

УДК 550.4

ЕКОЛОГО-ГЕОХІМІЧНА ОЦІНКА ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ТЕРИТОРІЙ ПОХОВАННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

О.Т. Азімов¹, І.В. Кураєва², Ю.Ю. Войтюк², А.І. Самчук²,
С.П. Кармазиненко³, В.Г. Бахмутов⁴

1 — Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України
01054, вул. Олесь Гончара, 55-б, м. Київ, Україна
E-mail: azimov@casre.kiev.ua

2 — Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
03680, просп. акад. Палладіна, 34, м. Київ, Україна
E-mail: voitiuk_yulia@ukr.net

3 — Інститут географії НАН України
01030, вул. Володимирська, 44, м. Київ, Україна
E-mail: karmazinenko78@gmail.com

4 — Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України
03680, просп. акад. Палладіна, 32, м. Київ, Україна
E-mail: bakhmutovvg@gmail.com

У результаті еколого-геохімічних рекогносціювальних досліджень території полігону № 5 з поховання твердих побутових відходів, розташованого поблизу м. Київ, встановлено негативний його вплив на довкілля. Зафіксовано значне забруднення об'єктів довкілля важкими металами. Зокрема, безпосередньо поблизу південно-східного контуру полігону в пробах верхнього шару ґрунтового покриву виявлені аномальні значення вмісту Cu, Pb, Zn, які в десятки разів перевищують фонові значення. Ці ж проби характеризуються максимальною величиною питомої магнітної сприйнятливості ($572,1 \text{ CI} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$). Визначено, що суттєво підвищується рухомість важких металів у досліджених ґрунтах. До елементів сильного накопичення у трав'яній рослинності належать Cu та Sr.

Ключові слова: полігон, побутові відходи, важкі метали, ґрунт, геохімічний аналіз.

Вступ. Дослідження територій полігонів твердих побутових відходів (ТПВ) у даний час є актуальним завданням для України. Вивіз ТПВ на полігони пов'язаний зі значним екологічним ризиком. Кількість ТПВ за останні десятиріччя збільшилась у 10 разів. В Україні немає структури переробки різних побутових відходів (скло, папір, пластик, органічні відходи, харчові), що призводить до погіршення ситуації.

Останнім часом велику стурбованість і занепокоєння у громадськості та екологів викликають проблеми, пов'язані з полігоном № 5 з поховання ТПВ. Він розташований приблизно в 11 км на південь від житлово-промислової забудови південної частини Києва та в 4,5 км на північний захід від с. Великі Дмитровичі Обухівського району Київської області, безпосередньо поблизу західної околиці с. Підгірці, в одному кілометрі від неї.

Полігон складається з двох майданчиків складування — А та Б, на яких під ТПВ відведено

площу 35,75 га. Загальна площа полігону становить 63,7 га.

Послуги з поховання ТПВ на полігоні надає підприємство Приватне акціонерне товариство (ПАТ) «Київспецтранс», що утилізує понад половину цього типу відходів Києва. Тобто на полігон № 5 припадає левова частка сміття, що утворюється внаслідок життєдіяльності населення міста.

Полігон № 5 уведений в експлуатацію у 1986 році. Свого часу це був «передовий» полігон, побудований відповідно до західних норм. Це котлован із шарами півки та інших матеріалів, які не дозволяють фільтратам, насиченій хімікатами воді просочуватися у ґрунт. Наразі на полігоні № 5 заховано близько 7 млн т ТПВ. За приблизно 32 роки експлуатації потужності полігону вже недостатньо, в його тілі під дією опадів накопичився фільтрат.

З 2006 р. йде мова про повне закриття полігону № 5 і його рекультивуацію через його критичний екологічний стан, насамперед пов'язаний із витіканням фільтрату в землю та забруднення ним довкілля, передусім підземних вод. Адже утворені водні розчини насичені токсичними речовинами,

вони є хімічно й біологічно активними. А поруч із полігоном № 5 протікає річка Віта, яка впадає у Дніпро. Відповідно до оцінок фахівців, на полігоні накопичилося близько 500 тис. т отруйних стоків, складених хімічними речовинами найвищого класу небезпеки.

