєєва [22], особливості міграції й акумуляції важких металів у ґрунтах лучних і лісових ландшафтів заповідних територій – у роботах А.І. Самчука та Е.Я. Жовінського [2, 3], агроселітебних ландшафтів – Т.М. Мисливої і Л.О. Герасимчук [19, 21]. Досить активно проводяться дослідження щодо оцінки рівня забруднення важкими металами ґрунтового покриву територій, техногенно порушених внаслідок видобутку корисних копалин, насамперед, відкритим способом [1, 13, 33], ґрунтів у межах впливу звалищ твердих побутових відходів, смуг відчуження залізничних колій [16, 29].

Значно менша кількість досліджень присвячена питанням міграції й акумуляції у ґрунтовому профілі токсикантів, зокрема свинцю і кадмію. Оскільки ці елементи не є фізіологічно необхідними для рослин, в агроекологічних дослідженнях їм не приділялося належної уваги. Хоча в літературі наявна певна кількість відомостей щодо забруднення ґрунту свинцем [15] та кадмієм [23, 31], вони мають фрагментарний характер і переважно стосуються питань горизонтальної міграції Pb і Cd в умовах техногенно забруднених територій Донецько-Придніпровського регіону, а також агроландшафтів Лісостепу і Степу [7, 25, 30]. Зона ж Полісся залишилася поза увагою дослідників, хоча в окремих працях [34] вказується на хімічне забруднення її території Pb, що може призвести до проблем зі здоров'ям людей.

Мета і завдання досліджень

Зважаючи на наведене вище, нами було поставлено за мету визначити закономірності поширення валових і міцнофіксованих форм Pb і Cd у ґрунтах природних і агроландшафтів Житомирського Полісся, встановити особливості їх розподілу за генетичними горизонтами ґрунтового профілю для різних типів ґрунтів та оцінити рівень забруднення ґрунтового покриву природних і агроландшафтів на основі визначення геохімічних коефіцієнтів.

Об'єкти, методи та умови проведення досліджень

Дослідження ґрунтового покриву природних і агроландшафтів виконували впродовж 2003–2012 рр. у межах поліської частини Житомирської області на території Баранівського, Брусилівського, Володарсько-Волинського, Ємільчинського, Коростенського, Коростишівського, Лугинського, Малинського, Народицького, Новоград-Волинського, Овруцького, Олевського, Радомишльського, Червоноармійського та Черняхівського адміністративних районів. Зразки ґрунту відбирали згідно з вимогами методики [17] та ДСТУ ISO 10381-4:2005 (ISO 10381-4:2003, IDT); їх підготовка до проведення аналізу виконувалася згідно з вимогами методики [18] та ДСТУ ISO 11464:2007 (ISO 11464:2006, IDT). Екстрагування валових форм важких металів, що містяться у ґрунті, проводили концентрованою HNO_3 згідно з вимогами [18], а екстрагування міцнофіксованих форм важких металів – 1н HNO_3 . Визначення концентрації

хімічних елементів виконували за методом атомно-абсорбційної спектроскопії на приладі марки С 115–1М. Оцінку вмісту Pb і Cd у ґрунті здійснювали на основі визначення таких геохімічних коефіцієнтів, як коефіцієнт концентрації хімічного елемента (K_p) [30] та індекс насиченості ним ґрунту I_{el} [10]. Статистична обробка експериментальних даних була проведена з використанням пакета прикладних програм Microsoft Excel та Statistica 6.0.

Результати досліджень та їх обговорення

Свинець не належить до групи фізіологічно необхідних мікроелементів. Згідно з [24] за ступенем небезпечності для живих організмів його віднесено до першого (вищого) класу небезпеки. Природний вміст свинцю у ґрунтах успадковується від материнських порід і для ґрунтів України коливається в межах від 9 мг/100 г у піщаних відкладах до 90 мг/кг ґрунту в елювії–делювії. Середній вміст цього елемента у різних типах ґрунтів коливається від $0,37 \cdot 10^{-3}$ до $4,33 \cdot 10^{-3}$ % [12, 32]. Його валовий вміст у ґрунтах України в середньому становить 8–12 мг/кг ґрунту і коливається від 10,7 (Лісостеп) до 15,3 мг/кг (Степ), поступово зростаючи з північного заходу на південь. Низьким вмістом валових форм свинцю характеризуються ґрунти Криму – 10 мг/кг – і Полісся – 11,4 мг/кг [35]. У Лісостепу певне підвищення вмісту валового свинцю приурочене до солонцюватих ґрунтів Полтавської області, а в Донбасі – до залягання чорноземів звичайних. Найвищим вмістом свинцю характеризуються ґрунти Карпатської зони (Передкарпаття, Карпати й Закарпаття), де його кількість в окремих ґрунтах досягає 240 мг/кг ґрунту [8, 9]. Характер розподілу рухомих форм свинцю у ґрунтах України аналогічний до розподілу їх валових форм, а вміст зменшується від ґрунтів Полісся до ґрунтів Лісостепу, Степу і Криму [22].

