

## ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ҐРУНТІВ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСТІ, ЗАБРУДНЕНИХ МУЛАМИ СТІЧНИХ ВОД

В.Р. Клос<sup>1</sup>, Е.Я. Жовинський<sup>2</sup>, Н.О. Крюченко<sup>2</sup>, М.В. Приходько<sup>1</sup>

*1 – Державне підприємство «Українська геологічна компанія»  
02088, пров. Геофізиків, 10, м. Київ, Україна*

*2 – Інститут геохімії мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України  
03142, просп. Палладіна, 34, м. Київ, Україна*

Представлено результати вивчення геохімічного стану поверхневих відкладів (ґрунтів) Київської області, забруднених мулами стічних вод Бортницької станції аерації (БСА). Визначено геохімічні асоціації, надано еколого-геохімічну оцінку ґрунтів, розраховано геохімічні параметри. За сумарним показником забруднення встановлено, що поверхневі відклади ділянок, забруднених мулами, характеризуються надзвичайно небезпечним рівнем забруднення: мулові поля БСА (396), ґрунти в межах клумб (280), ґрунти перелогів (236), ґрунти сільськогосподарських угідь (186). Це свідчить про неможливість використання мулів як органічних добрив для вирощування сільськогосподарської продукції. Встановлено, що за наявності органічної складової у поверхневих відкладах Zn і Cd трансформуються в більш рухливі, а Cu і Pb – у менш рухливі сполуки, що необхідно враховувати у разі необхідності застосування добрив.

*Ключові слова:* мули стічних вод, важкі метали, поверхневі відклади, геохімічні асоціації, еколого-геохімічна оцінка.

**Вступ.** Мули каналізаційних стічних вод через власну високу поживність для рослин (велика концентрація біологічно доступного азоту, фосфору, калію) інтенсивно використовують як органічні добрива для вирощування сільськогосподарської продукції. Але геохімічні дослідження показали, що ці відходи забруднені важкими металами, а їх використання як сільськогосподарських добрив може призвести до забруднення сільськогосподарських земель токсичними хімічними елементами і, як наслідок, до забруднення сільськогосподарської продукції. У зв'язку з цим у 1983 р. на території України було припинено використання мулів стічних вод та мулових вод для сільськогосподарських потреб.

Багато уваги цим питанням приділяють як вітчизняні, так і закордонні дослідники, але загальної точки зору на можливість використання таких мулів для підвищення родючості земель не досягнуто. В деяких країнах світу мули стічних вод вико-

ристовують у сільському господарстві і сьогодні, якщо в них не перевищені встановлені ліміти вмісту деяких токсичних елементів (табл. 1). Найбільший допустимий валовий вміст важких металів в осадах стічних вод, призначених для сільськогосподарського використання як добрив, встановлено в Німеччині та Швейцарії. В Україні допустимий валовий вміст важких металів в сухому осаді найменший для металів Zn, Cu, Pb, Ni, Hg.

**Мета роботи** – оцінити ступінь забруднення ґрунтів (поверхневих відкладів) Київської обл., забруднених мулами стічних вод від Бортницької станції аерації (БСА) за геохімічними показниками.

**Характеристика ділянок досліджень.** Адміністративно ділянка досліджень розташована в північно-західній частині Бориспільського району Київської області та простягається в південно-східному напрямку від БСА до с. Ревне, а в північно-східному – від с. Гнідин до с. Щасливе. БСА – комплекс інженерних споруд, обладнання та комунікацій, призначений для повної біологічної очистки стічних вод Києва та обробки затриманих забруднень. На станції проходять очистку всі

Таблиця 1. Вміст важких металів в осадах стічних вод, призначених для сільськогосподарського використання в якості добрив, за нормами деяких країн світу [1]