Через зазначені проблеми у різні роки полігон № 5 кілька разів було вирішено тимчасово закрити, після чого керівництву «Київспецтранс» щоразу вдавалося відновити його роботу. Нині експлуатацію полігону продовжено попри те, що з 2006 р. на об'єкті офіційно фіксуються і не повністю усуваються такі порушення:

1) недотримання технології захоронення відходів (лише частково здійснювалась або не здійснювалась взагалі пересипка складованих відходів ізольованим шаром ґрунту), внаслідок чого розповсюджується неприємний запах;

2) нерегулярна робота установки з переробки фільтрату;

3) перевищення потужностей полігону (перша черга могла безпечно приймати 9,1 млн м³ відходів, друга – 10 млн м³) хоча загальний об'єм вже накопичених відходів перевищує 35 млн м³.

Проблеми екологічної безпеки підземної гідросфери території полігону № 5 поділяють на два види: прориви пливків і потрапляння фільтратів до підземних вод; перетікання через захисну греблю внаслідок переповнення.

Полігон № 5 розташований у межах розвитку неогенових та четвертинних утворень. Сучасний ґрунт складений алювіальними різновидами, гумусованими суглинками та супісками. Потужність їх складає 0,3–1 м.

За ландшафто-геохімічним районуванням територія полігону № 5 розташована в зоні зі здатністю ландшафтів до самоочищення та акумуляції хімічних елементів [2]. На цій території добре виявляється низхідна і висхідна міграція хімічних елементів, а також площовий змив важких металів із ґрунтовим шаром і розвантаженням ґрунтових вод у зниженій частині рельєфу (долини річок, днища ярів). Ці процеси сприяють очищенню ландшафтів від техногенного забруднення. Разом із тим, ландшафти цього класу зазнають значних еколого-геохімічних навантажень унаслідок забруднення важкими металами і токсичними речовинами, що надходять у довкілля з відходами.

Мета роботи – еколого-геохімічна оцінка об'єктів довкілля території полігону № 5.

Об'єкти дослідження – ґрунти, рослинність, поверхневі води території полігону № 5.

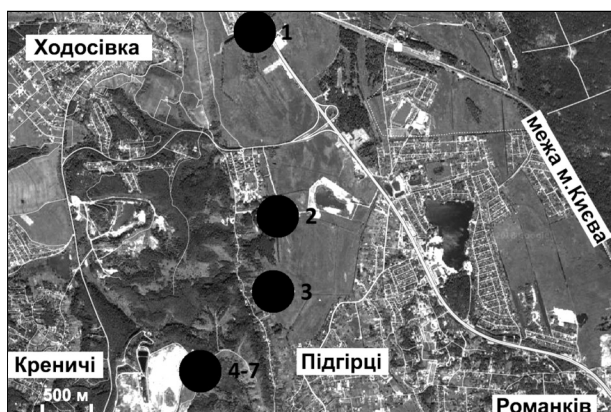
Методи досліджень. З метою оцінки впливу фільтрату, що надходить до геологічного середовища з полігону № 5, на якість підземних вод прилеглої до нього території у травні 2018 р. виконано польові рекогносціювальні комплексні дослідження з подальшим лабораторно-камеральним аналізом отриманих матеріалів. Вони передбачали такі види робіт: аналіз геоморфологічних особливостей території досліджень; відбір проб із різних компонентів ландшафту і подальший їх геохімічний аналіз, а також визначення питомої магнітної сприйнятливості відібраних проб ґрунту.

Ураховуючи, що полігон № 5 розташований у межах центральної частини вододільної поверхні, було намічено і виконано рекогносціювальні спостереження з відбором проб уздовж поздовжньо-поперечного профілю на трьох основних ділянках, що мають різні ландшафтно-геологічні умови (рисунок). Профіль відбору зразків починався на прилеглій до річки Віта низовинній, прорізаний меліоративними каналами рівнині (ділянка № 1; абсолютна відмітка 41 м над рівнем моря), був продовжений у південному напрямі паралельно долині цієї річки до підніжжя крутого схилу (ділянка № 2 і № 3; абсолютна відмітка обох – 99 м над рівнем моря) і закінчувався на вододілі безпосередньо поблизу східного контуру полігону (ділянки № 4–7; абсолютна відмітка 178 м над рівнем моря). Тобто між ділянками спостережень № 3 і 4 профіль змінив своє простягання на південно-західне, уперек схилу. Площа ділянки спостережень 500 м². З кожної ділянки було відібрано 25 проб ґрунтів та п'ять проб рослинності.