Ґрунти Житомирського Полісся характеризуються відносно низьким вмістом валового свинцю, який коливається в середньому від 5 до 20 мг/кг, що обумовлено, насамперед, якісним складом ґрунтоутворюючих порід, легким гранулометричним складом ґрунту і низьким вмістом у ньому гумусу (табл. 1).

Таблиця 1. Вміст валових форм свинцю в окремих ґрунтових відмінах агроландшафтів Житомирського Полісся, 2003–2012 рр., шар ґрунту 0–20 см

Назва ґрунту	Обстежена площа, га	Інтервал вмісту елемента, мг/кг				
		2–5	5–10	10–15	15–20	20–30
<i>Ґрунти агроєкосистем</i>						
Дерново-слабопідзолистий піщаний на флювіогляціальних відкладах	45	$\frac{9,5}{21}$	$\frac{26,5}{59}$	$\frac{9,0}{20}$	–	–
Дерново-середньопідзолистий супіщаний на флювіогляціальних відкладах	80	$\frac{8,0}{10}$	$\frac{52,8}{66}$	$\frac{19,2}{24}$	–	–
Дерново-середньопідзолистий супіщаний на морені	60	–	$\frac{40,8}{68}$	$\frac{19,2}{32}$	–	–
Ясно-сірий опідзолений супіщаний на лесовидних суглинках	50	–	$\frac{12,5}{25}$	$\frac{31,5}{63}$	$\frac{6,0}{12}$	–
Сірий опідзолений крупнопилувато-легкосуглинковий на лесовидних суглинках	50	–	$\frac{9,0}{18}$	$\frac{33,5}{67}$	$\frac{7,5}{15}$	–
Темно-сірий опідзолений піщано-легкосуглинковий на лесовидних суглинках	40	–	–	$\frac{10,4}{26}$	$\frac{24,0}{60}$	$\frac{5,6}{14}$
Дерновий глибокий глейовий супіщаний на воднольодовикових відкладах	40	–	–	$\frac{5,2}{13}$	$\frac{27,2}{68}$	$\frac{7,6}{19}$
Лучний опідзолений суглинковий на безкарбонатних глинах	40	–	$\frac{3,2}{8}$	$\frac{23,2}{58}$	$\frac{7,6}{19}$	$\frac{6,0}{15}$
<i>Ґрунти природних екосистем</i>						
Торфувато-болотний ґрунт	30	$\frac{2,4}{8}$	$\frac{4,2}{14}$	$\frac{5,4}{18}$	$\frac{14,4}{48}$	$\frac{3,6}{12}$
Дерново-слабопідзолистий піщаний на флювіогляціальних відкладах	80	$\frac{18,4}{23}$	$\frac{50,4}{63}$	$\frac{11,2}{14}$	–	–
Дерново-слабопідзолистий піщаний на древньоалювіальних відкладах	70	$\frac{16,8}{24}$	$\frac{53,2}{76}$	–	–	–
Дерново-середньопідзолистий супіщаний на морені	50	–	$\frac{10,5}{21}$	$\frac{32,5}{65}$	$\frac{7,0}{14}$	–

Примітка: чисельник – га; знаменник – % від обстеженої площі.

Максимальним вмістом валового свинцю – 16–20 мг/кг –характеризуються темно-сірі опідзолені, дернові і лучні ґрунти (від 20 до 60 % обстеженої площі), а мінімальним – 5,3–5,8 мг/кг – дерново-підзолисті піщані, сформовані на бідних на свинець флювіогляціальних і древньоалювіальних відкладах (від 10 до 20 % обстеженої площі). Високі коефіцієнти варіації цього елемента (від 18 до 32 %) у ґрунтах як природних, так і агроecosystem свідчать про нерівномірність і мозаїчність його розподілу, що є причиною антропогенного привнесення в довкілля.

Щодо міцнофіксованих форм свинцю, то мінімальні їх концентрації характерні для ґрунтів легкого гранулометричного складу, насамперед, піщаних. Максимальну кількість міцнофіксованого свинцю вміщують дерново-підзолисті глейові та поверхнево оглеєні ґрунти, від 70 до 75 % обстежених площ яких мають вміст цього елемента на рівні понад 6 мг/кг. Встановлено також наявність середнього негативного кореляційного зв'язку ($r = - 0,68 \dots -0,73$) між вмістом у досліджуваних ґрунтах орних земель міцнофіксованих форм Pb і вмістом гумусу. Причиною цього, на наш погляд, є те, що Pb здатний утворювати комплексні сполуки з органічною речовиною ґрунту, внаслідок чого він стає тимчасово недоступним для рослин. Це положення підтверджують і дослідження інших авторів, якими встановлено спадаючий ряд елементів, здатних утворювати органо-мінеральні комплекси, який має вигляд: $Cu > Pb > Cd > Zn$ [5].