Країни світу	Допустимий валовий вміст важких металів, мг/кг сухого осаду								
	Zn	Cu	Cr	Pb	Ni	Cd	Hg	Co	Mo
США	1500	750	500	500	150	50	–	–	–
Франція	3000	1500	200	300	100	15	8	20	–
Німеччина	3000	1200	1200	1200	200	20	20	–	–
Австрія	2000	500	500	500	200	10	10	100	–
Нідерланди	2000	500	500	500	50	10	10	–	–
Швейцарія	3000	1000	1000	1000	200	30	10	20	20
Росія	1750	750	500	250	200	15	7,5	–	–
Україна	577	357	886	152	93	24	1,5	13	2,2
ГДК для с/г ґрунтів [2]	110	32	100	32	110	4	2,1	50	5

Примітка: прочерк – не встановлено, с/г – сільськогосподарські.

побутові стічні води, а також стоки промислових підприємств після попередньої їх очистки на цих підприємствах.

Склад поверхневих відкладів: мулові поля – торф'яно-мулові відклади чорного кольору; сільськогосподарські землі – піщано-суглинисті ґрунти темно-сірого і бурого кольору; перелогові землі – супісь темно-сірого і сірого кольору; декоративні клумби – торф'яниста супісь чорного і темно-сірого кольору; перелогові землі – супіски темно-сірого і сірого кольору. Для встановлення ступеня забруднення ґрунтів було обрано і апробовано п'ять видів ділянок. Перша група ділянок із максимально високою концентрацією важких

металів у межах мулових полів (джерело забруднення). Друга група ділянок з високою концентрацією важких металів (забруднені ділянки мули стічних вод) – у межах сільськогосподарських земель і на клумбах декоративних рослин. Третя група ділянок з умовно фоновою концентрацією важких металів (контрольна) – у межах сільськогосподарських та перелогових (цілинних) земель (рис. 1).

**Методика робіт.** Проби поверхневих відкладів (ґрунт, мул) відбирали без регулярної мережі на сільськогосподарських землях (поля, городи і клумби), в природних ландшафтах (луки, пустирі і т. п.) і на мулових полях. Випробування виконано спеціальним пробовідбірником в п'яти точках за методом конверту зі стороною квадрату 10 м до глибини 10 см у природних ландшафтах та на мулових полях і до глибини 20 см, або на усю потужність орного шару, в межах сільськогосподарських угідь та на клумбах. Відібрані точкові проби об'єднували в одну загальную вагою 1,0–1,5 кг. Усього було відібрано 41 пробу поверхневих відкладів. Після висушування та просіювання на капроновому ситі 2 мм, відібрані проби квартували, з них відбирали лабораторні наважки і дублікати проб. Після прободготовки матеріал надходив на наближено кількісний спектральний аналіз та на визначення рухомих форм Hg, Pb, Cd, Ni, Cu, Zn, Ag.

Лабораторні роботи включали: підготовку літохімічних проб (мули, ґрунти) до аналітичних досліджень (подрібнення проб до розміру часток менше 0,074 мм); наближено кількісний спектральний аналіз літохімічних проб з реєстрацією спектра фотоелектронною касетою (АС-ФЕК – методика Укрметртестстандарт № МВВ–081/12-0665-09); атомно-абсорбційний аналіз літохімічних проб на Hg методом «холодної пари» (AAS Cold vapour); аналіз літохімічних проб на рухомі

