
АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

УДК 631.95:550.424

ФОНОВИЙ УМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ЯК ЕКОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ҐРУНТІВ ЛІСОСТЕПУ

Т.М. Єгорова

Інститут агроекології і природокористування НААН

Висвітлено актуальність фонових величин вмісту важких металів у ґрунтах для виконання агроекологічних завдань. Наведено результати статистичного аналізу розподілу Ва, Рв, Сr, Мп, Ni, Мо, V, Си, Zn, Sr, Со у ґрунтах зональних ландшафтів Лісостепу України. Викладено визначальні чинники природної міграції хімічних елементів у ландшафтах орних земель з ґрунтами опідзоленими і чорноземами типовими. Показано відповідність між особливостями природних ґрунтоутворювальних процесів та фоновим вмістом важких металів у ґрунтах геохімічних ландшафтів кислого кальцієвого і кальцієвого класів міграції. Запропоновано застосовувати фоновий вміст важких металів у ґрунтах зональних ландшафтів України у регіональній системі агроекологічного нормування та вибору території для вирощування органічної сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: важкі метали, ґрунти, фоновий вміст, Лісостеп, агроекологічне нормування.

На території агроґрунтової зони Лісостепу, що займає третину загальної площі України, орні землі становлять 65%. Необхідність застосування фонових вмісту важких металів у ґрунтах орних земель України як екологічного показника стану навколишнього природного середовища широко висвітлюється у нормативних документах і наукових дослідженнях [1–4].

Фоновий вміст важких металів є кількісною основою оцінки забруднення ґрунту і наступної його ремедіації, визначення асоціацій хімічних елементів техногенного забруднення, кількісних розрахунків коефіцієнтів концентрації і сумарного показника забруднення для визначення ступеня техногенного забруднення земель, а також надання землям статусу таких, що придатні для вирощування органічної продукції [2]. Відповідно до Держстандартів України та керівних нормативних документів, фоновий вміст важких металів у валовій формі (та його співвідношення із кларками і гранично допустимими концентраціями) вве-

дено до системи еталонів родючості ґрунтів і аналізу матеріалів ґрунтово-агрохімічного моніторингу для обстеження полів, призначених для вирощування екологічно чистого врожаю [1]. Просторова диференціація фонових вмісту важких металів для ґрунтів різних ландшафтів має вагомим значенням для безпосереднього регулювання і управління ландшафтами, які проголошені Європейською ландшафтною конвенцією [4].

Незважаючи на важливість фонових оцінок вмісту важких металів, на практиці під час екологічних досліджень в Україні їх замінюють адміністративно встановленими гранично допустимими концентраціями або іншими показниками. Аналіз розрахованих автором фонових оцінок вмісту важких металів у ґрунтах геохімічних ландшафтів зони Лісостепу свідчить про їх інформативність для агроекологічної оцінки сільськогосподарських територій та виконання широкого кола супутніх завдань.

Дослідження фонових вмісту важких металів у ґрунтах мають три визначальних взаємопов'язаних аспекти: розуміння поняття «фоновий вміст», інформативність вихідних

© Т.М. Єгорова, 2014

аналітичних даних і принципи статистичних розрахунків. До вирішення кожного із цих питань немає уніфікованого підходу.

Поняття «фоновий вміст» у ґрунтах та інших компонентах довкілля набуло теоретичного обґрунтування у фундаментальних працях з геохімії ландшафтів як розподіл хімічних елементів у компонентах ландшафтів, який відображає напрям процесів їхньої міграції [5]. Екологічну значущість геохімічного фону для дослідження сучасних ландшафтів також висвітлено в низці робіт [7–9]. Спільним підходом до розуміння «фоновому вмісту» є природна ландшафтна однорідність території за умовами геохімічної міграції за відсутності або незначного техногенного впливу.

Для визначення фоновому вмісту важких металів у ґрунтах та інших компонентах довкілля існує три основних підходи: обстеження пробних ділянок за межами зон техногенного забруднення, дослідження заповідних і рекреаційних територій, регіональний ландшафтно-геохімічний аналіз [3, 10]. Два перших підходи зазвичай не враховують природні ландшафтні чинники впливу на фонові оцінки, що обмежує можливість їх використання суто на локальному рівні. Оцінки фоновому вмісту важких металів на основі регіонального ландшафтно-геохімічного аналізу розроблялись впродовж останніх 10 років автором, а також геохіміками ДП «Українська геологічна компанія» у межах Міжнародного проекту GEMAS [7, 10].

