

УДК 631.4:(550.42:546.95):(528.855:628.398](477)

**О.Т. АЗИМОВ¹, І.В. КУРАЄВА²,
О.М. ТРОФИМЧУК³, С.П. КАРМАЗИНЕНКО⁴, К.С. ЗЛОБИНА²**

¹ Державна установа «Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України»,
вул. О. Гончара, 55-б, Київ, Україна, 01054,
e-mail: azimov@casre.kiev.ua

² Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України,
просп. Академіка Палладіна, 34, Київ, Україна, 03680,
e-mail: ki4412674@gmail.com, ecaterinka@ukr.net

³ Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України,
Чоколівський бульвар, 13, Київ, Україна, 03186,
e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

⁴ Інститут географії НАН України,
вул. Володимирська, 44, Київ, Україна, 01030,
e-mail: karmazinenko78@gmail.com

ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ТА ІНШИХ ОБ'ЄКТІВ ДОВКІЛЛЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ В РАЙОНАХ ПОЛІГОНІВ ЗАХОРОНЕННЯ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Комплексними геоекологічними дослідженнями північно-західної частини Київського полігона № 5 по захороненню твердих побутових відходів та прилегло до нього району встановлено екологічно негативний його вплив на довкілля. Виявлено, що наявні ґрунти зазнали значної геохімічної трансформації. Вони характеризуються істотним накопиченням важких металів — міді, цинку, хрому, нікелю, свинцю. Порівняно з умовно чистими ґрунтами середній вміст свинцю в ґрунтах полігона в 25 разів більше, цинку — в 22,5, міді — у 18, нікелю — в 2,5, хрому — в 1,2 раза. Встановлено аномально високе забруднення донних відкладів важкими металами: цинком — до 800 мг/кг (в 14 разів більше гранично допустимих концентрацій — ГДК), міддю — до 150 мг/кг (в 4,5 раза вище ГДК). Середній вміст свинцю в них перевищує ГДК в 2,25 раза і становить 72 мг/кг. Отже, донні відклади характеризуються небезпечним рівнем забруднення. Визначено, що до елементів значного накопичення в трав'янистій рослинності належать мідь, нікель і кобальт з коефіцієнтами біологічного поглинання понад 2,0, та 1,1 і 1,0 відповідно. За результатами фізико-хімічних досліджень поверхневих вод встановлено, що вміст в них мікроелементів (F, Cr, Ni, Cu, Fe_{заг}, Pb) не перевищує ГДК, однак він вище фонових значень. Порівняння середнього хімічного складу проб ґрунтових вод із свердловин району полігона з нормативними показниками свідчить, що загальносанітарні показники ступеня забруднення перших з них належать до категорії середнього і високого ступеня забруднення зі значним перевищенням ГДК за залізом і нікелем. Разом з тим в пробах поверхневих вод, відібраних як у північно-західній частині полігона № 5, так і за її межами, вміст всіх досліджених хімічних елементів не перевищує ГДК. Однак він вище фонових значень.

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

Актуальність проблеми. Станом на кінець 2018 р. в Україні 78 % населення охоплено послугами з вивезення побутових відходів. Найгірший показник стосовно цього сервісу відзначається у Волинській (61 %) та Черкаській і Одеській (по 63 %) областях [27].

У результаті впровадження в 1181 населеному пункті роздільного збирання побутових відходів, роботи 26 сміттесортувальних ліній, 1 сміттєспалювального заводу і 3 сміттєспалювальних установок протягом 2018 р. перероблено та утилізовано близько 6,2 % цього типу відходів, з них 2 %

спалено, а 4,2 % потрапило на заготівельні пункти вторинної сировини та сміттєпереробні заводи. Отож, з утворених у державі за 2018 р. (без урахування даних АР Крим та м. Севастополь) майже 54 млн м³ побутових відходів, або понад 9 млн т, переважну частку захоронювали на 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га. При цьому кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 256 одиниць (4,2 %), а 1347 од. (16 %) не відповідають санітарно-гігієнічним нормам та нормам екологічної безпеки [27].

Неналежним чином ведеться робота з паспортизації та рекультивациі сміттєзвалищ. З 1991 сміттєзвалища, які потребують паспортизації, у 2018 р. фактично паспортизовано лише 157 одиниць (потребує паспортизації 30 % сміттєзвалищ від їх загальної кількості). Найбільша кількість полігонів, що потребують паспортизації, розташована у Чернігівській (77 % їх загальної кількості) та Запорізькій (відповідно 73 %) областях. З 543 сміттєзвалищ, які потребують рекультивациі (це 7,7 % їх загальної кількості), фактично рекультивовано тільки 74 одиниці. Найбільша кількість полігонів, що потребують рекультивациі, зосереджена в Закарпатській області (67 % від загальної кількості) та у м. Києві [27].

Потреба у будівництві нових полігонів становить понад 420 одиниць. Найбільшу потребу щодо цього питання мають Дніпропетровська (55 од.) та Закарпатська (44 од.) області. Через неналежну систему поводження з твердими побутовими відходами (ТПВ) у населених пунктах України, здебільшого у приватному секторі, щорічно виявляється 26,6 тис. несанкціонованих звалищ, що займають площу 0,75 тис. га. У 2018 р. з їх числа ліквідовано 26 тис. несанкціонованих звалищ площею 0,68 тис. га [27].

Отже, вивчення еколого-геохімічного стану об'єктів довкілля територій, що зазнають впливу різноманітних викидів, пов'язаних з ТПВ, на сьогодні є дуже актуальним. Це аргументовано тим, що наслідки впливу полігонів захоронення ТПВ на навколишнє середовище і на здоров'я населення, яке живе поблизу цих територій, спричиняють великі проблеми [2, 3, 5, 7, 10, 24, 29–35, 37, 38 та ін.].