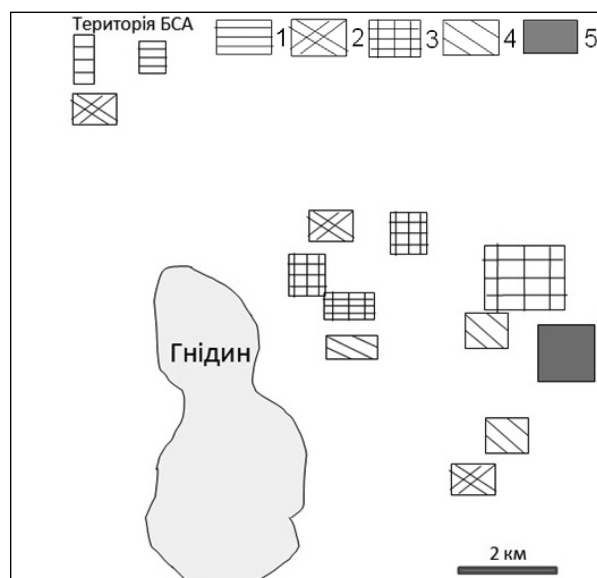


Рис. 1. Схема розташування ділянок досліджень: 1 – клумби (виросування декоративних рослин), 2 – мулові поля, 3 – землі сільськогосподарського призначення (поля, городи), 4 – перелогові (цілинні) землі (луки, лісосмуги, пустоші), 5 – фонова ділянка

Таблиця 2. Геохімічні показники ступеня забруднення поверхневих відкладів Київської області важкими металами

Хімічний елемент	Геохімічні показники	Номер ділянки відбору проб поверхневих відкладів (у дужках кількість проб)						
		1 (10)	2 (11)	3 (4)	4 (3)	5 (6)	6 (6)	7 (1 контрольна)
Hg	Св, мг/кг	2,91	0,77	0,87	0,6	0,17	0,09	0,17
	Ср, мг/кг	0,32	0,11	0,11	0,13	0,06	0,05	0,06
	Ср, %	11,0	14,3	12,6	21,7	35,3	55,6	35,3
	Кс (фон)	97,0	25,7	29,0	20,0	5,7	3,0	5,7
	Кс (ГДК)	1,39	0,37	0,41	0,29	0,08	0,04	0,08
Pb	Св, мг/кг	104,0	52,4	109,3	140,0	20,3	11,3	44,0
	Ср, мг/кг	7,67	5,64	9,94	18,38	1,9	0,52	0,08
	Ср, %	7,4	10,8	9,1	13,1	9,4	4,6	0,2
	Кс (фон)	6,9	3,5	7,3	9,3	1,4	0,8	2,9
	Кс (ГДК)	3,25	1,64	3,42	4,38	0,63	0,35	1,38
Cd	Св, мг/кг	13,3	7,56	11,4	16,3	0,51	0,83	0,25
	Ср, мг/кг	5,2	2,31	2,78	8,03	0,09	0,09	0,08
	Ср, %	39,1	30,6	24,4	49,3	17,6	10,8	32,0
	Кс (фон)	44,3	25,2	38,0	54,3	1,7	2,8	0,8
	Кс (ГДК)	3,33	1,89	2,85	4,08	0,13	0,21	0,06
Ni	Св, мг/кг	61,5	26,9	45,8	42,0	25,2	10,7	17,0
	Ср, мг/кг	9,19	4,73	4,13	6,88	1,39	0,5	0,45
	Ср, %	14,9	17,6	9,0	16,4	5,5	4,7	2,6
	Кс (фон)	3,1	1,3	2,3	2,1	1,3	0,5	0,9
	Кс (ГДК)	0,56	0,24	0,42	0,38	0,23	0,1	0,15
Cu	Св, мг/кг	406,4	116,4	226,3	280,0	33,2	20,3	36,0
	Ср, мг/кг	11,79	7,31	8,35	9,2	1,86	1,25	0,67
	Ср, %	2,9	6,3	3,7	3,3	5,6	6,2	1,9
	Кс (фон)	20,3	5,8	11,3	14,0	1,7	1,0	1,8
	Кс (ГДК)	12,7	3,6	7,1	8,8	1,0	0,6	1,1
Zn	Св, мг/кг	434,0	157,3	303,0	340,0	50,8	47,2	40,0
	Ср, мг/кг	25,87	5,09	7,07	19,41	0,3	0,8	1,14
	Ср, %	6,0	3,2	2,3	5,7	0,6	1,7	2,9
	Кс (фон)	7,2	2,6	5,1	5,7	0,8	0,8	0,7
	Кс (ГДК)	3,9	1,4	2,8	3,1	0,5	0,4	0,4
Ag	Св, мг/кг	6,68	3,83	4,48	5,43	0,18	0,26	0,53
	Ср, мг/кг	0,00017	0,00207	0,00048	0,00008	0,00014	0,0001	0,00005
	Ср, %	0,003	0,054	0,011	0,001	0,078	0,038	0,009
	Кс (фон)	222,7	127,7	149,3	181,0	6,0	8,7	17,7
C <sub>орг.</sub> , %		0,94	0,22	0,24	0,68	0,17	0,04	0,25
Zc		396,0	186,0	236,0	280,0	12,0	12,0	24,0