Проби ґрунту з інтервалу глибин 0–5 см за методом конверта відібрані відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02-84 на ділянках № 1–7 (рисунок) [3].

Проби поверхневої води відібрані відповідно до вимог чинного нині в Україні ДСТУ [1], зі штучних водойм лише на ділянках № 1, 2 і 3. На ділянці № 1 водойма являла собою штучний ставок, утворений унаслідок прокладання ґрунтової дороги. На ділянках № 2 і 3 це були невеликі меліоративні канали, що простягалися паралельно вододільному пасму, приблизно у 210 м східніше від нього, у межах порослої лучною рослинністю рівнини. Тобто ландшафтні умови місцезнаходження ділянки № 2 і розташованої в 670 м північніше від неї № 3 є аналогічними до тих, що ми відмічали у районі ділянки № 1.

На ділянках № 4–7 проби поверхневої води не відібрали, оскільки ділянки розташовані на вододілі вздовж південно-східного, зовнішнього



Картосхема розташування ділянок спостережень уздовж рекогносциувального поздовжньо-східного профілю в зоні впливу полігону № 5. Колами позначено ділянки спостережень, цифрами — їхні номери. Основою є космічний знімок (URL: <https://www.google.com/maps>)

контур полігону № 5 і поблизу них водної поверхні виявлено не було. Відібрати ж проби поверхневої води хоча б в одному з трьох наявних безпосередньо в межах власне полігону величезних спеціальних фільтратних озер наразі не вдалося (у ці озера зливаються залишки фільтрату, які після обробки на фільтрувальній станції стають ще більш концентрованими).

Також на всіх зазначених ділянках (крім № 2) одночасно з відбором ґрунтових проб відібрані проби рослинності. Зокрема, на ділянках № 1, 5 і 6 — пирію повзучого (*Agropyrum repens*), № 3 — тонконогу (*Poa pratensis*). Крім цього, на ділянках № 4 і 7 взято проби листя осики (*Populus tremula*).

Комплекс лабораторних досліджень охоплював еколого-геохімічний аналіз вмісту важких металів у відібраних пробах ґрунту, представницьких видів рослинності та поверхневих вод зони впливу полігону № 5, а також визначення питомої магнітної сприйнятливості проб ґрунту. При цьому вміст важких металів у зразках ґрунту, рослинності та поверхневих вод визначено методом атомно-адсорбційного аналізу на приладі КАС-115 та методом мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-MS).

Вивчення форм знаходження важких металів у ґрунті виконано за методом послідовних витяжок відповідно до методики А.І. Самчука [5].

Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) хімічного елементу рослинністю розраховано за наведеною у праці [4] формулою:

$$\text{КБП} = Lx / Nx ,$$

де Lx — вміст x -го хімічного елементу в золі рослин, Nx — його вміст у ґрунті.

Для групування важких металів за інтенсивністю біологічного поглинання застосовано методу [4].

Дослідження зразків поверхневих вод на вміст важких металів виконано за допомогою методу атомно-адсорбційної спектрофотометрії.

Геофізичні дослідження проб ґрунту полягали у визначенні питомої магнітної сприйнятливості (κ). Для цього використано чеський прилад МФК-1В з чутливістю $2\text{СІ} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$. При цьому для кожної з відібраних проб вимірювання виконувалося тричі з червня по серпень з метою виявлення можливого впливу зміни вологості на значення κ , а також для врахування імовірних похибок у вимірюваннях.