За фоновий вміст хімічних елементів допускається приймати як середньостатистичні величини, так і медіану або моду статистичних вибірок розподілу вмісту хімічних елементів у ґрунтах, водах, гірських породах [2, 7, 11]. Слід підкреслити, що однорідність природно-техногенних чинників формування ландшафтів розглядається як визначальна основа під час формування статистичних вибірок [7, 10].

Щодо екологічного і санітарно-гігієнічного нормування вмісту важких металів у ґрунтах України, більшість фахівців визнають часткову інформативність ГДК важких металів як просторово уніфікованої нор-

ми для вирощування екологічно безпечної сільгосппродукції [3, 6, 11].

Досі вивченню складних питань диференціації природних і техногенних процесів у агроландшафтах України не приділялося необхідної уваги. Тому фоновий вміст важких металів у різних природних типах ґрунтів в умовах їх сільськогосподарського використання не висвітлено в практиці агроекологічного аналізу.

Метою наведених досліджень була оцінка фоновому вмісту важких металів у ґрунтах орних земель зональних агроландшафтів Лісостепу України із урахуванням їх природної основи.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Наші дослідження побудовано на матеріалах регіонального вивчення валового вмісту хімічних елементів у ґрунтового покриві України, проведеного впродовж 1989–1992 рр. Державним геологічним підприємством «Північгеологія» (за участю автора), та створеної на їх основі бази даних «Екологія – 2000» [7, 10]. Для оцінки фоновому вмісту важких металів у ґрунтах Лісостепу України вибрано локальні геохімічні агроландшафти орних земель, кожний з яких характеризується однорідним за типом та класом геохімічної міграції ґрунтовым покривом, генетично однорідними ґрунтоутворними породами, однорідним природним рослинним угрупованням в умовах антропогенних змін фізико-хімічної якості ґрунтів менше 30% (орні землі, сіножаті і пасовища, рекреаційні зони). На території Лісостепу України таких локальних геохімічних ландшафтів (ЛГЛ) нами охарактеризовано 14.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Статистичний аналіз поширення важких металів у досліджуваних ландшафтах включав формування варіаційних вибірок нормального або логнормального закону розподілу, визначення середньостатистичних величин (X) як фонових рівнів для ґрунтів ландшафту, розрахунки довірчих інтервалів коливань фонових показників (t), коефіцієнтів варіації (V) та інших статистичних параметрів (табл. 1).

Таблиця 1

Статистичні оцінки фонового вмісту важких металів у ґрунтах орних земель ландшафтів кислого кальцієвого (H^+ - Ca^{2+}) і кальцієвого (Ca^{2+}) класів міграції зони Лісостепу України

