

УДК 911.53

І.В. Кураєва¹, І.В. Рога², Л.Ю. Сорокіна², О.Г. Голубцов²**ОЦІНКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА УМОВ ЇХ МІГРАЦІЇ
В АГРОЛАНДШАФТАХ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ****І.В. Кураєва¹, І.В. Рога², Л.Ю. Сорокіна², А.Г. Голубцов²****ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И УСЛОВИЙ ИХ МИГРАЦИИ В АГРОЛАНДШАФТАХ ТЕРНОПОЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**¹Інститут геохімії, мінералогії та рудообрання НАН України, Київ²Інститут географії НАН України, Київ

Изложена методика исследования содержания тяжелых металлов в ландшафтах. На основе предложенной методики проанализированы особенности техногенного воздействия на агроландшафты Тернопольской области. На примере репрезентативных ключевых участков рассмотрены содержание тяжелых металлов в почвах и ландшафтные предпосылки их миграции.

Ключевые слова: тяжелые металлы, агроландшафты, миграция тяжелых металлов.

I. Kuraeva¹, I. Roga², L. Sorokina², O. Holubtsov²**ESTIMATE OF HEAVY METALS CONTENT AND CONDITIONS OF THEIR MIGRATION WITHIN TERNOPIL REGION AGRICULTURAL LANDSCAPES**¹Institute of geochemistry, mineralogy and ore formation National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv²Institute of Geography, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv

Methodology of heavy metals content content in landscapes has been presented. Based on the presented methodology the character of technogenic impact on agricultural landscapes in Ternopil region have been analyzed. Heavy metals content in the soil along with landscape based preconditions for their migration have been reviewed using representative key areas as an example.

Keywords: heavy metals; agricultural landscapes; migration of heavy metals.

Основним джерелом привнесення хімічних елементів у ландшафтні комплекси та залучення їх у міграційні потоки є природні процеси – вивітрювання гірських порід, ґрунтоутворення [10, 28], значний вплив мають також кліматичні та біотичні процеси [8]. Важливу роль відіграє й техногенна діяльність, що може спричинювати надходження в ландшафти поллютантів, зокрема важких металів, у кількостях, токсичних та небезпечних для живих організмів. Особливу увагу за цих умов доцільно приділяти вивченню забруднення земель сільськогосподарського призначення.

Метою цього дослідження є визначення вмісту важких металів у агроландшафтах, що знаходяться у межах зон впливу техногенних об'єктів, а також аналіз умов їх латеральної міграції в ґрунтах.

Об'єкт дослідження – ландшафтні комплекси Тернопільської області, переважно сільськогосподарського призначення, що розташовані у межах зон впливу великих промислових підприємств (Чортківський цукровий завод, Чортківський м'ясокомбінат, Марилівський спиртзавод) та промислових і комунальних підприємств м. Тернопіль.

Наявний досвід досліджень поведінки забруднювачів у навколишньому природному середовищі багатогранний і різноманітний [7, 8, 9, 10, 11, 18, 27 та ін.]. Встановлено, що трансформація важких металів та інших речовин залежить від ряду чинників: складу, властивостей і динаміки потоків техногенних сполук; ландшафтно-структури території; геохімічних параметрів ландшафтних

комплексів; антропогенних змін ландшафтів та сучасної структури природокористування, особливостей територіального розміщення джерел забруднення [12, 22].

Рівень забруднення ґрунтів важкими металами зменшується при віддаленні від джерела викидів, досягаючи фонового вмісту на відстані від 10-15 км до 30-40 км [19]. Зона впливу великих міст, а також міських агломерацій в середньому перевищує в 40-50 разів їх власні радіуси [3]. Забруднення сільськогосподарських угідь важкими металами в основному відбувається за рахунок атмосферних викидів промислових підприємств, автотранспорту, в тому числі сільськогосподарської техніки, а також внаслідок застосування мінеральних добрив і отрутохімікатів [12, 18].

Антропогенізація ландшафтних комплексів внаслідок впливу сільськогосподарської діяльності пов'язана з застосуванням різноманітних засобів хімізації – стандартизованих (азотних, фосфорних, калійних, комплексних, мікродобрив) та нестандартизованих (стічних вод, компосту з побутових відходів), мінеральних та органічних добрив; з агротехнічним обробітком землі, застосуванням гідро- та інших видів меліорації [5, 22].

Методи дослідження. При визначенні рівня забруднення важкими металами агроугідь Тернопільської області, що виконано на прикладі репрезентативних ключових ділянок, при розташуванні точок відбору проб ґрунтів враховано особливості ландшафтно-геохімічної структури

тури території. Як правило, пробовідбір здійснювався по ландшафтно-геохімічній катені. Зразки ґрунтів відібрано з верхнього гумусного горизонту методом “конверту”. Лабораторно-аналітичні дослідження вмісту важких металів у ґрунтових зразках проводились атомно-абсорбційним методом на спектрометрі СТЕ-2. Нами встановлено валовий вміст важких елементів у ґрунтах, що є доцільним і достатнім для загальної геоecологічної характеристики їх стану і вивчення потенційної небезпечності досліджуваних хімічних елементів та сполук для агроландшафтів [13]. Пріоритетність визначення валового вмісту полягає в тому, що ця форма перебування важких металів є більш небезпечною, адже рухомі форми виносяться за межі території Західного Поділля, враховуючи сприятливу для цього міграційну структуру, тоді як геохімічно нерухомі чи малорухомі елементи становлять загрозу в разі їх накопичення та зростання концентрації.