Результати досліджень. Результати рекогносциувального етапу досліджень ґрунтового покриву в інтервалі 0–5 см показують, що максимальний вміст Cu досягає значень 1000 мг/кг у розташованій безпосередньо поблизу південно-східного контуру полігону (ділянка спостережень № 5). Це значення перевищує відомий фоновий вміст міді у понад 50 разів. Вміст свинцю на цій же ділянці становить 1000 мг/кг, що перевищує фонове значення у 55 разів. Вміст цинку досягає показників 300 мг/кг, що більше фонового значення у п'ять разів. Вміст нікелю у районі вказаного контуру полігону становить 30–50 мг/кг з максимальним перевищенням фонових значень у 2,5 рази. Вміст хрому у цьому місці — 40–100 мг/кг і перевищує фонове значення удвічі.

Визначення рухомих форм знаходження важких металів (водної та іонообмінної) у зразках ґрунтів зони впливу полігону № 5 показало, що їхня рухомість значно збільшується порівняно з ділянкою, розташованою на відстані 5 км від полігону (ділянка № 1, яку за вмістом важких металів можна вважати умовно чистою). Так, на цій ділянці частка рухомих форм від валового вмісту важких металів становить 0,1–0,15 %, а на ділянці розміщення полігону — 10–12 %.

Вивчення пирію повзучого як найбільш поширеного представника міських біоценозів, дало змогу встановити, що до елементів сильного накопичення належать Cu (КБП > 1) та Cr (КБП > 1). Особливістю поглинання важких металів тонконогом є значення КБП для Ni , що дорівнює 2,5. Аналіз деревної рослинності на прикладі осики показує, що КБП > 1 не має жодний із досліджених хімічних елементів.

Дослідження проб поверхневих вод зі штучних водойм дало змогу визначити такі показники.

Так, на ділянці спостережень № 1 (штучний ставок) середня мінералізація води становить 1220 мг/дм³, жорсткість 15,6 мг-екв/дм³, вміст Ca²⁺ – 276,55 мг/дм³, Mg²⁺ – 21,89, HCO₃⁻ – 9,6, SO₄²⁻ – 326,4, Cl⁻ – 40,9, Fe_{заг} – 0,602, NO₃⁻ – 4,7 мг/дм³. Вода належить до сульфатно-кальцієвого типу. Вміст мікрокомпонентів такий, мг/дм³: Ni – 0,00488, V – 0,00488, Cr – 0,0488, Cu – 0,0122. Вміст усіх досліджених елементів не перевищує ГДК.

Дослідження води на ділянці № 2 (меліоративний канал) показало, що її середня мінералізація – 865 мг/дм³, жорсткість – 9,9 мг-екв/дм³, вміст Ca²⁺ – 152,3, Mg²⁺ – 27,97, HCO₃⁻ – 5,4, SO₄²⁻ – 292, Cl⁻ – 18,74, Fe_{заг} – 0,924, NO₃⁻ – 8,6 мг/дм³. Вода належить до сульфатно-кальцієвого типу. Вміст мікрокомпонентів такий, мг/дм³: Ni – 0,00346, V – 0,004325, Cr – 0,004325, Cu – 0,0173. Вміст усіх досліджених елементів не перевищує ГДК.

Поверхневі води відібрано на ділянці № 3 (меліоративний канал), має такі показники: середня мінералізація 992 мг/дм³, жорсткість – 13,8 мг-екв/дм³, вміст Ca²⁺ – 226,45, Mg²⁺ – 30,4, HCO₃⁻ – 9,6, SO₄²⁻ – 244,8, Cl⁻ – 34,08, Fe_{заг} – 1,33, NO₃⁻ – 13,0 мг/дм³. Вода належить до сульфатно-кальцієвого типу. Вміст мікрокомпонентів, мг/дм³: Ni – 0,00794, V – 0,00496, Cr – 0,00992, Cu – 0,02976, Pb – 0,00099. Таким чином, за винятком іонів SO₄²⁻ та Cl⁻ концентрація всіх визначених сполук і мікрокомпонентів на ділянках спостережень № 2 і 3 дещо вища, ніж на ділянці № 1. Вміст усіх досліджених елементів на усіх трьох площадках відбору не перевищує ГДК.