Свинець є забруднювачем ґрунтового покриву агроecosystem Житомирського Полісся, оскільки навіть мінімальні його концентрації в ґрунті кратні трьом фонам (табл. 2). Коефіцієнти його концентрації коливаються залежно від типу ґрунту від 6–11 у ґрунтах піщаного гранулометричного складу, підстелених елювієм масивно кристалічних порід, до 12–16 у глейових та ясно-сірих опідзолених ґрунтах.

Таблиця 2. Коефіцієнт концентрації K_c міцнофіксованих форм свинцю та індекс насиченості свинцем I_{Pb} окремих ґрунтових відмін агроландшафтів Житомирського Полісся, 2003–2012 рр., шар ґрунту 0–20 см

Назва ґрунту	Обстежена площа, га	K_c			Індекс насиченості ґрунту, I_{Pb}
		середнє значення між коливання	≤ 3	> 3	
1	2	3	4	5	6
Дерново-підзолистий глеюватий супіщаний	145	<u>10.63</u> 3,05–17,28	–	<u>*145</u> 100	<u>**3.26</u> 1,75–4,16
Дерново-підзолистий глеюватий легкосуглинковий	80	<u>12.75</u> 6,58–21,23	–	<u>80</u> 100	<u>3.57</u> 2,56–4,61
Дерново-підзолистий супіщаний глейовий	55	<u>14.73</u> 9,28–23–18	–	<u>55</u> 100	<u>3.84</u> 3,05–4,81
Дерново-підзолистий глейовий супіщаний осушений	70	<u>11.85</u> 7,25–18,70	–	<u>70</u> 100	<u>3.44</u> 2,69–4,32
Дерново-підзолистий глинисто-піщаний глейовий	90	<u>12.58</u> 8,50–14,83	–	<u>90</u> 100	<u>3.55</u> 2,92–3,85
Дерново-підзолистий неоглеєний глинисто – піщаний	80	<u>9.60</u> 1,98–13,0	<u>7.2</u> 9	<u>72.8</u> 91	<u>3.10</u> 1,41–3,61
Дерново-підзолистий глинисто-піщаний, підстелений елювієм масивно-кристалічних порід	80	<u>14.60</u> 8,83–23,0	–	<u>80</u> 100	<u>3.82</u> 2,97–4,80
Дерново-підзолистий супіщаний, підстелений елювієм масивно-кристалічних порід	90	<u>11.40</u> 4,63–14,80	-	<u>90</u> 100	<u>3.38</u> 2,15–3,85
Дерново-підзолистий піщаний, підстелений елювієм масивно-кристалічних порід	55	<u>9.08</u> 3,73–13,85	–	<u>55</u> 100	<u>3.01</u> 1,93–3,72
Дерново-підзолистий глеюватий глинисто-піщаний	90	<u>10.58</u> 6,80–16,28	–	<u>90</u> 100	<u>3.25</u> 2,61–4,03
Дерново-підзолистий глейовий глинисто-піщаний і супіщаний осушений	80	<u>15.35</u> 9,25–23,28	–	<u>80</u> 100	<u>3.92</u> 3,04–4,82
Дерново-підзолистий неоглеєний супіщаний	50	<u>6.30</u> 1,55–11,13	<u>5.5</u> 11	<u>44.5</u> 89	<u>2.51</u> 1,24–3,34
Дерново-підзолистий супіщаний поверхнево-глеюватий	80	<u>15.75</u> 9,78–25,45	–	<u>80</u> 100	<u>3.97</u> 3,13–5,04
Дерново-підзолистий неоглеєний піщаний	80	<u>11.55</u> 4,28–16,10	–	<u>80</u> 100	<u>3.40</u> 2,07–4,01
Дерново-підзолистий неоглеєний глинисто-піщаний	80	<u>8.28</u> 1,50–12,05	<u>14.4</u> 18	<u>65.6</u> 82	<u>2.88</u> 1,22–3,47
Ясно-сірий опідзолений глеюватий супіщаний	50	<u>15.83</u> 9,80–20,28	–	<u>50</u> 100	<u>3.98</u> 3,13–4,50
Ясно-сірий опідзолений легкосуглинковий	50	<u>15.05</u> 8,33–19,08	–	<u>50</u> 100	<u>3.88</u> 2,89–4,37

Примітка: *чисельник – га; знаменник – % від обстеженої площі; ** – чисельник – середнє значення показника, знаменник – межі коливання показника.