У наукових працях, присвячених проблемам забруднення навколишнього природного середовища, термін “важкі метали” має широке застосування, однак його тлумачення різне. Так, у роботі [4] зазначено, що в технічній літературі важкими називають метали щільністю понад 5 г/см^3 , або ж важкими металами є елементи з масою атомів вище 40 атомних одиниць. Традиційно в екологічній літературі важкими металами вважаються хімічні елементи з атомною масою вище 50 а.о. Проте при віднесенні хімічного елемента до категорії важких металів, крім атомної маси враховують також густину (питому масу), хімічні властивості, поширеність у природному середовищі, токсичність. Часто до категорії важких металів включають хімічні елементи відповідно до напрямку і специфіки робіт. Зокрема, пріоритетними можуть бути не хімічні їх властивості, а біологічна активність, використання у господарській діяльності, шкідливість їх сполук для навколишнього середовища [7, 17].

У ГОСТ 17.4.1.02-83 [6] подано класифікацію важких металів за класом небезпечності, в якій враховано їх токсичність, персистентність у ґрунті та рослинах, гранично допустиму концентрацію у ґрунті, міграційні властивості. До I класу небезпечності віднесено As, Cd, Hg, Se, Pb, Zn; до II класу небезпечності – В, Co, Ni, Mo, Cu, Sb, Cr, а також Ва; V, W, Mn, Sr віднесено до III класу небезпечності. При проведенні геохімічних досліджень щодо визначення вмісту важких елементів в агроландшафтах, які знаходяться у зоні впливу техногенних об'єктів, ми орієнтувались на цю класифікацію. Основну увагу приділено елементам, вміст яких виявився найбільшим у проаналізованих пробах: Pb, що належить до I класу небезпечності, Co, Cu, Mo, Cr, Ni - II класу та Mn - III класу.

Геохімічна оцінка ґрунтів за вмістом важких металів традиційно виконується через порівняння їх фактичного вмісту з певними показниками, зокрема, кларку хімічного елемента у літосфері чи ґрунті за О.П. Виноградовим, гранично допустимої концентрації (ГДК), або орієнтовно допустимої концентрації (ОДК), а також з фоновими параметрами [6, 13, 28]. У таблиці 1 представлено показники, вибрані для досліджуваних хімічних елементів за різними літературними джерелами. Слід зазначити, що нормування важких металів здійснено понад 50-70 років, тому ці показники потребують уточнення та вдосконалення [9] з урахуванням новітніх методів виконання аналітичних робіт, сучасних емпіричних даних та наукових узагальнень у галузі ґрунтознавства, геоecології, геохімії ландшафтів.

У нашому дослідженні для визначення рівня техногенного забруднення сільськогосподарських земель важкими металами використано фонові показники. У розумінні фонових фізико-хімічних властивостей ґрунтів ми спираємося на підходи, які використовують у ґрунтознавстві, де за фонові приймають конкретні параметри ґрунтів (навіть ґрунтів різного ступеня антропогенної змінності), що є характерними та домінуючими для певної території [2, 28].

Збір інформації щодо фонових геохімічних властивостей ґрунтів здійснено за різними літературними джерелами [5, 13, 14, 28]. У таблиці 2 подано узагальнені дані про вміст Pb, Co, Mn, Cu, Mo, Cr, Ni у різних типах ґрунту. Найбільш об'єктивними, на нашу думку, є результати досліджень, викладені у [28]. Тут використані наявні матеріали великомасштабних ґрунтових обстежень всіх земель території України, які були проведені у 1950-х – 1960-х роках. Особливістю цих досліджень є те, що фон хімічних елементів розраховано для найпоширеніших ґрунтів, а також для різних природних зон, у тому числі і для Західного Поділля.

Для визначення ступеня накопичення важких металів використано коефіцієнт концентрації (КК), який характеризує співвідношення вмісту хімічного елемента у ґрунтовому покриві до його фонового значення [12]. Інтерпретація та аналіз розрахованих коефіцієнтів концентрації Pb, Co, Mn, Cu, Mo, Cr, Ni здійснено на ландшафтній основі. На територію дослідження з використанням засобів ГІС створено великомасштабні ландшафтні карти (базовий масштаб 1:50 000), на яких представлено ландшафтні комплекси рангу урочищ. Ландшафтно-геохімічні дослідження на рівні урочищ з метою визначення техногенного забруднення є виправданим, оскільки їм властиві однорідний речовинний склад компонентів, спільний характер функціонування та основних природних процесів (стік, міграція хімічних елементів, дену-

Таблиця 1. Показники вмісту гранично допустимих концентрацій та орієнтовно допустимих концентрацій важких металів у ґрунті за різними літературними джерелами, мг/кг

Літературні джерела	Pb	Co	Mn	Cu	Mo	Cr	Ni
Методичні вказівки 4266-87 [15] ГДК * рухома форма ** водорозчинна форма	30**	5*	1500**	3*			4*
ГДК за [1]	20		1500			00,5	
ГДК за [13, 21] (валова форма)	32	50	1500	55		100	85
ОДК - для кислих (суглинкових і глинистих) ґрунтів [13]	65			66			40
ОДК - для близьких до нейтральних і нейтральних (суглинкових і глинистих) ґрунтів [13]	130			132			80

дація або акумуляція) [20]. У межах урочищ наявні різноманітні геохімічні спряження. Вивчення їх особливостей дає змогу простежити поведінку конкретних хімічних елементів, встановити місця їх концентрації чи виносу [25, 26].