*Примітка.* Місце відбору поверхневих відкладів: 1 – мулові поля БСА, 2 – забруднені мулами сільськогосподарські ґрунти, 3 – забруднені мулами перелогові ґрунти, 4 – забруднені мулами ґрунти клумб, 5 – фонові («чисті») ґрунти, 6 – ґрунти перелогових земель, 7 – фонові землі клумб (суміш торфу і ґрунту). Ср – вміст рухомих форм, Кс (ГДК) – коефіцієнт концентрації відносно ГДК, Кс (фон) – коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту, Св – вміст валових форм, Ср, % – відсотковий вміст рухомих форм по відношенню до валового, Zc – сумарний показник забруднення.

форми виконано за методикою ДСТУ EN 13651:2012 (витяжка розчином CaCl<sub>2</sub> + ДТПА) [3]. Визначення Pb, Cd і Ag здійснено атомно-абсорбційним методом в графітовій кюветі (AAS-ETA), Ni, Cu, Zn – атомно-абсорбційним методом в ацетилен-повітряному полум'ї (AAS-Flame), а органічна речовина (C<sub>орг.</sub>) – обмінним хімічним методом. Усі лабораторні дослідження відібраних

проб поверхневих відкладів та рослинності виконано в Центральній лабораторії ДП «Українська геологічна компанія» відповідно до чинних нормативних документів із використанням рекомендованих засобів вимірювання, які пройшли державну перевірку (свідоцтво про атестацію Державної служби геології та надр України за № 061/2012 від 01.03.2012 р. та чинного до 01.03.2017 р.).

Для еколого-геохімічної оцінки забруднення поверхневих відкладів (грунтів) використано такі параметри: коефіцієнт концентрації відносно ГДК –  $K_c$  (ГДК); коефіцієнт концентрації відносно фонового вмісту –  $K_c$  (фон);  $C_p$  – вміст рухомих форм,  $C_v$  – вміст валових форм,  $C_p, \%$  – відсотковий вміст рухомих форм по відношенню до валового, також розраховано сумарний показник забруднення:  $Z_c = \sum C_i / C_f - (n - 1)$  [2].

**Результати та обговорення.** Грунт є основним джерелом надходження важких металів і мікроелементів у харчові ланцюги. Він забезпечує мікроелементами безпосередньо рослини і непрямим шляхом – тварин і людину. У випадку техногенного забруднення саме грунт є початковою ланкою надходження важких металів та інших токсичних речовин по харчових ланцюгах у організм людини. Мули стічних вод є сприятливим середовищем для вирощування рослин. Вміст біологічно доступного азоту, фосфору і калію в них є значно вищим, ніж у природних грунтах, саме тому питання використання мулів як добрив є вкрай актуальним [4].

**Основними об'єктами виконання досліджень** слугували сім типів ділянок: мулові поля БСА; ґрунти, забруднені мулами: сільськогосподарські, перелогові, клумби; незабруднені ґрунти: фонові («чисті»), перелогові, клумб (суміш торфу і ґрунту). Фонові ґрунти – це типові для місцевості дерново-підзолисті ґрунти, які не підлягають техногенному впливу. Для кожного типу ділянок виконано аналітичні роботи – визначено вміст валових і рухомих форм важких металів у поверхневих відкладах та розраховано геохімічні показники (табл. 2). Для визначення еколого-геохімічного стану поверхневих відкладів використано значення валового вмісту відносно гранично допустимих концентрацій та фонового вмісту.