Не було зафіксовано наявності у ґрунтах свинцю в концентраціях, еквівалентних його фоновому вмісту, і лише від 10 до 20 % обстежених площ дерново-підзолистих неоглеєних глинисто-піщаних ґрунтів вміщували від 0,4 до 1,2 мг/кг ґрунту цього елемента. Про інтенсифікацію процесів акумуляції свинцю в орному шарі ґрунтів агроландшафтів свідчить і величина індексу насиченості ґрунту цим елементом, яка коливається від 2,5 до 3,9 і відповідає високому ступеню насичення. Оскільки валовий вміст свинцю як у ґрунтоутворюючих породах, так і у самих ґрунтах Полісся невисокий, природно припустити, що підвищений вміст його міцнофіксованих форм у ґрунтах орних земель зумовлений виключно антропогенезом. Джерелами надходження свинцю до екосистем є: викиди металургійних підприємств, автомобільний транспорт, осади промислових і побутових стічних вод, а також хімічні засоби захисту рослин (інсектициди), до складу яких він входить. Щодо Житомирського Полісся, то джерелом забруднення його ґрунтового покриву свинцем вірогідно можуть бути й постчорнобильські випадіння цього елемента, на що, зокрема, вказано й у роботі [34]. Слід зауважити, що під час моніторингових спостережень за екологічним станом ґрунтового покриву особливу увагу необхідно приділяти, насамперед, оцінці рівнів вмісту у ґрунті міцнофіксованих форм свинцю як найбільш вірогідних потенційних забруднювачів продукції агроценозів.

Характерною рисою Pb є його акумуляція у верхніх генетичних горизонтах, багатих на органічну речовину, та у верхній частині ілювіального горизонту, що пов'язано із вилуговуванням цього елемента у вигляді розчинних хелатних комплексів з органічними сполуками. Зазначена закономірність є результатом комплексної дії природних (біологічна акумуляція) і техногенних (привнесення як забруднювача) чинників. Тенденція до збільшення концентрації свинцю у верхньому гумусовому горизонті простежується й для сірих опідзолених ґрунтів. Вміст як валових, так і міцнофіксованих форм цього елемента підвищується від ясно-сірих до темно-сірих ґрунтів пропорційно до поважчання гранулометричного складу як материнської породи, так і самих ґрунтів, та збільшення вмісту у них органічної речовини. Дернові і болотні ґрунти також здатні накопичувати свинець у верхніх генетичних горизонтах, багатих на органічну речовину.

Основні ґрунтоутворюючі породи Полісся природно бідні на кадмій [20], особливо мало його вміщують флювіогляціальні і древньоалювіальні піщані відклади, а також продукти вивітрювання кристалічних порід. У зв'язку з цим і ґрунти Полісся характеризуються відносно низькими запасами валового кадмію, які коливаються в середньому від 0,14 до 56 мг/кг (табл. 3).

Таблиця 3. Вміст валових форм кадмію в окремих ґрунтових відмінах агроландшафтів Житомирського Полісся, 2003–2012 рр., шар ґрунту 0–20 см

Назва ґрунту	Обстежена площа, га	Інтервал вмісту елемента, мг/кг				
		0,10–0,20	0,20–0,40	0,40–0,60	0,60–0,80	0,80–1,0
Дерново-слабопідзолистий піщаний на флювіогляціальних відкладах	45	$\frac{35,1}{78}$	$\frac{9,9}{22}$	–	–	–
Дерново-середньопідзолистий супіщаний на флювіогляціальних відкладах	80	$\frac{29,6}{37}$	$\frac{50,4}{63}$	–	–	–
Дерново-середньопідзолистий супіщаний на морені	60	$\frac{10,2}{17}$	$\frac{35,4}{59}$	$\frac{14,4}{24}$	–	–
Ясно-сірий опідзолений супіщаний на лесовидних суглинках	50	–	$\frac{31,0}{62}$	$\frac{13,0}{26}$	$\frac{6,0}{12}$	–
Сірий опідзолений крупнопилувато-легкосуглинковий на лесовидних суглинках	50	–	$\frac{5,0}{10}$	$\frac{38,0}{76}$	$\frac{7,0}{14}$	–
Темно-сірий опідзолений піщано-легкосуглинковий на лесовидних суглинках	40	–	$\frac{2,4}{6}$	$\frac{31,2}{78}$	$\frac{6,4}{16}$	–
Дерновий глибокий глейовий супіщаний на воднольодовикових відкладах	40	–	$\frac{1,6}{4}$	$\frac{26,8}{67}$	$\frac{9,2}{23}$	$\frac{2,4}{6}$
Лучний опідзолений суглинковий на безкарбонатних глинах	40	–	$\frac{1,6}{4}$	$\frac{24,8}{62}$	$\frac{9,6}{24}$	$\frac{4,0}{10}$
<i>Ґрунти природних екосистем</i>						
Торфувато-болотний ґрунт	30	$\frac{3,3}{11}$	$\frac{4,2}{14}$	$\frac{19,8}{66}$	$\frac{2,7}{9}$	–
Дерново-слабопідзолистий піщаний на флювіогляціальних відкладах	80	$\frac{58,4}{73}$	$\frac{21,6}{27}$	–	–	–
Дерново-слабопідзолистий піщаний на древньоалювіальних відкладах	70	$\frac{55,3}{79}$	$\frac{14,7}{21}$	–	–	–
Дерново-середньопідзолистий супіщаний на морені	50	–	$\frac{34,5}{69}$	$\frac{15,5}{31}$	–	–

Примітка: чисельник – га; знаменник – % від обстеженої площі.