Отримані результати. Представлені дані щодо вмісту важких металів в агроландшафтах Тернопільської області були отримані нами при проведенні досліджень на ключових ділянках у різних ландшафтних умовах і відрізняються за характером основних джерел забруднення.

Вміст важких металів у ландшафтних комплексах Тернопільської ключової ділянки. Досліджувана територія (рис. 1) знаходиться у межах Зборівсько-Теребовлянського фізико-географічного району Західно-Подільської височинної області [16]. Для цієї території характерним є суцільне поширення лесовидних суглинків, які підстелені переважно суглинками та глинами з уламками корінних вапнякових порід, мергелю, пісковика, аргіліту. У межах ключової ділянки вододільні поверхні представлені урочищами бічних відгалужень Подільських Товтр та урочищами плакорів. Переважають горбисті, слабогорбисті, місцями хвилясті межирічні рівнини, що лежать на висотах 340-400 м (виділи 4-9 на карті). У ґрунтовому покриві домінують чорноземи опідзолені, місцями глеюваті середньо- і важкосуглинкові, в околицях м. Тернополя – чорноземи типові малогумусні вилугувані середньосуглинкові та чорноземи типові малогумусні середньосуглинкові.

Товтри представлені урочищами опуклих вододільних поверхонь середнього рівня - близько 350-390 м (виділи 2, 3). Ґрунтовий покрив характеризується чорноземами опідзоленими та реградованими середньосуглинковими та чорноземами опідзоленими карбонатними середньо-

і важкосуглинковими. Вони сформувались на лесовидних суглинках, які підстелені вапняковими відкладами. Ці поверхні переходять у пологі (3-5°) та покаті (7-10°) схили (виділи 11-15).

Досліджувана територія вирізняється густою ерозійною мережею, що представлена лощинами (виділи 50-56), балками (виділи 58-65), верхів'я яких подекуди ускладнюються урочищами водозбірних знижень (виділи 34-39).

Практично вся досліджувана ділянка розорана, лише подекуди невеличкими фрагментами збереглися грабові та дубово-грабові ліси.

Антропогенний вплив, крім сільськогосподарської діяльності, пов'язаний тут із великими промисловими підприємствами м. Тернопіль, зокрема ВАТ «Ватра» (виробництво освітлювального обладнання), ВАТ «Тернопільський комбайновий завод», ВАТ «Тернопільський радіозавод «Оріон», ВАТ «Тернопільське об'єднання «Текстерно», ВАТ «Тернопільбуд». Їх відходи складають речовини I – IV класів небезпеки. Це відпрацьовані люмінесцентні лампи, які містять ртуть, відпрацьовані батареї свинцевих акумуляторів, гідравлічні масла, поліефірні смоли, масла і моторні мастила, органічні розчинники, зіпсовані фарби, відпрацьовані шини тощо [24].

Територія поблизу м. Тернопіль, де відбірано проби ґрунту, перебуває у сільськогосподарському використанні; у прилеглих районах міста розташовані промислові підприємства, проходить об'їзна дорога. Поширені тут чорноземи опідзолені середньосуглинкові (виділ 5), а також чорноземи типові малогумусні середньосуглинкові, (виділ 9) мають слабокислі та близькі до нейтральних умови ґрунтового розчину. Це сприяє відносному накопиченню катіонів важких металів через зменшення їх міграційної здатності при закріпленні у ґрунтово-поглинальному комплексі.

Таблиця 2. Фоновий вміст важких металів у ґрунтах Тернопільської області, мг/кг [за 5, 13, 14, 28]

Хімічний елемент	Pb			Co			Mn			Cu			Mo			Cr			Ni							
	28	5	13	14	28	5	13	14	28	5	13	14	28	5	13	14	28	5	13	14						
Літературні джерела*																										
Ґрунти																										
Сірі і ясно-сірі опідзолені легкосуглинкові	12	12,5		10	14	12,4	15	10	581	1025	500-550	850	15,4	23,5	6,12	20	2,4	3,2	2	46	250	200	27	30,3	40	
Сірі і ясно-сірі опідзолені середньосуглинкові	10			10	14	12,4	15	10	758		500-551	850	14,5		6,12	20	2,4		2	43		200	22		40	
Сірі і ясно-сірі опідзолені важкосуглинкові				10	14,8		15	10	748		500-552	850	17		6,13	20	2,3		2	38		200	21		40	
Темно-сірі опідзолені легкосуглинкові				10	13		13,2	10	642		593	850	14		12,6	20	2,5		2	45		200	24		40	
Темно-сірі опідзолені середньосуглинкові				10	14		13,2	10	859		593	850	19		12,6	20	2,6		2	35		200	22		40	
Темно-сірі опідзолені важкосуглинкові	10			10	20		13,2	10	1148		593	850	26		12,6	20	5,2		2	42		200	32		40	
Чорноземи опідзолені легкосуглинкові	10	13,2		10	14,4	13,2	14,7	10	816	885		850	19	28,9	16,6	20	2,7	4,2	2,77	2	48	286	200	25	72,1	40
Чорноземи опідзолені середньосуглинкові				10	20		14,7	10	665			850	17		16,6	20	3,7		2,77	2	62		200	35		40
Чорноземи опідзолені важкосуглинкові	9			10	16,9		14,7	10	660			850	21		16,6	20	3,4		2,77	2	46		200	26		40
Чорноземи типові мало-гумусні легкосуглинкові	10			10	21,1		23,4	10	562			850	16,4		12,8	20	2,8		2,81	2	56		200	22		40
Чорноземи типові мало-гумусні середньосуглинкові	10			10	19,6		23,4	10	734			850	19,3		12,8	20	2,9		2,81	2	49		200	25		40
Чорноземи типові мало-гумусні важкосуглинкові	11			10	18		23,4	10	754			850	31,4		12,8	20	2,9		2,81	2	52		200	36,4		40
Чорноземи типові середньо-гумусні важкосуглинкові	14			10	17,6		23,4	10	632			850	31		12,8	20	3,1		2,81	2	78		200	23,3		40
Душно-чорноземні поверхнево-солонцюваті				10	18,7			10	830			850	21			20	2,7			2			200			40
Дучні				10	19,5			10	776			850	31		2,18	20	2,1		2,25	2			200			40
Душно-болотні				10	17,1			10	478			850	25		2,18	20			2,25	2			200			40