Валовий вміст важких металів доцільно застосовувати для загальної характеристики стану ґрунтів і їхньої потенційної небезпечності. Тому за кожним типом ділянки було розраховано ці показники та визначено геохімічні асоціації металів у поверхневих відкладах (табл. 3).

За показником  $K_c$  (фон), найчастішим елементом-забруднювачем поверхневих відкладів усіх ділянок є Ag: у забруднених мулами ґрунтах перевищення вмісту складає 180–222 разів, у не забруднених – 9–18 разів. Це пов'язано з тим, що: наночастинки срібла мають антибактеріальні і антигрибкові властивості, тому їх додають майже до усіх продуктів, через що метал потрапляє в стічні води і добре розчиняється. В присутності гумінових кис-

лот іони срібла за добу збираються в наночастинки, а кислоти перешкоджають їх подальшому злипанню в мікрочастинки. Тобто, якщо срібло з антропогенних наночастинок і розчиниться у воді, то воно незабаром знову утворює наночастинки.

За показником  $K_c$  (ГДК) геохімічні асоціації встановлено лише для земель, забруднених мулами стічних вод. Але значення ГДК для Ag не існує, тому в геохімічних асоціаціях переважає Cu. Це пов'язано з оберненою залежністю між ступенем рухомості металу і органічної складової.

Розрахунок  $Z_c$  дав змогу встановити, що поверхневі відклади ділянок, забруднених мулами, характеризуються надзвичайно небезпечним рівнем забруднення: мулові поля БСА (396), ґрунти клумб (280), перелогові ґрунти (236), сільськогосподарські ґрунти (186). Отримані результати досліджень свідчать про неможливість використання мулів стічних каналізаційних вод як органічних добрив для вирощування сільськогосподарської продукції, оскільки це є фактором прямої екологічної дії на довкілля.

Важливо підкреслити, що це потенційно небезпечні території (розрахунок здійснено за перевищенням елемента до фонового вмісту), однак основним критерієм для рослин є рухомість металів, що визначає перехід металу у трофічному ланцюгу – «ґрунт – рослина – тварина – людина» і тут важливим є вміст органічної складової, що може сприяти чи не сприяти покращенню рухомості.

У мулових осадах вміст  $C_{орг}$  максимальний і складає 0,94 %, у ґрунтах перелогових земель – мінімальний – 0,04 %. Саме завдяки внесенню органічної речовини до ґрунту збільшується його буферність, що перешкоджає надходженню до рослин важких металів. Процеси взаємодії органічної речовини ґрунту з іонами металів ідентифікуються як іоноутворення, адсорбція на поверхні, хелатування, реакції коагуляції. Основними продуктами взаємодії є прості солі (гумати, фульвати) і хелатні сполуки.

Проаналізовано вплив  $C_{орг}$  поверхневих відкладів на ступінь рухомості ( $C_p$ ) металів – Cd, Zn, Cu, Pb (рис. 2). Установлено позитивну кореляційну залежність ( $r > 0,8$ ) між  $C_{орг}$  та  $C_p$  для Cd і Zn. Найбільший ступінь рухомості Cd (39,1 %) та Zn (6 %) металів фіксується у мулових полях, другий пік характерний для ґрунтів клумб, забруднених мулами (максимальний вміст органічної речовини). Найменший вміст органічної речовини (0,04 %), і ступінь рухомості Cd (10,8 %), Zn (1,7 %) притаманний ґрунтам перелогових земель.