Максимальним вмістом міцнофіксованих форм кадмію характеризуються ґрунти більш важкого гранулометричного складу, багаті на органічну речовину, а також ті, що мають ознаки оглеєння. У ґрунтах природних екосистем вміст валового Cd нижчий, порівняно з ґрунтами агроекосистем, і в середньому становить від 0,2 до 0,4 мг/кг. В агроландшафтах від 20 до 80 % обстежених площ ґрунтів мають вміст цього елемента на рівні 0,4–0,6 мг/кг, а від 12 до 24 % – на рівні від 0,6 до 0,8 мг/кг. Найбіднішими на валовий кадмій є ґрунти, сформовані на флювіогляціальних і древньоалювіальних пісках (0,12–0,26 мг/кг). Оскільки на фіксацію кадмію в ґрунті впливають, насамперед, процеси його адсорбції на

глинистих частках, при поважчанні гранулометричного складу ґрунту чітко простежується тенденція до зростання вмісту в ньому валового кадмію до 0,8–1,0 мг/кг.

Кадмій, який потрапив у ґрунт, присутній у ньому, головним чином, у доступному для рослин стані, що має негативне екологічне значення. Рухома форма зумовлює порівняно високу міграційну здатність елемента в ландшафті і призводить до підвищеної забрудненості потоку речовин, що надходять із ґрунту в рослини. Щодо ґрунтового покриву агроландшафтів Житомирського Полісся, то мінімальний вміст міцнофіксованих форм кадмію, який становить 0,03–0,07 мг/кг, характерний для ґрунтів легкого гранулометричного складу, насамперед, піщаних, підстелених елювієм масивно-кристалічних порід. Максимальну кількість міцнофіксованих форм цього елемента накопичують дерново-підзолисті та ясно-сірі опідзолені супіщані глеюваті ґрунти, у 0–20 см шарі яких концентрується понад 0,2 мг/кг Cd. Кількість рухомих форм кадмію зростає зі збільшенням вмісту органічної речовини та поважчанням гранулометричного складу ґрунту. На переважно техногенну природу його походження в ґрунті вказують високі коефіцієнти варіації вмісту міцнофіксованих форм – 60–82 %, оскільки полютант завжди має більш високий ступінь варіювання у просторі, ніж педогенний елемент. Джерелами потрапляння кадмію в екосистеми є промислові викиди, осади промислових і побутових стічних вод, сільськогосподарська діяльність (застосування фосфорних мінеральних добрив, вапнякових матеріалів) та викиди автотранспорту (гума автомобільних шин і мастильні матеріали вміщують кадмій). Близько 80 % антропогенних викидів цього полютанта пов'язані з виробництвом міді, свинцю, цинку і кадмію; біля 45 % загального забруднення цим елементом припадає на виплавку кадмію з руд; 52 % кадмію надходить в атмосферу внаслідок спалювання чи переробки виробів, що його вміщують [4, 32]. Значні кількості кадмію можуть потрапляти у ґрунт при внесенні мінеральних добрив: вміст його у фосфорних добривах, залежно від місця походження фосфатної сировини, може коливатись від 0,76–0,77 г/т P₂O₅ (Росія) до 43–49 г/т P₂O₅ (Марокко) і навіть досягати 176–218 г/т P₂O₅ (Туніс) [12, 32].

Для ґрунтів природних і агроландшафтів Полісся кадмій не виступає як пріоритетний елемент – забруднювач, оскільки коефіцієнт його концентрації лише в окремих випадках досягає 1,1–1,3, в середньому коливаючись від 0,15 до 0,95 (табл. 4). Проте, зважаючи на те, що хімічні і фізико-хімічні властивості ґрунтів Полісся досить сприятливі для підвищеної міграції кадмію у системі «ґрунт–рослина» або «ґрунт–вода», навіть на малозабруднених ґрунтах можливе одержання забрудненої рослинницької продукції.

Міграція кадмію за профілем дерново-підзолистого ґрунту має чітко виражений елювіально-ілювіальний характер. Має місце збіднення на кадмій елювіальних горизонтів, із яких він інтенсивно вимивається у нижні ілювіальні горизонти. Відсоток міцнофіксованих форм кадмію від його валового вмісту у

дерново-підзолистих ґрунтах є найвищим серед усіх досліджуваних елементів і коливається від 24 до 40 %. Це вказує на можливість їх накопичення рослинними організмами навіть на незабруднених ґрунтах. Вміст валових і міцнофіксованих форм Cd зростає зі збільшенням вмісту у ґрунті фізичної глини і підвищується від піщаних до суглинкових ґрунтів. Збагачення на Cd верхнього гумусового горизонту пов'язане із його техногенно-антропогенним привнесенням та збідненням елювіального горизонту, із якого цей елемент інтенсивно вимивається у нижній ілювіальний горизонт. Для ясно-сірого опідзоленого ґрунту характерним є зниження вмісту кадмію в елювіально-гумусовому горизонті, та зростання його концентрації в напрямку до материнської породи.