Агроґрунтові провінції	Статистичні оцінки вмісту важких металів у ґрунтах ландшафтів: X, мг/кг (верхня цифра); t, мг/кг (середня цифра); V, % (нижня цифра)										
	Ba	Pb	Cr	Mn	Ni	Mo	V	Cu	Zn	Sr	Co
Ландшафти кислого кальцієвого (H^+-Ca^{2+}) класу міграції											
ЛГЛ 15 (n=72). Опідзолені ґрунти на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці дубових лісів											
Лісостеп Західний	396,6	20,1	70,5	746,2	26,2	1,3	59,2	14,8	74,7	109,2	10,2
	23,2	1,4	7,5	40,6	2,0	0,1	4,8	4,3	6,8	15,3	0,7
	23,6	28,2	38,0	22,3	26,1	35,4	36,9	32,6	32,6	33,5	31,3
ЛГЛ 13 (n=26). Опідзолені ґрунти переважно на лесах і лесованих суглинках; терасові лесові плоско-хвилясті рівнини; дубові і дубово-грабові ліси та орні землі на їх місці											
Лісостеп Правобережний високий	369,4	20,0	79,8	747,7	25,7	1,3	58,7	30,9	77,4	98,3	10,1
	59,9	2,2	21,4	91,6	3,3	0,1	8,1	12,6	13,0	22,6	1,6
	35,3	25,1	60,2	31,9	33,7	30,2	35,8	40,8	32,3	37,0	40,9
ЛГЛ 17 (n=38). Опідзолені ґрунти переважно на лесах і лесованих суглинках; терасові лесові плоско-хвилясті рівнини; орні землі на місці соснових та грабово-дубових лісів											
Лісостеп Правобережний високий	360,3	18,6	67,7	717,1	25,4	1,2	54,9	35,7	69,5	106,2	9,3
	49,0	2,9	13,4	66,8	3,2	0,1	8,5	8,7	6,4	19,5	1,2
	42,8	33,9	43,3	29,3	40,0	27,5	48,5	35,3	26,7	42,3	42,3
ЛГЛ 19 (n=24). Опідзолені ґрунти на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці лугових степів та степових лук											
Лісостеп Правобережний високий	415,8	16,8	67,2	576,5	24,2	1,3	51,2	26,5	67,3	31,3	8,1
	68,1	1,9	16,8	85,2	3,4	0,1	8,9	4,1	14,1	38,9	2,0
	40,9	26,9	53,1	34,6	35,0	27,9	43,3	30,2	41,1	42,6	52,5
ЛГЛ 20 (n=15). Опідзолені і дернові опідзолені ґрунти на лесах і лесованих суглинках; заплави річок; орні землі на місці лугових степів та степових лук											
Лісостеп Правобережний високий	342,0	16,8	72,9	642,7	21,0	1,1	57,4	27,5	67,3	109,3	8,2
	91,7	2,4	19,8	111,4	11,8	0,2	15,1	4,4	10,0	35,9	2,2
	53,0	28,8	53,8	34,2	85,6	32,6	51,9	28,0	29,4	43,3	53,9
ЛГЛ 21 (n=20). Опідзолені ґрунти переважно на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці різнотрав'яно-злакових лук											
Лісостеп Лівобережний високий	308,3	18,8	63,1	641,0	22,7	1,2	52,2	28,1	71,8	89,4	7,9
	70,6	3,5	8,9	59,8	4,6	0,2	10,1	5,4	9,8	10,1	1,7
	46,2	42,4	32,2	21,3	46,4	35,0	44,0	34,5	27,4	25,7	48,0
Ландшафти кальцієвого (Ca^{2+}) класу міграції											
ЛГЛ 27 (n=42). Чорноземи реградовані на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці дубових лісів, лугових степів та степових лук											

Продовження таблиці 1

Лісостеп Правобережний високий	372,5	18,6	85,3	652,4	28,5	1,3	61,6	28,8	81,5	113,2	9,5
	37,0	1,2	8,9	45,2	2,8	0,1	6,0	3,6	3,5	12,7	0,9
	31,4	19,4	32,9	22,9	30,8	28,6	30,6	30,9	14,2	37,2	32,9
ЛГЛ 29 (n=24). Чорноземи типові переважно на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; дубово-грабові ліси та орні землі на їх місці											
Лісостеп Правобережний високий	373,8	19,9	63,0	685,4	26,3	1,3	58,4	36,9	97,9	103,6	9,5
	70,9	3,8	13,1	100,1	4,6	0,2	11,1	18,4	24,5	28,3	1,9
	47,4	43,6	40,3	36,5	43,9	38,7	47,7	42,2	40,8	49,0	50,8
ЛГЛ 30 (n=26). Чорноземи типові на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці дубових та дубово-грабових лісів											
Лісостеп Правобережний високий	365,9	22,4	65,0	702,3	21,9	1,1	52,8	27,8	68,4	122,4	8,3
	51,5	4,9	6,1	47,9	2,9	0,1	6,3	4,0	6,8	24,8	0,9
	34,9	29,3	24,4	17,8	34,9	32,0	29,5	29,9	25,2	40,9	28,8
ЛГЛ 32 (n=55). Чорноземи типові на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці лугових степів та степових лук											
Лісостеп Правобережний високий	366,0	20,4	86,5	655,9	26,9	1,3	60,1	27,2	80,3	118,0	9,5
	41,8	1,9	9,4	38,6	2,0	0,1	4,0	2,1	4,9	11,2	0,7
	40,2	29,2	31,3	20,6	28,8	34,4	24,9	26,4	21,6	36,1	29,3
ЛГЛ 37 (n=18). Чорноземи типові на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці різнотрав'яно-злакових лук											
Лісостеп Правобережний високий	321,1	15,0	59,8	560,6	17,5	0,9	40,6	27,2	75,3	118,3	5,9
	83,5	3,3	16,2	95,1	3,7	0,2	7,4	14,3	26,4	23,7	1,1
	56,3	47,7	58,6	32,2	45,8	40,0	39,7	89,1	37,9	36,3	40,5
ЛГЛ 34 (n=46). Чорноземи типові на лесах і лесованих суглинках; терасові лесові плоско-хвилясті рівнини; орні землі на місці лугових степів та степових лук											
Лісостеп Лівобережний низький	288,0	16,1	47,7	520,5	16,7	0,9	40,8	28,8	69,8	95,0	5,5
	45,2	2,5	7,5	79,7	2,7	0,1	5,4	6,0	10,0	11,9	0,8
	54,4	39,7	45,1	47,5	55,0	47,3	46,0	31,1	30,6	35,8	42,3
ЛГЛ 44 (n=20). Чорноземи типові вилужені на лесах і лесованих суглинках; лесові розчленовані підвищення; орні землі на місці дубових лісів											
Лісостеп Лівобережний високий	311,6	18,3	67,4	624,0	20,2	1,1	54,7	29,4	81,7	103,9	7,3
	66,7	2,5	17,7	72,8	3,6	0,2	10,5	5,8	11,9	17,5	1,4
	44,5	31,1	53,9	26,6	41,1	35,5	43,8	33,8	33,2	38,4	45,1
ЛГЛ 46 (n=14). Чорноземи типові вилужені на лесах і лесованих суглинках; терасові лесові плоско-хвилясті рівнини; орні землі на місці лугових степів та степових лук											
Лісостеп Лівобережний високий	235,0	14,1	50,0	563,5	15,2	0,9	42,0	20,4	57,5	84,6	5,2
	58,5	2,1	13,5	145,3	6,0	0,2	12,9	2,4	8,5	24,7	2,5
	47,5	28,2	51,6	36,5	65,1	50,7	58,5	22,5	28,1	42,8	74,9