Таблиця 3. Геохімічні асоціації металів у поверхневих відкладах (номер ділянки як у табл. 2)

Номер ділянки	Кс (фон)	Кс (ГДК)
1	Ag <sub>222</sub> > Hg <sub>97</sub> > Cd <sub>44</sub> > Cu <sub>20</sub> > (Zn-Pb) <sub>6</sub> > Ni <sub>3</sub>	Cu <sub>12</sub> > (Pb-Cd-Zn) <sub>3</sub>
2	Ag <sub>122</sub> > (Hg-Cd) <sub>25</sub> > Cu <sub>6</sub> > (Zn-Pb) <sub>3</sub>	Cu <sub>4</sub> > (Pd-Cd) <sub>2</sub>
3	Ag <sub>149</sub> > Cd <sub>38</sub> > Hg <sub>29</sub> > Pb <sub>7</sub> > Zn <sub>5</sub> > Ni <sub>2</sub>	Cu <sub>7</sub> > Pb <sub>4</sub> > (Cd-Zn) <sub>3</sub>
4	Ag <sub>181</sub> > Cd <sub>54</sub> > Hg <sub>20</sub> > (Pb-Cu) <sub>8</sub> > (Ni-Zn) <sub>3</sub>	Cu <sub>8</sub> > (Pb-Zn) <sub>3</sub>
5	(Ag-Hg) <sub>6</sub> > (Cd-Cu) <sub>2</sub>	асоціації не існує
6	Ag <sub>9</sub> > (Cd-Hg) <sub>3</sub>	те саме
7	Ag <sub>18</sub> > Hg <sub>6</sub> > Pb <sub>3</sub> > Cu <sub>2</sub>	» »

Тобто, за зменшення вмісту органічної речовини у поверхневих відкладах у 20 разів ступінь рухомості Cd і Zn зменшується утричі.

Для Sr, Cu і Pb виявлена негативна кореляційна залежність ( $r > -0,7$ ) з  $S_{орг.}$ . У мулових полях, де вміст органічної речовини максимальний і складає 0,94 % рухомість Cu і Pb становить 2,9 та 7,4 % відповідно, за мінімального вмісту органічної речовини у перелогових землях (0,04 %) ступінь рухомості елементів підвищується у 1,5-2 рази. Тобто, за наявності органічної складової Zn і Cd трансформуються в більш рухливі, а Cu і Pb у менш рухливі сполуки.

Розглядаючи процеси сорбції металів у ґрунті необхідно зазначити, що згодом відбувається зміцнення зв'язку важких металів із ґрунтовим поглинальним комплексом, тобто зменшення вмісту водорозчинних та неміцно пов'язаних форм. У природних умовах цьому сприяє часта зміна режимів зволоження та висушування ґрунту. У процесі сорбції важких металів ґрунтом вони мобілізують і переводяться в нетоксичні форми, деякі входять до кристалічної ґратки алюмосилікатів.

Застосування мулових відкладів як добрив дає змогу використовувати властивість багатьох органічних сполук до комплексоутворення з важкими металами. Утворені металоорганічні комплекси є або малорухомими, або неспроможними до подолання клітинних мембран у системі «ґрунт – корінь». Але до застосування мулових відкладів треба підходити дуже обережно, бо, відповідно до результатів нашого дослідження, ступінь рухомості елементів є різним і залежить від вмісту органічної складової.

**Висновки.** Результати вивчення геохімічного стану (Ag, Cu, Pb, Cd, Zn, Hg, Ni, вміст органічної складової) поверхневих відкладів Київської обла-