Таблиця 4. Коефіцієнт концентрації K_c міцнофіксованих форм кадмію та індекс насиченості кадмієм $I_{r_{Cd}}$ окремих ґрунтових відмін агроландшафтів Житомирського Полісся, 2003–2012 рр., шар ґрунту 0–20 см

Назва ґрунту	Обстежена площа, га	K_c			Індекс насиченості ґрунту, $I_{r_{Cd}}$
		середнє значення межі коливання	≤ 1	> 1	
Дерново-підзолистий глеуватий супіщаний	145	$\frac{0,75}{0,10-0,90}$	$\frac{145}{100}$	–	$\frac{0,87}{0,32-0,95}$
Дерново-підзолистий глеуватий легкосуглинковий	80	$\frac{1,10}{0,30-1,80}$	$\frac{21,6}{27}$	$\frac{58,4}{73}$	$\frac{1,05}{0,55-1,34}$
Дерново-підзолистий супіщаний глейовий	55	$\frac{0,95}{0,45-1,70}$	$\frac{16,0}{73}$	$\frac{39,0}{27}$	$\frac{0,97}{0,67-1,30}$
Дерново-підзолистий глейовий супіщаний осушений	70	$\frac{0,85}{0,30-1,0}$	$\frac{70}{100}$	–	$\frac{0,92}{0,55-1,0}$
Дерново-підзолистий глинисто-піщаний глейовий	90	$\frac{0,90}{0,40-1,10}$	$\frac{81,9}{91}$	$\frac{8,1}{9}$	$\frac{0,95}{0,63-1,05}$
Дерново-підзолистий неоглеєний глинисто – піщаний	80	$\frac{0,65}{0,10-0,80}$	$\frac{80}{100}$	–	$\frac{0,81}{0,32-0,89}$
Дерново-підзолистий глинисто-піщаний, підстелений елювієм масивно-кристалічних порід	80	$\frac{0,35}{0,20-0,55}$	$\frac{80}{100}$	–	$\frac{0,59}{0,45-0,74}$
Дерново-підзолистий супіщаний, підстелений елювієм масивно-кристалічних порід	90	$\frac{0,25}{0,15-0,40}$	$\frac{90}{100}$	–	$\frac{0,50}{0,39-0,63}$
Дерново-підзолистий піщаний, підстелений елювієм масивно-кристалічних порід	55	$\frac{0,15}{0,10-0,25}$	$\frac{55}{100}$	–	$\frac{0,39}{0,32-0,50}$
Дерново-підзолистий глеуватий глинисто-піщаний	90	$\frac{0,85}{0,25-1,20}$	$\frac{69,3}{77}$	$\frac{20,7}{23}$	$\frac{0,92}{0,50-1,10}$
Дерново-підзолистий глейовий глинисто-піщаний осушений	80	$\frac{1,25}{0,30-1,90}$	$\frac{14,4}{18}$	$\frac{65,6}{82}$	$\frac{1,12}{0,55-1,38}$
Дерново-підзолистий неоглеєний супіщаний	50	$\frac{0,80}{0,55-1,15}$	$\frac{39,5}{79}$	$\frac{10,5}{21}$	$\frac{0,89}{0,74-1,07}$

Дерново-підзолистий супіщаний поверхнево-глеюватий	80	$\frac{1,0}{0,35-1,65}$	$\frac{53,6}{67}$	$\frac{26,4}{33}$	$\frac{1,0}{0,59-1,28}$
Дерново-підзолистий неоглеєний піщаний	80	$\frac{0,55}{0,30-0,85}$	$\frac{80}{100}$	–	$\frac{0,74}{0,55-0,92}$
Дерново-підзолистий неоглеєний глинисто-піщаний	80	$\frac{0,40}{0,20-0,60}$	$\frac{80}{100}$	–	$\frac{0,63}{0,45-0,77}$
Ясно-сірий опідзолений глеюватий супіщаний	50	$\frac{1,30}{0,75-1,95}$	$\frac{6,5}{13}$	$\frac{43,5}{87}$	$\frac{1,14}{0,87-1,40}$
Ясно-сірий опідзолений легкосуглинковий	50	$\frac{1,10}{0,75-1,70}$	$\frac{10,0}{5,0}$	$\frac{45,0}{90}$	$\frac{1,05}{0,87-1,30}$

Примітка: *чисельник – га; знаменник – % від обстеженої площі; ** – чисельник – середнє значення показника, знаменник – межі коливання показника.

Однак у сірому опідзоленому ґрунті ця тенденція вже не прослідковується, а характер міграції Cd за ґрунтовим профілем має чітко виражений радіальний характер. У темно-сірому опідзоленому ґрунті кадмій розподіляється рівномірно по всьому ґрунтовому профілю, дещо збільшуючись у материнській породі. Характер міграції валових і міцнофіксованих форм кадмію у дернових і болотних ґрунтах має чітко виражену радіальну спрямованість і зменшується від верхніх горизонтів до материнської породи.