Отримані результати свідчать про певні коливання фонового вмісту важких металів як у ґрунтах опідзолених (сірих і темно-сірих), так і чорноземах типових для ландшафтів зони Лісостепу із різними геоморфологічними умовами і природними рослинними угрупованнями. Екологічну інформативність отриманих величин фонового вмісту важких металів оцінено за еколого-геохімічними коефіцієнтами, які дають змогу висвітлити особливості ландшафтних процесів міграції важких металів, а саме, кларками концентрації (КК) і коефіцієнтами концентрації (Кк). Ці коефіцієнти є загальноприйнятими кількісними параметрами для аналізу співвідношень із певними екологічними нормами (наприклад ГДК), а також напряду процесів міграції хімічних елементів — концентрації (КК і Кк > 1,0) і розсіювання (КК і Кк < 1,0) [4, 6, 9, 10]. Зважаючи на динамічні особливості розподілу і збалансування хімічних елементів у геохімічних ландшафтах, процеси міграції та відповідність екологічним нормам ранжовано за трьома категоріями: збалансованим станом та відповідністю екологічним нормам фонового вмісту важких металів при КК і Кк від 0,5 до 1,5; інтенсивним розсіюванням при КК і Кк менше 0,5; інтенсивною концентрацією при КК і Кк понад 1,5. Кларки концентрації розраховано відносно кларків ґрунтів Світу за (Bowen, 1979) та кларків ґрунтів Європи [11, 12]; коефіцієнти концентрації — до ГДК [1] та статистичних оцінок регіонального фону для орних земель України [8], що були здобуті шляхом напівкількісного спектрального і рентген-флуоресцентного аналізів у рамках міжнародного проекту з геохімічного картування сільськогосподарських земель Європи впродовж 2009–2011 рр. (табл. 2, 3).

Міграція хімічних елементів у ландшафтах Лісостепу має біогенний і механічний характер, обумовлений біогенною концентрацією поживних елементів і механічним розсіюванням хімічних елементів, у т.ч. важких металів, із поверхневим стоком та в процесі опідзолювання. Поширення прісних і солонцюватих природних вод гід-