У результаті досліджень питомої магнітної сприйнятливості зразків ґрунту встановлено найнижчі значення (10,7–11,71 СІ × 10⁻⁸ м³/кг) у пробах, що відібрані на ділянці спостережень № 1, найбільш віддаленій від полігону № 5. Натомість найвищі показники питомої магнітної сприйнятливості (κ_{сер.} = 536,76 СІ × 10⁻⁸ м³/кг, κ_{max} = 572,1 СІ × 10⁻⁸ м³/кг) характерні для проб ґрунту, відібраних на ділянці № 6, розташованій безпосередньо поблизу південно-східного контуру полігону. Наведені дані можуть свідчити про істотне забруднення геологічного середовища у цьому районі різними феро- або парамагнітними сполу-

ками, що потрапляють до нього внаслідок функціонування полігону.

Висновки. У результаті комплексних еколого-геохімічних рекогносціювальних за масштабом досліджень району полігону № 5 з поховання ТПВ, що розташований у межах вододільного плато поблизу с. Підгірці Київської області, встановлено екологічно негативний його вплив на довкілля. Насамперед він полягає у значному забрудненні ґрунту важкими металами. Ці ж проби характеризуються максимальними величинами питомої магнітної сприйнятливості (κ_{max} = 572,1 СІ × 10⁻⁸ м³/кг). За формами знаходження важких металів у ґрунті визначено, що порівняно з фоновими ділянками рухомість їх збільшується у понад 10 разів. До елементів сильного накопичення у трав'яній рослинності належать Cu та Cr. У пробах поверхневих вод із меліоративних каналів на межі між схилом вододілу і лучною рівниною вміст всіх досліджених хімічних елементів не перевищує ГДК.

Для подальшого комплексного вивчення та об'єктивної оцінки еколого-геохімічного стану розглянутих об'єктів довкілля необхідно доповнити довідкові відомості про особливості полігону № 5, виконати моніторингові дослідження за регулярною мережею наземного опробування (літо-, гідро-, біогеохімічного), а також за відповідною кількістю профілів і точок дистанційної гіперспектральної зйомки з борту безпілотного літального апарата. Вони повинні бути розташовані в аналогічних до полігонних ландшафтно-геологічних умовах (висота рельєфу, тип ґрунту, його зволоження, гумусність, тип рослинності тощо) як власне в зоні впливу району поховання ТПВ, так і на фонових ділянках. Для детальнішого охоплення за площею території робіт потрібно підібрати й отримати зроблені субсинхронно з наземними дослідженнями інформативні (просторове, спектральне розрізнення) матеріали багатозональної космічної зйомки. Взаємна просторово-координатна прив'язка комплексу матеріалів, створення на їх основі гіперкубу даних, подальша комп'ютерна інтегральна їх обробка дасть змогу встановити кореляційні залежності між ними, побудувати картосхеми екологічної обстановки прилеглих до полігону районів, прогнозувати можливі сценарії його впливу на довкілля.

Список літератури

1. Качество воды. Отбор проб. Часть 6. Руководство по отбору проб из рек и ручьев (ISO 5667-6:2005, IDT): ДСТУ ISO 5667-6:2009. [Действующий от 2011 01 07]. Київ: Держспоживстандарт України, 2012.
2. Ландшафтно-геохімічна карта України масштабу 1:1 500 000 / Держкомгеології України, Держ. геол. підприємство «Геолпрогноз»; Скл. Почтаренко В.І., Іванченков В.П.; Голов. ред. Зарицький А.І. Київ, 1994.

3. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02 84. [Действующий от 1986 01 01]. М.: Госстандарт СССР, 1984. 7 с.
4. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафта. М.: Астрейя, 1999. 768 с.
5. Самчук А.И., Бондаренко Г.Н., Долин В.В., Сушик Ю.Я., Шраменко И.Ф., Мицкевич Б.Ф., Егоров О.С. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах. *Минерал. журн.* 1998. **20**, № 2. С. 48–59.