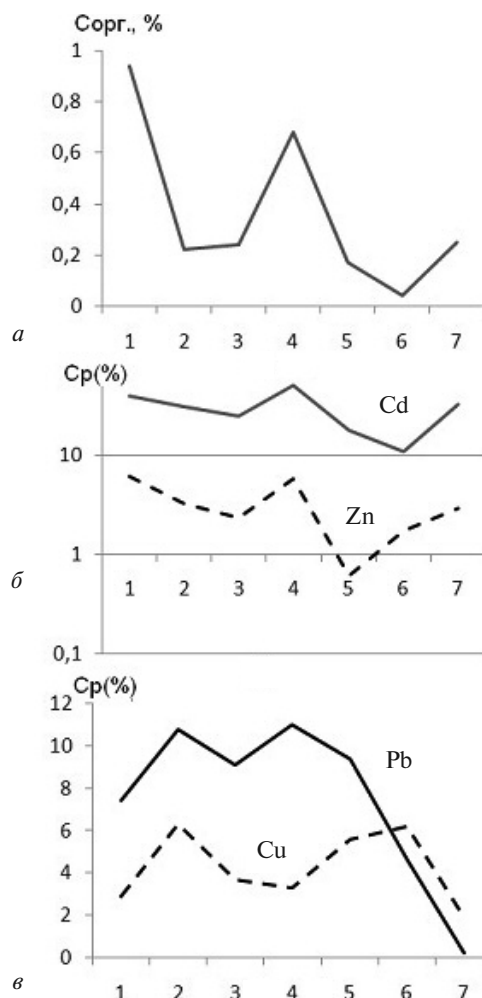


Рис. 2. Графіки вмісту органічної складової (а), ступеня рухомості Cd, Zn (б), і Cu, Pb (в) у поверхневих відкладах різних ділянок. Ось абсцис: тип ділянки згідно з табл. 2

сті, забруднених мулами стічних вод Бортницької станції аерації (БСА), дає змогу дозволили встановити надзвичайно небезпечний рівень забруднення (за сумарним показником): мулові поля БСА (396), ґрунти в межах клумб (280), ґрунти перелогів (236), ґрунти сільськогосподарських угідь (186). Це свідчить про те, що: використовувати мули як органічних добрив для вирощування сільськогосподарської продукції неможливо; вирощування декоративних рослин на забруднених ґрунтах вводить важкі метали у біологічний кругообіг.

Еколого-геохімічна оцінка (у тому числі визначення валового вмісту металів) забруднених мулами ґрунтів дала змогу визначити найбільш потенційно небезпечні елементи – Ag, Hg, Cd, коефіцієнтом концентрації яких перевищено у 20–200 разів; за еколого-гігієнічної оцінкою (відносно гранично допустимих концентрацій) перевищення у 4–8 раз зафіксовано лише для Cu.

Зважаючи на те, що основним критерієм доступності забруднення для рослин є рухомість металів, що визначає перехід металу у трофічному ланцюгу – «грунт – рослина – тварина – людина» важливим є вміст органічної складової, що може сприяти покращенню рухомості, чи навпаки.

Завдяки аналізуванню вмісту рухомих форм установлено, що за наявності органічної складової у поверхневих відкладах Zn і Cd трансформуються в більш рухливі, а Cu і Pb – у менш рухливі сполуки, що необхідно враховувати за потреби у застосуванні добрив.

#### Література

1. Клос В.Р., Жовинський Е.Я., Акіф'єв Г.А. Еколого-геохімічні дослідження мулових полів стічних вод та їхній вплив на довкілля прилеглих територій (на прикладі ділянки Гнідин). *Пошукова та екологічна геохімія*. 2013. № 1 (13). С. 34–43.
2. Саєт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.
3. ДСТУ EN 13651:2012, Екстрагування поживних розчинних речовин хлоридом кальцію/ДТРА (САТ), (EN 13651:2012, IDT). Київ: Мінекономрозвитку України, 2013. 14 с.
4. Макаренко Н.А., Макаренко В.В. Оцінка придатності ґрунтів для виробництва органічної продукції. Київ, 2014. 49 с.