рокарбонатного кальцієвого і магнеєвого типів із рН 6–8,5 не сприяє формуванню контрастних фізико-хімічних ландшафтних бар'єрів. Літолого-стратиграфічна однорідність ґрунтоутворювальних порід, якими є еолово-делювіальні і елювіальні леси і лесовані суглинки (ed, e I-III), обумовлює геохімічну спорідненість ґрунтів ландшафтів. У ґрунтовому поглинальному комплексі легкорухомі фульвокислоти переважають у світло-сірих і сірих опідзолених ґрунтах ($S_{гк} : S_{фк} = 0,6–0,9$) і поступаються гуміновим кислотам у всіх підтипах чорноземів типових ($S_{гк} : S_{фк} = 1,1–2,0$), що значною мірою сприяє інтенсивності процесів природної біогенної концентрації. Просторові особливості природної і природно-техногенної міграції важких металів на території Лісостепу зумовлено кислим кальцієвим (H^+Ca^{2+}) і кальцієвим (Ca^{2+}) класами геохімічних ландшафтів, за незначної площі ландшафтів кислих кальцієвих глейових (H^+Ca^{2+}, Fe^{2+}) класів.

За класифікацією О.І. Перельмана [5], ландшафти кислого кальцієвого класу зумовлено поширенням підтипів опідзолених ґрунтів, що характеризуються біогенним накопиченням гумусу і вилуговуванням карбонатних сполук; ландшафти кальцієвого класу — поширенням чорноземів, у т.ч. типових і реградованих, для яких характерне зниження рухомості на лужному фізико-хімічному бар'єрі, що може сформуватися на ділянках підвищеного вмісту карбонатів, Ва, Рb, Ni, Cu, Zn, Sr, Со тощо.

Величини кларків концентрації для розрахованих нами фонових оцінок для ґрунтів орних земель ландшафтів Лісостепу свідчать про переважання тут збалансованого геохімічного стану та відповідність екологічним нормам фонового вмісту важких металів (табл. 2). Поширення у кальцієвих ландшафтах слабкого лужного фізико-хімічного бар'єра проявляється системним збільшенням верхніх величин КК у ґрунтах цих ландшафтів Рb, Ni, Cr, Zn, Sr.

Відповідність фонових оцінок (КК = 0,5–1,5) кларкам ґрунтів Європи більша порівняно з кларками ґрунтів Світу,

Таблиця 2

Кларки концентрації фонового вмісту важких металів у ґрунтах орних земель ландшафтів Лісостепу України (відносно кларків ґрунтів)

Класи геохімічних ландшафтів	Кларки концентрації фонового вмісту важких металів у ґрунтах ландшафтів відносно кларків ґрунтів Світу (над ризикою) і Європи (під ризикою)										
	Ba	Pb	Cr	Mn	Ni	Mo	V	Cu	Zn	Sr	Co
Кислий кальцевий (H ⁺ -Ca ²⁺)	0,6-0,8 0,8-1,1	1,4-1,7 0,8-0,9	0,9-1,1 1,0-1,3	0,6-0,7 1,1-1,3	0,4-0,5 1,0-1,3	1,0-1,1 1,1-1,3	0,6-0,7 0,7-0,8	0,5-1,5 1,1-3,3	0,7-0,9 1,1-1,2	0,1-0,4 0,3-1,1	1,0-1,3 1,0-1,3
Кальцевий (Ca ²⁺)	0,5-0,7 0,6-1,0	1,2-1,9 0,7-1,0	0,7-1,2 0,8-1,4	0,5-0,7 0,9-1,2	0,3-0,6 0,8-1,4	0,7-1,1 0,9-1,3	0,5-0,7 0,6-0,9	0,7-1,2 1,5-2,7	0,6-1,1 0,9-1,6	0,3-0,5 0,9-1,3	0,7-1,2 0,7-1,3
Кларки ґрунтів, мг/кг											
Ґрунти Світу [12]	500	12	70	1000	50	1,2	90	30	90	250	8
Ґрунти Європи [10]	375	21,5	63,5	597	20	1	70	13,5	62	97	7,6

Таблиця 3

Коефіцієнти концентрації фонового вмісту важких металів у ґрунтах орних земель ландшафтів Лісостепу України (відносно ГДК і регіональних норм)