Висновки

1. У ґрунтовому покриві природних і агроландшафтів Житомирського Полісся фіксується відносно низький вміст валових і міцнофіксованих форм кадмію і валових форм свинцю.
2. Для ґрунтів природних і агроландшафтів Cd не є забруднювачем, а коефіцієнт його концентрації в середньому коливається від 0,15 до 0,95. Характер міграції Cd за профілем дерново-підзолистих ґрунтів має чітко виражений елювіально-ілювіальний, сірих опідзолених – радіальний характер, а у темно-сірих опідзолених ґрунтах Cd розподіляється рівномірно по всьому ґрунтовому профілю.
3. Пріоритетним забруднювачем ґрунтового покриву в природних і агроландшатах є свинець, коефіцієнти концентрації міцнофіксованих форм якого коливаються залежно від типу ґрунту від 6–11 у ґрунтах піщаного гранулометричного складу, підстелених елювієм масивно кристалічних порід до 12–16 у дерново-підзолистих глейових та ясно-сірих опідзолених ґрунтах.
4. Характерною рисою Pb є його акумуляція у верхніх генетичних горизонтах, багатих на органічну речовину, та у верхній частині ілювіального горизонту, що пов'язано із вилуговуванням цього елемента у вигляді розчинних хелатних комплексів з органічними сполуками.

Література

1. Біогеохімічні показники ґрунтів у зоні впливу Костянтинівського свинцево-цинкового комбінату / *І. В. Кураєва, В. Й. Манічев, С. В. Олішевська* та ін. // *Мінерал. журн.* – 2009. – 31, № 1. – С. 58–62.
2. Важкі метали у ґрунтах заповідних зон України / *Е. Я. Жовінський, І. В. Кураєва, А. І. Самчук* та ін.; за ред. *Е. Я. Жовінського*. – К. : Логос, 2005. – 104 с.
3. Важкі метали у ґрунтах Поліського заповідника / [*Е. Я. Жовінський, А. І. Самчук, В. Й. Манічев, Г. В. Петріченко*] // *Мінерал. журн.* – 2004. – 26, № 2. – С. 47–53.
4. Ведення сільськогосподарського виробництва у приватному секторі в умовах посиленого антропогенного впливу на навколишнє середовище / *Т. М. Мислива, П. П. Надточій, Л. О. Герасимчук* та ін.; за ред. *Т. М. Мисливої*. – Житомир, 2011. – 50 с.
5. Влияние высоких концентраций тяжелых металлов на гумусное состояние и биологическую активность чернозема обыкновенного карбонатного / *О. С. Безуглова, В. Ф. Вальков, К. Ш. Казеев* и др. // *Известия высших учебных заведений. – Северо-Кавказский регион. Сер. Естественные науки.* – 1999. – №2. – С. 65–71.
6. *Вовк О. Б.* Особливості ґрунтового моніторингу в умовах міста (на прикладі м. Львова) / *О. Б. Вовк* // *Екологія та ноосферологія.* – 2007. – Т. 18, № 1–2. – С. 57–63.
7. Геохімічні особливості розподілу важких металів у ґрунтах і рослинах балочного рельєфу лісостепової зони (на прикладі Полтавської області) / *В. О. Стадник, А. І. Самчук, Б. О. Батієвський* [та ін.] // *Мінерал. журн.* – 2004. – 26, № 2. – С. 54–60.
8. *Дмитрук Ю. М.* Геохімічні особливості ґрунтів агроландшафтів Передкарпаття / *Ю. М. Дмитрук* // *Вісн. аграрн. науки.* – 2005. – № 5. – С. 51–55.
9. *Дмитрук Ю. М.* До питання методики геохімічної характеристики ґрунтового покриву екосистем / *Ю. М. Дмитрук* // *Агроєколог. журн.* – 2004. – № 4. – С. 56–63.
10. *Дмитрук Ю. М.* Оцінка вмісту нікелю в ґрунтах Покутсько-Буковинських Карпат на основі геохімічних коефіцієнтів / *Ю. М. Дмитрук* // *Ґрунтознавство.* – 2003. – Т. 4. – № 1–2. – С. 78–83.
11. *Жовинский Э. Я.* Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины / *Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева.* – К. : Наук. думка, 2002. – 214 с.
12. *Кабата-Пендиас А.* Микроэлементы в почвах и растениях; пер. с англ. / *А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас.* – М.: Мир, 1989. – 439 с.
13. *Козловський В. І.* Важкі метали в екосистемах техногенно порушених територій Яворівського родовища сірки (Передкарпаття) / *В. І. Козловський* // *Наук. зап. Держ. природознав. музею.* – 2009. – Вип. 25. – С. 99–110.