References

1. Kachestvo vody. Otor prob. CHast' 6. Rukovodstvo po otoru prob iz rek i ruch'ev (ISO 5667-6:2005, IDT): DSTU ISO 5667-6:2009. [Dejstvuyushchij ot 2011 01 07]. Kyiv: Derzhspozhivstandart Ukraine, 2012 [in Ukrainian].
2. Landshaftno-geohimichna karta Ukraïni masshtabu 1:1 500 000 (1994). Kyiv [in Ukrainian].
3. Ohrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlja himicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza. (1984). GOST 17.4.4.02 84 Gosstandart SSSR, Moscow [in Russian].
4. Perel'man, A. I., Kasimov, N. S. (1999). Geohimija landshafta. Astreja, Moscow [in Russian].
5. Samchuk, A.I., Bondarenko, G.N., Dolin, V.V. (1998). Fiziko-himicheskie uslovija obrazovanija mobil'nyh form toksichnyh metallov v pochvah. *Mineral. Journ.* **20**, No. 2, pp.43-59 [in Russian].

Azimov O.T.¹, Kuraeva I.V.², Voytyuk Yu.Yu.², Samchyk A.I.², Karmazynenko S.P.³, Bakhmutov V.G.⁴

1 — Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine

2 — M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine

3 — Institute of Geography of NAS of Ukraine

4 — S.I. Subbotin Institute of Geophysics of NAS of Ukraine

Ecological-geochemical assessment of the territories for the municipal solid waste disposal

The integrated ecogeochemical reconnaissance investigations of the Landfill N 5 area for the municipal solid waste disposal situated near the city of Kyiv show its negative impact on the environment. The severe copper-lead pollution of soils has been detected. Moreover, in vicinity of the south-eastern contour of Landfill area the content anomalies for Cu (1000 mg/kg that is in 50 times higher than the maximum allowable concentrations – MAC), Pb content (1000 mg/kg that is in 55 times higher than the MAC) Zn content (300 mg/kg that is in 5 times higher than the MAC) are revealed in the samples taken from the surface soil layer of 0–5 cm. These soil samples are characterized by maximal specific magnetic susceptibility ($572.1 \text{ SI} \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{kg}$). The heavy metal specification in soil has shown that their mobility increased tenfold in comparison with the background sites. The elements of significant accumulation in the grass vegetation are Cu and Cr at the biological absorption coefficients of 1.25 and 1.0, respectively. **Keywords:** landfill, solid waste, heavy metals, soil, geochemical analysis.

Азімов А.Т.¹, Кураєва І.В.², Войтюк Ю.Ю.², Самчук А.І.², Кармазиненко С.П.³, Бахмутів В.Г.⁴

1 — Научный центр аэрокосмических исследований Земли ИГН НАН Украины

2 — Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. Н.П. Семеново НАН Украины

3 — Институт географии НАН Украины

4 — Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины

Эколого-геохимическая оценка загрязнения территорий захоронения твердых бытовых отходов

Комплексное эколого-геохимическое рекогносцировочное исследование района полигона № 5 по захоронению твердых бытовых отходов, расположенного вблизи г. Киев, позволило установить экологически негативное его влияние на окружающую среду. Определено значительное медно-свинцовое загрязнение почвы тяжелыми металлами. В частности, непосредственно вблизи юго-восточного контура полигона в пробах слоя почвенного покрова 0–5 см от земной поверхности выявлены аномальные значения содержания Cu (1000 мг/кг, что превышает фоновое значение более чем в 50 раз), Pb (1000 мг/кг; превышает фон в 55 раз), Zn (300 мг/кг; что в пять раз выше фона). Эти же пробы характеризуются максимальной величиной удельной магнитной восприимчивости ($572,1 \text{ СИ} \times 10^{-8} \text{ м}^3/\text{кг}$). По формам нахождения тяжелых металлов в почве определено, что сравнительно с фоновыми участками подвижность их увеличивается в 10 раз. К элементам сильно накопления в травяной растительности принадлежит Cu, коэффициент биологического поглощения которого составляет 1,25, и Cr с аналогичным коэффициентом, равным 1,0.

Ключевые слова: полигон, бытовые отходы, тяжелые металлы, почва, геохимический анализ.

Надійшла 02.10.2018.