Класи геохімічних ландшафтів	Коефіцієнти концентрації фонового вмісту важких металів у ґрунтах ландшафтів відносно ГДК (над ризикою) і орних земель України (під ризикою)										
	Ba	Pb	Cr	Mn	Ni	Mo	V	Cu	Zn	Sr	
Кислий кальцевий (H ⁺ -Ca ²⁺)	н.д.* 0,8-1,1	0,8-1,0 1,0-1,2	0,6-0,8 0,8-1,1	0,4-0,5 0,9-1,2	0,8-1,0 0,8-1,0	н.д. 0,7-0,8	0,3-0,4 0,7-0,9	н.д. 1,0-2,5	0,8-0,9 1,3-1,5	н.д. 0,3-1,1	
Кальцевий (Ca ²⁺)	н.д. 0,6-1,0	0,7-1,1 0,8-1,3	0,5-0,9 0,6-1,2	0,3-0,5 0,8-1,1	0,6-1,1 0,6-1,1	н.д. 0,5-0,8	0,3-0,4 0,6-0,9	н.д. 1,4-2,5	0,7-1,2 1,1-1,9	н.д. 0,9-1,2	
Регіональні норми, мг/кг											
ГДК ґрунтів [1]	н.д.	20	100	1500	25	н.д.	150	н.д.	85	н.д.	
Середній вміст у ґрунтах орних земель України [10]	376	17,3	74,7	628,3	26,1	1,6	68,8	14,5	50,7	98,1	

Примітка: * н.д. – немає даних.

і становить відповідно: 90–91 і 86% для ґрунтів ландшафтів кислого кальцієвого класу і так само для ґрунтів ландшафтів кальцієвого класу. Процеси інтенсивного розсіювання ($KK < 0,5$) фіксуються за порівняння фонових оцінок із світовими кларками і визначають уміст Sr у кислих кальцієвих ландшафтах (9% КК) і вміст Sr, Ni — у кальцієвих (10% КК). Зафіксовано істотні перевищення вмісту Cu у ґрунтах Лісостепу України порівняно із кларками Європи ($KK = 2,0-2,7$) та середніми оцінками для орних земель України ($KK = 1,8-2,5$).

Такі закономірності природних процесів у ґрунтах ландшафтів Лісостепу повною мірою відповідають рівням коефіцієнтів концентрації (табл. 3). 98% розрахованих фонових значень важких металів — нижче від ГДК, і лише 2% неістотно їх перевищують ($KK = 1,1-1,2$). Співвідношення фонових величин для ландшафтів Лісостепу із середніми оцінками вмісту важких металів у ґрунтах орних земель України свідчить про їх високу спорідненість. Відповідність середнім оцінкам для ґрунтів орних земель України ($KK = 0,5-1,5$) характеризує 100% таких величин для ландшафтів обох класів міграції; 91% фонових величин — нижчі, ніж середні для орних земель, і лише 9% — незначно перевищують ($KK = 1,1-1,4$).

ВИСНОВКИ

Природні особливості розподілу важких металів та процесів їхньої міграції у ґрунтах Лісостепу України відображують розраховані автором фонові величини вмісту Ba, Pb, Cr, Mn, Ni, Mo, V, Cu, Zn, Sr, Co для зональних геохімічних ландшафтів з певними ґрунтово-рослинними і геолого-геоморфологічними характеристиками для території орних земель. Розрахунки еколого-геохімічних коефіцієнтів та їх аналіз засвідчили про переважання відносної динамічної збалансованості між процесами розсіювання і концентрації важких металів у ландшафтах кислого кальцієвого і кальцієвого класів за незначної концентрації цих металів на ландшафтних бар'єрах лужного типу. Це підтверджує ін-