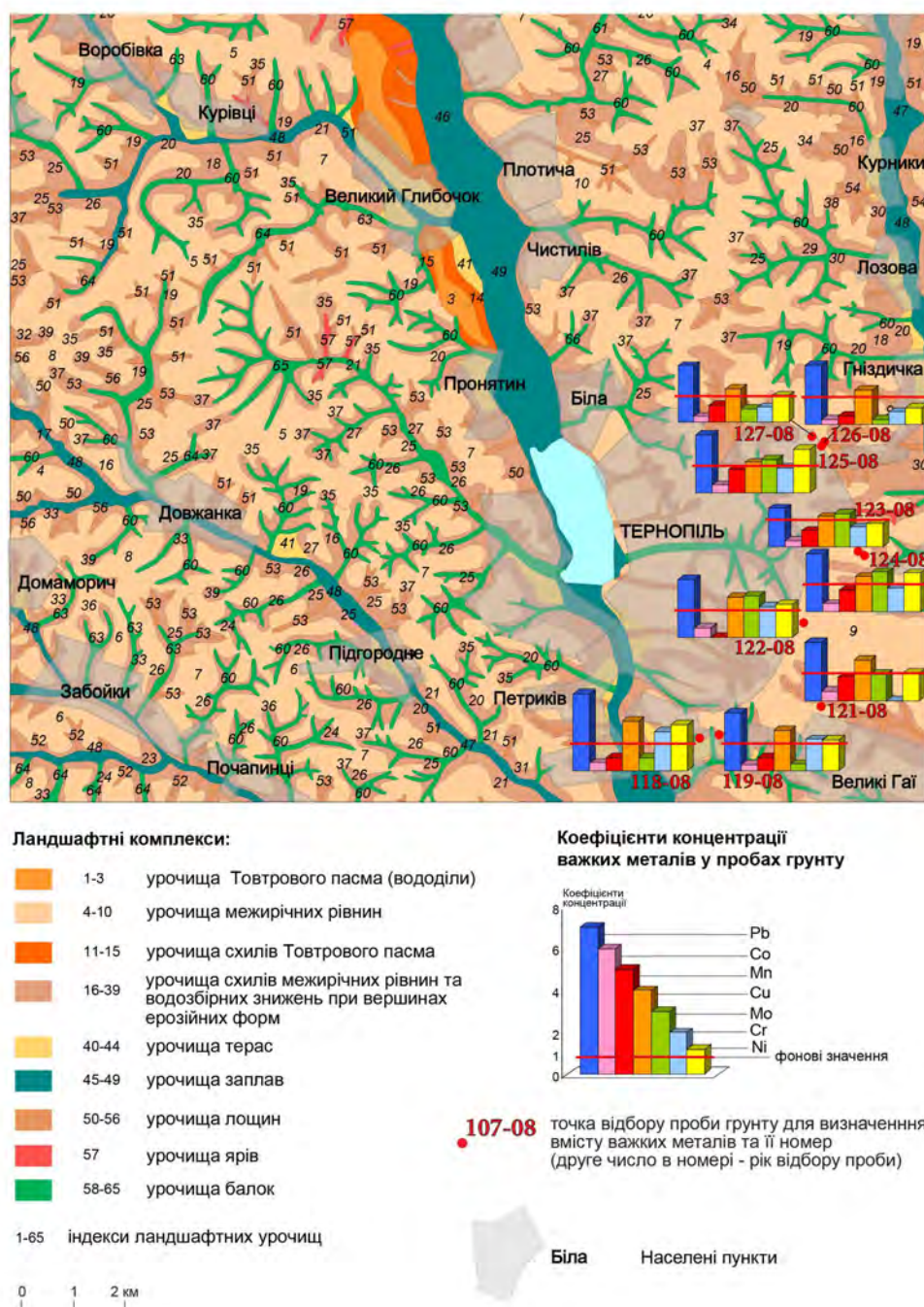


Рисунок 1. Вміст важких металів у ґрунтах Тернопільської ключової ділянки

Із середньосуглинковим механічним складом досліджуваних ґрунтів пов'язані високі показники катіонообмінної здатності, тобто здатності поглинати із ґрунтового розчину позитивно заряджені іони, у тому числі важкі метали [5, 19].

У пробах ґрунту, відібраних біля м. Тернопіль, найвищим виявився валовий вміст свинцю (рис. 1). Концентрація Pb становить 30-40 мг/кг і перевищує фон та ГДК, показники яких відповідно становлять 10 мг/кг та 32 мг/кг [13, 21]. Вміст валових форм міді, молібдену, хрому та нікелю теж дещо підвищений. Перевищення фону практично у всіх досліджуваних зразках ґрунтів зафіксовано для Cu (вміст сягає 30-50 мг/кг) і Ni (30-60 мг/кг). Однак, вміст цих хімічних елементів знаходиться у межах

ГДК, що становлять відповідно 55 мг/кг та 85 мг/кг [13, 21]. Близькими до фонові є кількість у ґрунті Mo (1- 8 мг/кг) та Cr (50-100 мг/кг), а на точках 121-08, 122-08, 123-08, 124-08, 125-08 зафіксовано незначне перевищення їх фонових значень. Концентрація кобальту та марганцю відносно невисока (у межах відповідно 6-10 мг/кг та 500-800 мг/кг) і знаходиться нижче фонових показників.