#### References

1. Klos, V.R., Zhovinsky, E.Ya., Akinfiyev, G.A. (2013). Ecological and geochemical studies of sewage sludge fields and their impact on the environment surrounding areas (for example areas Gnedin) [Ekolooho-heokhimichni doslidzhennya mulovykh poliv stichnykh vod ta yikhniy vplyv na dovkillya prylehlykh terytoriy (na prykladi dilyanky Gnidyn)]. *Exploration and environmental geochemistry*. No. 1 (13). pp. 34-43 [in Ukrainian].
2. Saet, Yu.E. Revych, B.A., Yanyin, E.P. (1990). Geochemistry of the environment [Geokhimiya okruzhayushchey sredy]. Moscow, Nedra. [in Russian].
3. Extraction of nutritive substances soluble calcium chloride. ДТРА (САТ), (EN 13651:2012, IDT) (2013) [Ekstrahuvannya pozhyvnykh rozchynnykh rehovyn khlorydom kal tsiyu]. Mineconomdevelopment Ukraine, Kiev [in Ukraine].
4. Makarenko, N.A., Makarenko V.V., (2014). Evaluation of soil suitability for organic production [Otsinka prydatnosti gruntiv dlya vyrobnytstva orhanichnoyi produktsiyi]. RVTS NUBiP Ukraine, Kiev [in Ukraine].

Клос В.Р.<sup>1</sup>, Жовинський Э.Я.<sup>2</sup>, Крюченко Н.О.<sup>2</sup>, Приходько Н.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> – Государственное предприятие «Украинская геологическая компания»

<sup>2</sup> – Институт геохимии и рудообразования им. Н.П. Семеновко НАН Украины

**Эколого-геохимическая оценка почв Киевской области, загрязненных илами сточных вод**

Представлены результаты изучения геохимического состояния поверхностных отложений (почв) Киевской области, загрязненных илами сточных вод Бортнической станции аэрации (БСА). Определены геохимические ассоциации, проведена эколого-геохимическая оценки почв, рассчитаны геохимические параметры. По суммарному показателю загрязнения установлено, что поверхностные отложения, где, в качестве удобрений использованы илы характеризуются чрезвычайно опасным уровнем загрязнения: иловые поля БСА (396), почвы клумб (280), целинные почвы (236), сельскохозяйственные земли (186). Это свидетельствует об опасности использования илов как органических удобрений для выращивания сельскохозяйственной продукции. Установлено, что при наличии органической составляющей в поверхностных отложениях Zn и Cd трансформируются в более подвижные, а Cu и Pb – в менее подвижные соединения, что необходимо учитывать в случае применения удобрений.

**Ключевые слова:** илы сточных вод, тяжелые металлы, поверхностные отложения, геохимические ассоциации, эколого-геохимическая оценка.

Klos V.R.<sup>1</sup>, Zhovinsky E.Ya.<sup>2</sup>, Kryuchenko N.O.<sup>2</sup>, Prikhodko M.V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>. State Enterprise «Ukrainian Geological Company»

<sup>2</sup>. M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Science of Ukraine

**Ecological and geochemical assessment of soils of the Kiev region contaminated with sewage sludge**

The results of the study of the geochemical state of the surface sediments (soils) of the Kiev region contaminated with sewage sludge from the Bortnicheskaya Aeration Station (BSA). Geochemical associations are determined, ecological-geochemical estimates of soils are carried out, geochemical parameters are calculated. According to the total pollution index, it is established that the surface sediments, where the sludges are used as fertilizers, are characterized by an extremely dangerous level of contamination: BSA silt fields (396), flowerbed beds (280), virgin soils (236), agricultural lands (186). This indicates the danger of using silt as an organic fertilizer for growing agricultural products. It is established that in the presence of an organic component in surface sediments, Zn and Cd are transformed into more mobile ones, and Cu and Pb – into less mobile compounds, which must be taken into account when fertilizers are needed.

**Keywords:** sewage sludge, heavy metals, surface sediments, geochemical associations, ecological and geochemical assessment.

Надійшла 16.06.2017