14. *Костишин С. С.* Природний та антропогенно трансформований рівень рухомих форм важких металів та алюмінію в ґрунтах різних природних зон Чернівецької області України / *С. С. Костишин, С. С. Руденко, Т. В. Морозова* // *Наук. вісн. Чернівецьк. ун-ту Серія: Біологія.* – 2001. – Вип. 126. – С. 70–84.
15. *Макаренко Н. А.* Рухомість свинцю у різних типах ґрунтів України під впливом природних та антропогенних чинників / *Н. А. Макаренко, І. В. Паращенко* // *Агроеколог. журн.* – 2007. – №3. – С. 34–39.
16. *Мельник А. І.* Моніторинг вмісту важких металів у ґрунтах Чернігівської області / *А. І. Мельник, Г. О. Усманова* // *Агроекологічн. журн.* – 2008. – Спец. вип. – С. 178–181.
17. *Методика суцільного ґрунтового агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / за ред. О. О. Созінова, Б. С. Прістера.* – К., 1994. – 162 с.
18. *Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства.* – М. : ЦИНАО, 1991. – 58 с.
19. *Мислива Т. М.* Важкі метали в урбаноземах агроселітебних ландшафтів південно-західної частини м. Житомира / *Т. М. Мислива, Л. О. Герасимчук* // *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України.* – Сер. Агрономія. – 2011. – Вип. 162, ч. 1. – С. 155–165.
20. *Мислива Т. М.* Важкі метали у ґрунтах агроландшафтів Житомирського Полісся / *Т. М. Мислива, В. А. Трембіцький* // *Агроеколог. журн.* – 2009. – №4. – С. 30–35.
21. *Мислива Т. М.* Особливості накопичення важких металів в урбаноземах м. Житомир / *Т. М. Мислива* // *м-ли міжнар. наук.-практ. конф. [Сучасне ґрунтознавство: наукові проблеми та методологія викладання], (Київ, 29–30 травня 2012 р.) / Кабінет Міністрів України [та ін.].* – Київ, 2012. – С. 183–189.
22. *Мірошниченко М. М.* Агрогеохімія мікроелементів у ґрунтах України / *М. М. Мірошниченко, А. І. Фатєєв* / *Агрохімія і ґрунтознавство: міжвід. темат. наук. зб. – спец. вип. – кн. 1.* – Житомир: Рута, 2010. – С. 98–107.
23. *Мірошниченко М. М.* Рухомість кадмію у ґрунтах і його транслокація до рослин / *М. М. Мірошниченко, А. І. Фатєєв, Д. О. Семенов* // *Науковий вісник Чернівецького ун-ту.* – 2005. – Вип. 257. – С. 112–117.
24. *Охрана природы. Почвы. Общие требования к классификации почв по влиянию на них химических загрязняющих веществ: ГОСТ 17.4.3.06–86 [Чинний від 1986-10-03].* – Госстандарт СССР, 1986. – [Електронний ресурс]: Режим доступу: www.vsesnip.com/Data1/8/8934/index.htm.

25. *Параняк Р. П.* Шляхи надходження важких металів в довкілля та їх вплив на живі організми / *Р. П. Параняк, Л. П. Васильцева, Х. І. Макух* // Біологія тварин. – 2007. – Т. 9, № 3. – С. 83–89.
 26. Природный комплекс большого города (ландшафтно-экологический анализ) / *Э. Г. Коломыйц, О. В. Глебова, В. П. Юнина* и др. – М.: Наука, 2000. – 286 с.
 27. *Руденко С. С.* Порівняльний аналіз забруднення агроландшафтів Чернівецької області важкими металами та алюмінієм / *С. С. Руденко, С. С. Костишин, Т. В. Морозова* // Екологія та ноосферологія. – 2003. – Т. 14, № 3–4. – С. 73–78.
 28. *Самчук А. І.* Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу / *А. І. Самчук, І. В. Кураєва, О. С. Єгоров.* – К.: Наук. думка, 2006. – 108 с.
 29. *Семенов А. Д.* Забруднення важкими металами ґрунту і рослин у смугах відчуження залізничних колій / *А. Д. Семенов, В. П. Сахно, В. М. Мартиненко* // Агроекол. журн. – 2008. – № 3. – С. 50–53.
 30. *Семенов Д. О.* Рухомі форми кадмію у ґрунтах Лісостепу та Степу України / *Д. О. Семенов* // Вісник ХНАУ. – 2008. – № 2. – С. 126–129.
 31. *Семенов Д. О.* Рухомість кадмію у системі ґрунт-рослина / *Д. О. Семенов* // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 9. – С. 73–75.
 32. *Соколов О. А.* Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Кн. 1. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / *О. А. Соколов, В. А. Черников.* – Пущино : ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – 164 с.
 33. *Трунова О. І.* Екологічна оцінка стану забруднення ґрунтів району відвалу фосфогіпсу ВАТ «Суміхімпром» важкими металами / *І. О. Трунова* // Вісн. Сум. держ. ун-ту. – Сер. Техн. науки. – 2006. – № 5. – С. 135–138.
 34. Тяжелые металлы в почве Украины / [*И. М. Трахтенберг, В. М. Шестопалов, М. В. Набока, О. А. Бобылева*] // Здоровье Украины. – 1999. – № 9. – С. 29.
 35. *Фатєєв А. І.* Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / *А. І. Фатєєв, Я. В. Пащенко.* – Харків, 2003. – 72 с.
-
-