Підсумовуючи викладені результати аналітичних досліджень щодо вмісту важких металів у ґрунтах ландшафтів, які знаходяться у зонах сільськогосподарського навантаження та впливу м. Тернополя, варто відмітити перевищення фонових значень вмісту Pb, Cu, Ni, міцями Mo Cr – найбільш типових забруднювачів техногенного

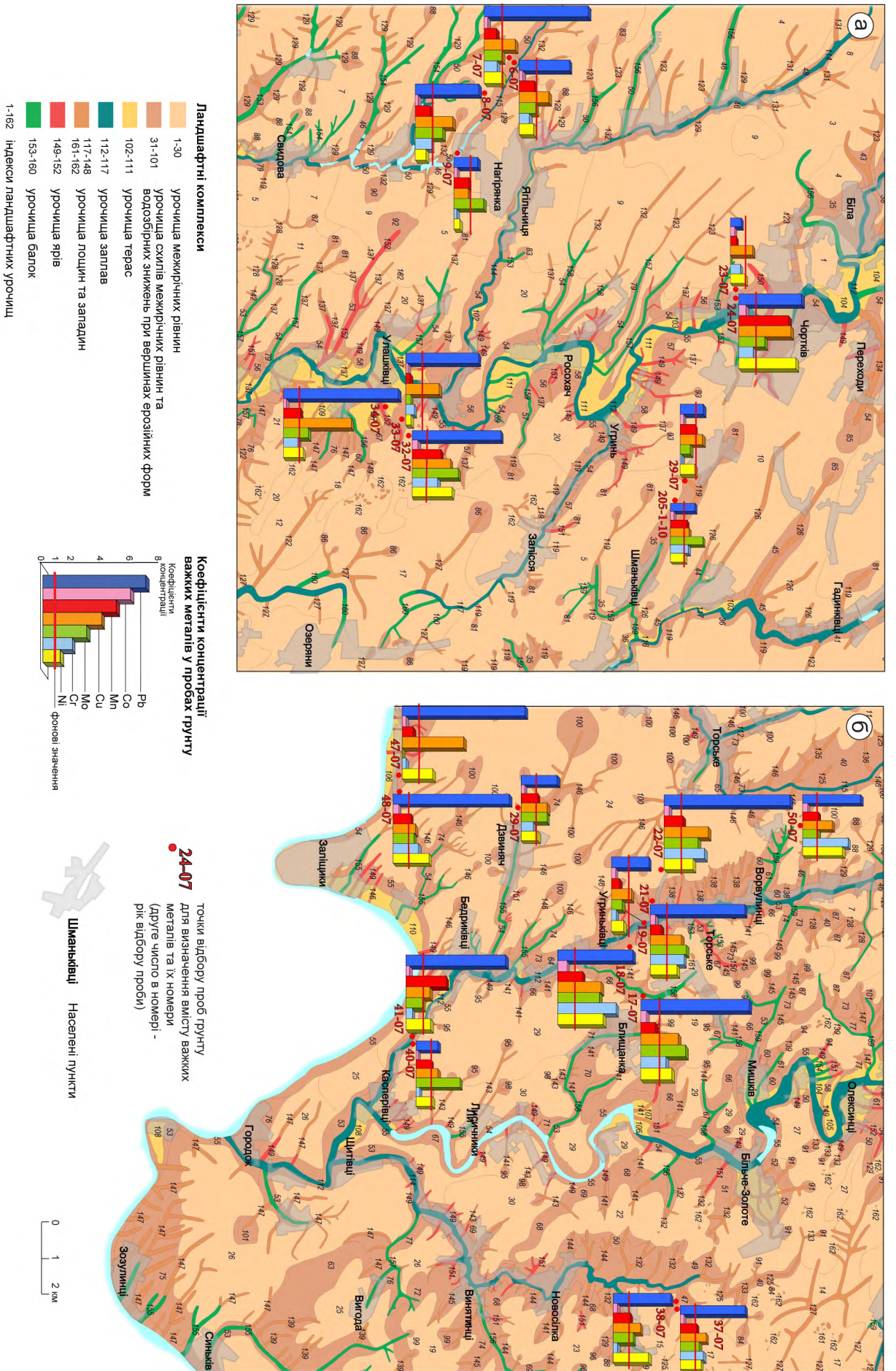


Рисунок 2. Вміст важких металів у ґрунтах Чортківської (а) та Придніпровської (б) ключових ділянок

походження. Однак, валовий вміст усіх хімічних елементів, крім свинцю, не перевищує ГДК.

Вміст важких металів у ландшафтних комплексах Чортківської ключової ділянки (рис. 2, а). За рівнем антропогенного навантаження на навколишнє середовище у Тернопільській області слід виділити м. Чортків, у якому функціонують небезпечні промислові об'єкти, зокрема Чортківське виробниче управління водопровідно-комунального господарства (ВУВКГ), ДП „Чортківм'ясопром», ВАТ „Чортківський завод „Агромаш», Чортківський ливарно-механічний завод.