формативність вибраних нами ландшафтів і отриманих оцінок вмісту важких металів як природного фону для орних земель Лісостепу. Практичним застосуванням здобутих результатів є використання фонових вмісту важких металів для розрахунків сумарного забруднення, агрохімічного контролю і моніторингу ґрунтів у відповідних ландшафтах. Результати досліджень мають започаткувати регіональну систему екологічного нормування стану агроландшафтів, ремедіації територій та агрохімічного обґрунтування для вирощування органічної продукції на території Лісостепу України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Методика суцільного ґрунтово-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / За ред. О.О. Созінова, Б.С. Прістера. — К.: КНД, 1994. — 160 с.
2. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. ДСТУ 4362:2004. — К., 2006. — 12 с.
3. Геохимия окружающей среды / [Ю.Е. Саев, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др.]. — М.: Недра, 1990. — 335 с.
4. Європейська ландшафтна конвенція (Флоренція, 20 жовтня 2000 р.). ETS No. 176 / Ратифіковано Законом України № 2831-IV (2831-15) від 07.09.2005. — 5 с.
5. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафтов / А.И. Перельман, Н.С. Касимов. — М.: Астрей, 2000. — 763 с.
6. *Морозова И.А.* «Горячие точки» отечественного эколого-геохимического картирования и картографирования / И.А. Морозова, Н.Н. Москаленко // Прикладная геохимия. Экологическая геохимия. — М.: ИМГРЭ, 2001. — Вып. 2. — С. 99–107.
7. *Єгорова Т.М.* До питання про геохімічний та екологічний фон у геологічних дослідженнях України / Т.М. Єгорова, Л.С. Галецький // Геологічний журнал НАН України. — 2003. — № 3. — С. 78–81.
8. *Atanassov I.* Background values for heavy metals, PAHs and PCBs in the soils of Bulgaria / I. Atanassov, K. Terytze, A. Atanassov // Assessment of the Quality of Contaminated Soils and Sites in Central and Eastern European Countries (CEEC) and New Independent States (NIS). — Sofia: GorexPress, 2002. — P. 83–103.
9. Background contents of heavy metals and Arsenic in the parent soil forming rocks in Bulgaria / S. Kuikin, I. Atanassov, J. Christova, D. Christov // Assessment of the Quality of Contaminated Soils and Sites in Central and Eastern European Countries (CEEC) and New Independent States (NIS). — Sofia: GorexPress, 2002. — P. 121–130.

10. Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проекту з геохімічного картування сільськогосподарських та пасовищних земель Європи (GEMAS) / В.Р. Клос, М. Бірке, Е.Я. Жовинський та ін. // Пошукова та екологічна геохімія. К.: ІГФМ. — № 1. — 2012. — С. 51–67.
11. *Медведев В.В.* Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи / В.В. Медведев. — Х.: Антика, 2002. — 428 с.
12. *Bowen H.J.M.* Environment Chemistry of the Elements. / H.J.M. Bowen. — London — New-York — Toronto — Sydney — San-Francisco: Academic Press, 1979. — 250 p.

УДК 631.4 : 631.47: 631.459КП

ОЦІНЮВАННЯ ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Т.Л. Кучма, О.В. Сиротенко

Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто питання екологічної оптимізації структури сільськогосподарських ландшафтів та систем землекористування з використанням ландшафтних метрик (індексів різноманіття), отриманих за даними дистанційного зондування Землі, для розв'язання актуальної проблеми відтворення ландшафтного та біологічного різноманіття внаслідок інтенсифікації сільськогосподарської діяльності. Окрім екологічної та соціальної користі, екосистеми з високим ступенем різноманіття можуть виявляти більшу стійкість та продуктивність порівняно з нижчим, що позитивно впливатиме також на економічну складову. Застосування даних ДЗЗ для визначення ландшафтних індексів дає змогу об'єктивно та оперативно оцінювати ландшафтне різноманіття, а також створювати оптимальні моделі агроландшафтів та системи землекористування.

Ключові слова: дистанційне зондування Землі, ландшафтне різноманіття, ландшафтні метрики.

Серед основних цілей сталого сільськогосподарства є досягнення екологічно оптимальної структури землекористування з урахуванням ландшафтної та потенційної перспектив. Функції екосистем залежать від просторового контексту, в т.ч. від структури ландшафту. Відомо, що ландшафтне різноманіття, в структуру якого входять ділянки з природною рослинністю, знижує негативний вплив сільськогосподарської діяльності на навколишнє природне середовище [1]. Тому структурна неоднорідність ландшафту має вирішальне значення для стабільності агроекосистем [2], а також їх рентабельності, що було продемонстровано у дослідженнях зв'язку між продуктивніс-

тю сільськогосподарських культур та ландшафтним різноманіттям [3, 4].

Важливим аспектом ландшафтної організації є правило необхідного різноманіття, що повторює загальний системний закон, за якого існування і функція будь-якої системи можливі тільки у разі співіснування взаємодіючих, різнорідних, але взаємодоповняльних елементів. Ландшафт підпорядковується також загальному правилу причинно-наслідкових зв'язків. Зміна будь-якого компонента екосистеми спричиняє зміну усіх інших компонентів та екосистеми загалом. Стійкість ландшафту полягає у його здатності зберігати свою інваріантну структуру і функції під впливом зовнішніх чинників, у т.ч. природних та антропогенних. Таким чином, для ведення сталого

© Т.Л. Кучма, О.В. Сиротенко, 2014