Ландшафтні умови території різноманітні. Місто Чортків відноситься до Чортківсько-Кам'янець-Подільського фізико-географічного району Західно-Подільської височинної області [16]. Західна частина міста та зона його техногенного геохімічного впливу – це високе лівобережжя р.Серет; південні околиці знаходяться у межах хвилясто-горбистої давньої високотерасової рівнини, північно-східна частина міста займає слабовхвилясту лесову рівнину. Центральна частина м. Чортків займає урочища надзаплавних терас низького рівня, заплава р. Серет у межах міста доволі вузька, сира. Ландшафтні комплекси у межах м. Чортків та навколо нього зазнають активного антропогенного впливу.

У межах м. Чортків валовий вміст важких металів досліджено у ґрунтових зразках, відібраних на межирічній рівнині високого лівобережжя р. Серет та її схилі (відповідно, виділи 3 і 54). Ландшафтні та ландшафтно-геохімічні особливості території створюють передумови для інтенсивних процесів перерозподілу важких металів у ґрунтах. Наші дослідження встановили значне накопичення важких металів у пробі ґрунту, відібраній у середній частині крутого схилу (точка 24-07). Валовий вміст свинцю становить 50 мг/кг, марганцю 3000 мг/кг, міді 60 мг/кг та нікелю 100 мг/кг, і ці показники є вищими за відповідні рівні ГДК. Концентрація кобальту і хрому знаходиться у межах фонових значень. Тобто, в умовах, сприятливих для міграції, спостерігається переважання акумулятивних процесів. Частково це можна пояснити залісеністю схилу – лісова підстилка є фактором зменшення поверхневого змиву і, відповідно, сприяє накопиченню хімічних елементів. Однак, для виявлення джерела забруднення цього схилового урочища та особливостей міграційних умов необхідно провести більш детальні дослідження. Натомість, на розташованій вище вододільній поверхні з лучною рослинністю валовий вміст усіх досліджуваних важких металів, крім міді, знаходиться у межах фону.

Дослідження, проведені поблизу смт Заводське у зоні техногенного впливу ТОВ „Чортківський цукровий завод”, дали змогу виявити підвищений вміст молібдену у ґрунтах. Пробовідбір здійс-

нено у днищі лощини (виділ 119) на поверхні слабовхвилястої межирічної рівнини (5). Це агроугіддя, у ґрунтовому покриві яких переважають сірі опідзолені середньосуглинкові ґрунти, що сформувались на лесовидних суглинках. Концентрація молібдену в ґрунтовому зразку 205-1-10 становить 8 мг/кг при фоновому його вмісті 2,4 мг/кг.

Показники валового вмісту важких металів на точках пробовідбору 6-07, 7-07, 8-07, що знаходяться у зоні впливу ДП „Марилівський спиртовий завод”, практично ідентичні. Основним забруднювачем території є свинець, концентрація якого сягає 40-80 мг/кг. Встановлені показники засвідчують перевищення гранично допустимих концентрацій Pb у ґрунтах цих агроландшафтів. Зафіксовано також перевищення фонових показників міді (вміст сягає 40-50 мг/кг), однак вміст Cu знаходиться у межах ГДК. Незначний валовий вміст важких металів у заплаві (точка 9-07).

Досліджувані елементи не досягають фонових рівнів, крім свинцю та молібдену, для яких зафіксовано незначне перевищення фону. Ці дані засвідчують переважання транзитних міграційних процесів у заплаві. Форма рельєфу (у даному випадку – заплава), що є основним фактором формування латеральних потоків, та слабоокисла реакція ґрунтового розчину призводять до збільшення рухливості важких металів та активної участі у міграційних потоках порівняно з їх поведінкою у ґрунтах вододільних поверхонь.

Дослідження закономірностей природних процесів міграції здійснено на ландшафтно-геохімічній катені, закладеній поблизу с. Улашківці.

На досліджуваній катені найінтенсивніші процеси акумуляції спостерігаються на вододільній поверхні, що пояснюється високою сорбційною ємністю чорноземів карбонатних. Наявність у цих ґрунтах карбонатних іонів сприяє виведенню з міграційних потоків важких металів та їх необмінному закріпленню у ґрунтовому поглинальному комплексі. Відповідно, у пробі ґрунту 32-07 зафіксовано перевищення фонових значень вмісту усіх важких металів, крім кобальту та перевищення ГДК свинцю (валовий вміст свинцю становить 80 мг/кг) і марганцю (2000 мг/кг). На схилі, вміст забруднювачів на якому характеризує точка 33-07, не зважаючи на аналогічний ґрунтовий покрив, домінують процеси виносу хімічних елементів і сполук. Тут перевищення фону зафіксовано лише свинцем та міддю. Менш інтенсивні відносно вододільної поверхні акумулятивні процеси можна відмітити у ґрунтовому покриві надзаплавної тераси з чорноземами реградованими середньосуглинковими (точка пробовідбору 34-07), хоча поверхня тераси вирівняна, а ґрунтовому покриву теж властива висока сорбційна ємність. Найбільшими забруднювачами тут є свинець (валовий вміст

100 мг/кг) та мідь (100 мг/кг).

Загалом, геохімічне поле забруднювачів агроландшафтів біля м. Чортків є строкатим та неоднорідним. Вміст важких металів у ґрунтах залежить від багатьох чинників, які діють одночасно. У зв'язку з цим отримані результати на перший погляд можуть суперечити закономірностям природних процесів перерозподілу хімічних елементів і сполук при їх аналізі без урахування взаємодії кількох чинників. Ця складна як у ландшафтному, так і в геохімічному плані територія потребує детальнішого вивчення на локальному рівні умов міграційних процесів, особливостей накопичення виносу забруднювачів у агроландшафтах.

Вміст важких металів у ландшафтних комплексах Придністровської ключової ділянки.

Досліджувана ділянка (рис. 2, б) знаходиться у Чортківсько-Кам'янець-Подільському фізико-географічному районі Західно-Подільської височинної області [16] і представлена ландшафтами давніх високотерасових лесових рівнин та сучасних річкових долин, що репрезентують долину Дністра і нижні ділянки його допливів (у межах ділянки – рр. Серет, Тупа, Храмова). Ландшафт вирізняється складністю морфологічної структури, корінних відкладів, ґрунтового покриву. Урочища давніх високотерасових рівнин (виділи 18-30) в основному хвилясто-горбисті, горбисті, складені лесовидними суглинками різної потужності (від 2 м до 11-14 м), що підстелюються піщано-галечниковими відкладами терас потужністю 1-7 м. Характерною рисою території є переважаючі у ґрунтовому покриві різновидів глейових та глеюватих опідзолених ґрунтів (сірих опідзолених, темно-сірих опідзолених, чорноземів опідзолених). Їх утворення пов'язують із неглибоким заляганням ґрунтових вод, що призводить до оглеєння материнської породи та нижніх горизонтів ґрунтового профілю, також процеси оглеєння зумовлені недостатньою аерацією періодично перезволожених ґрунтів при їх низькій фільтраційній здатності [23].

Різноманітність та контрастність морфологічної будови ландшафтів Придністров'я підкреслює різкий перехід вододільних поверхонь у схилі урочища. Схили складають значну частину території, вирізняються крутістю, особливо круті (15-20°) та дуже круті (20-40°) схили-стіжки (виділи 54, 55), що надають каньйоноподібного вигляду долинам Дністра, Серету, Тупої. Вододілі переважно розорані, ліси трапляються в долині р. Серет.

Серед досліджуваних ключових ділянок, обраних у межах Тернопільської області, територія Придністров'я виявилась найбільш забрудненою важкими металами (рис. 2, б). За валовим вмістом хімічних елементів у ґрунтах виділяється свинець,

що є характерним для багатьох сучасних ландшафтів, які зазнають техногенного забруднення. Практично в усіх відібраних ґрунтових зразках зафіксовано перевищення ГДК цього елементу – його валовий вміст у середньому знаходиться в межах 50-100 мг/кг. Також перевищення нормативних показників виявлено для міді (валовий вміст у ґрунтового зразку 22-07 становить 60 мг/кг, 47-07 – 100 мг/кг, 50-07 – 60 мг/кг), хрому (вміст у ґрунтах точок пробовідбору 18-07, 22-07, 50-07 сягає 200 мг/кг), нікелю (вміст у ґрунтах точок пробовідбору 47-07, 50-07 сягає 100 мг/кг). Із досліджуваних хімічних елементів у межах фону знаходиться кобальт, близькою до фонових показників є концентрація марганцю. Виявлено підвищений вміст молібдену, що коливається у межах 5-10 мг/кг. Концентрація цього металу у ґрунтах пов'язана з складом материнських порід, а саме з кислими магматичними породами, зокрема сланцями, які поширені на цій території [10], а також з наявністю оглеєних ґрунтів. За даними [10] розчинність сполук молібдену залежить від кислотно-лужного середовища ґрунтів. Їх оглеєння і, відповідно, збільшення кислотності, збагачення гідроксидами алюмінію, заліза призводить до різкого зменшення міграційних властивостей.

На проаналізованих вище ключових ділянках встановлено здатність молібдену накопичуватись у заплавах і днищах балок (рис. 2, б), тоді як ґрунти заплав Придністров'я характеризуються незначним вмістом цього металу (на точках 19-07 та 41-07 відповідно 2 мг/кг та 3 мг/кг). Це теж пов'язано з фізико-хімічними властивостями молібдену, оскільки у ґрунтовому покриві заплав переважає дерновий карбонатний глейовий середньосуглинковий ґрунт, нейтральне середовище якого сприяє вилугуванню сполук молібдену.

Отримані нами дані щодо забруднення агроландшафтів загалом відповідають закономірностям розподілу забруднювачів на території Тернопільської області [16].

Висновки

1. Аналіз вмісту важких металів у ландшафтах є репрезентативним показником екологічного стану території. Для просторової інтерпретації, коректного і наочного представлення даних щодо забруднення ландшафтних комплексів різними хімічними сполуками доцільно використовувати безрозмірні показники, зокрема коефіцієнт концентрації. Проблемним залишається питання вибору критеріїв ландшафтнотознавчо-геохімічної оцінки вмісту забруднювачів у ґрунтах, зокрема, встановленням для цього об'єктивних регіональних фонових ландшафтно-геохімічних параметрів, науково обґрунтованих показників ГДК. Врахування фізико-хімічних властивостей ґрунтів як основного середовища накопичення важких металів у

зіставленні з характеристиками речовин-забруднювачів дає можливість встановити ландшафтно-залежні закономірності розподілу важких металів. Разом з тим, для коректної їх просторової інтерпретації – у вигляді полів забруднення – необхідно оперувати більшим масивом аналітичних даних.

2. Наші дослідження показали, що найпоширенішим забруднювачем ґрунтів в агроландшафтах Тернопільської області є свинець, показники вмісту якого перевищують не лише фонові значення, а й ГДК. Вміст валових форм міді, молібдену, а також нікелю у ґрунтовому покриві досліджуваних ландшафтів також є підвищеним.

3. Встановлені закономірності узгоджуються з ландшафтними передумовами вторинного перероз-

поділу хімічних елементів і сполук. Зокрема, значний вплив на поширення антропогенно привнесених забруднювачів має міграційна структура території та фізико-хімічні параметри ґрунтового покриву. Однак, наслідки складних процесів природної й антропогенно зумовленої міграції не завжди відповідають загальноприйнятим закономірностям перерозподілу тих чи інших елементів у компонентах ландшафтів. Тому актуальним завданням досліджень у цьому напрямі є проведення систематичних аналітичних досліджень в агроландшафтах Тернопільщини та інших регіонів, а також поглиблене вивчення їх ландшафтно-геохімічної структури з урахуванням сучасних антропогенних змін.

1. *Беспмятнов Г.П., Кротов Ю.А.* Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. Справочник. – Л.: Химия, 1985. – 528 с.
2. *Важенин И.Г.* Методические рекомендации по обследованию и картографированию почвенного покрова по уровням загрязненности промышленными отходами, 1987. – М.: ВАСХНИЛ. – 27 с.
3. *Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н.* Город и ландшафт (проблемы, конструктивные задачи и решение). – М.: Мысль, 1986. – 238 с.
4. *Гандзюра В.П.* Екологія: Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – К.: ВГЛ «Обрії», 2008. – 356 с.
5. *Геохимия окружающей среды / Ю.Е.Сает, Б.А.Ревич, Е.П.Янин и др.* – М.: Недра, 1990. – 335с.
6. ГОСТ 17.4.1.02-83 [Электронный ресурс] / Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения / М.: Стандартинформ, 2008. – <http://vsegost.com/Catalog/21/21047.shtml>
7. *Жовинский Э.Я., Кураева И.В.* Геохимия тяжелых металлов Украины. – К.: Наук. думка, 2002. – 213 с.
8. *Зубаков Р.А., Чочиа Н.С.* Геохимические ландшафты и распределение некоторых микроэлементов в почвах и грунтах присамарского района Южного Урала // Известия ВГО, 1963. – Т. 95. – Вып. 1. – С. 9-22.
9. *Ильин В.Б.* О нормировании тяжелых металлов в почве // Почвоведение. — 1986. — № 9. С.90-98.
10. *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 439 с.
11. *Ландшафты Чернобыльской зоны и их оценка по условиям миграции радионуклидов / под ред. А.М. Маринича.* – К.: Наук. думка, 1994. – 112 с.
12. *Малишева Л.Л.* Геохимия ландшафтов. – К.: Либідь, 2000. – 472 с.
13. *Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. С.М. Рижучка, М.В. Лісового, Д.М. Бенцаровського.* – К.: «Рибка моя», 2003. – 61 с.
14. *Микроэлементы в почвах СССР / под ред. В.А. Ковды, Н.Г. Зырина.* – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 281 с.
15. МУ 4266-87 По оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. Методические указания [Электронный ресурс] / Перелік чинних в Україні нормативних документів у галузі будівництва та промисловості будівельних матеріалів станом на 1 січня 2012 року. К., 2012. – <http://document.org.ua/docs/tdoc9223.php>
16. *Національний Атлас України / гол. ред. Л.Г. Руденко.* – К.: ДНВП «Картографія», 2007. – 440 с.
17. *Никитин А.Т.* Экология, охрана природы, экологическая безопасность. – М.: Изд-во МИНЭПУ, 2000. – 648 с.
18. *Никифорова Е.М.* Источники и вещественный состав техногенных потоков, возникающих в связи с работой автотранспорта // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состоянии экосистем. – М.: Наука, 1981. – 255 с.
19. *Орлов Д.С.* Химия почв. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1985. – 376 с.
20. *Основные принципы ландшафтного картирования (доклад постоянной Комиссии по ландшафтным картам при Географическом обществе СССР) // Б.В. Виноградов, К.И. Геренчук, А.Г. Исаченко и др. Материалы к V Всесоюзному совещанию по вопросам ландшафтоведения / под ред. Н.А. Гвоздецкого, Ю.К. Ефремова, Н.А. Солнцева – М., 1961. – С. 6-13.*
21. *Патика В.П., Тараріко О.Г.* Агроєкологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 296 с.
22. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. – М.: Астрей, 1999. – 768 с.
23. *Природа Тернопільської області / за ред. К.І. Геренчука.* – Львів: Вища школа, 1979 – 167 с.
24. *Рога І.В.* Чинники техногенних ризиків у ландшафтно-геохімічних системах Тернопільської області // Просторовий аналіз природних і техногенних ризиків України: матеріали міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 29-30 жовтня 2009 р., Інститут географії НАН України. – К., 2009. – С. 177-183.
25. *Снытко В.А.* Геохимические исследования метаболизма в геосистемах. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1978. – 150 с.
26. *Снытко В.А., Семенов Ю.М., Мартынов А.В.* Ландшафтно-геохимический анализ геосистем КАТЭКа. – Новосибирск: Изд-во «Наука», 1987. – 110 с.
27. *Солнцева Н.П.* Геохимическая устойчивость природных систем к техногенным нагрузкам (принципы и методы изучения, критерии прогноза) // Добыча полезных ископаемых и геохимия природных экосистем. – М.: Наука, 1982. – С. 181-216.
28. *Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України / за ред. А.І. Фатєєва, Я.В. Пашенко.* – Харків, 2003. – 71 с.

¹ Інститут геохімії, мінералогії і рудоутворення НАН України, Київ

² Інститут географії НАН України, Київ