Найбільшого забруднення зазнають підземні та поверхневі води, ґрунти і поверхневі відклади, рослинність. Особливо небезпечний у цьому процесі фільтрат — складна за хімічним складом рідина з яскраво вираженим неприємним запахом біогазу. Він утворюється із стічних вод, що виникають у результаті інфільтрації атмосферних опадів у «тіло» власне звалища сміття, а потім концентруються в його основі. При цьому про-

ходячи через товщу відходів, фільтрат збагачується різноманітними токсичними речовинами, що входять до їх складу, або ж насичується продуктами їх розкладання. У межах сміттєзвалищ, закладених без дотримання правил охорони довкілля (наприклад таких, що не мають протифільтраційних екранів, системи відведення й очищення фільтрату тощо), фільтрат зазвичай вільно стікає по рельєфу в напрямку понижених ділянок і, як наслідок, потрапляє у ґрунт й підстильні осадові породи, поверхневі води гідрографічної мережі, донні відклади, ґрунтові та підземні води.

Комплексні дослідження природних утворень, прилеглих до полігонів захоронення ТПВ, необхідні для їх об'єктивного еколого-геохімічного оцінювання. Геохімічні процеси, які відбуваються на таких територіях, призводять до значної трансформації екологічного стану поверхневих відкладів, природних вод, біогеохімічних показників тощо.

Мета досліджень — визначення основних еколого-геохімічних показників біокосних систем району захоронення ТПВ на прикладі Київського полігона № 5. Він уведений в експлуатацію у 1986 р. З усіх відходів м. Києва (1,2 млн т на рік) на ньому захоронюється понад 400 тис т. Нині на полігоні захоронено близько 7 млн т ТПВ. За роки експлуатації висота сміттевого шару в його межах досягла 50 м, що приблизно дорівнює висоті 15-поверхового будинку. За 33 роки експлуатації потужностей полігона вже недостатньо, в його тілі під дією опадів накопичився фільтрат. З 2006 р. йде мова про повне закриття полігона № 5 через його критичний екологічний стан, насамперед пов'язаний з витіканням фільтрату в ґрунт та забруднення ним навколишнього середовища, передусім підземних вод.

Характеристика території досліджень. Полігон № 5 розташований приблизно в 11 км на південь від житлово-промислової забудови південної частини м. Києва та в 4,5 км на північний захід від с. Великі Дмитровичі Обухівського району Київської області, безпосередньо поблизу західної околиці с. Підгірці, в 1 км від неї. У 500 м західніше полігона вже простежується контур с. Креничі. ТПВ складають у межах центральної частини вододільної поверхні, яка з півночі обмежена Ходосівською балкою урочища Марусин Яр (рис. 1). Полігон складається з двох майданчиків (або черг, карт) складування — «А» та «Б», на яких під ТПВ відведено площу 35,75 га. Загальна площа полігона — 63,7 га.

За фізико-географічним районуванням територія полігона № 5 входить до Васильківсько-

Кагарлицького району Київської височинної області Подільсько-Придніпровського краю Лісостепової зони. Серед ландшафтів домінують *лісостепові*, які представлені лесовими височинами, розчленованими ярами та балками, що врізані в палеогенові (Р) відклади, із зсувами, з еродованими темно-сірими опідзоленими ґрунтами [18]. На території полігона домінує лісова рослинність із дубовими, грабово-дубовими і грабовими широколистяними лісами та агрофітоценозами на прилеглих землях [18].

Відповідно до *кліматичного районування*, територія належить до західного кліматичного району Лісостепової зони північної атлантико-континентальної кліматичної області, із середніми температурами січня -6°C , липня $+20^{\circ}\text{C}$ і кількістю опадів 550 мм/рік [18].

Згідно з *тектонічним районуванням*, територія досліджень входить до Бузько-Росинського мегаблока Українського щита Східноєвропейської дорифейської платформи. Відклади четвертинного (Q) періоду в її межах представлені еолово-делювіальними та елювіальними утвореннями (суглинки лесоподібні, леси та викопні ґрунти), завтовшки 1–16 м, верхньонеоплейстоценової ланки плейстоцену, які підстилаються осадами бучацького (Р₂бс) регіоарусу еоцену палеогенової системи [18]. Основні водоносні горизонтами приурочені в цьому районі до порід юрського (J), крейдяного (K) і палеогенового віку [18].

За *геоморфологічною будовою* територія полігона належить до горбисто-хвилястої моренно-водно-льодовикової рівнини на крейдяних та палеоген-неогенових (Р–N) утвореннях у межах помірних і відносно слабких піднять. Останні за геоморфологічним районуванням належать до Київського акумулятивно-денудаційно-хвилястого, середньо- та сильнорозчленованого плато на палеогенових і неогенових відкладах [18].

На території досліджень фоновими є темно-сірі опідзолені *ґрунти* переважно на лесових породах [18]. Вони сформувалися за участю як дернового процесу ґрунтоутворення, так і підзолистого, в умовах зріджених освітлених дубових лісів з добре поширеним трав'янистим покривом. Згідно із сучасними уявленнями, ці ґрунти утворилися під широколистяними лісами у післяльодовиковий період, коли лесові породи почали поступово вкриватися лісом, під впливом таких основних ґрунтоутворювальних процесів: гумусонакопичення, біологічної акумуляції зольних речовин, вилуговування карбонатів і легкорозчинних солей, міграції гумусових речовин і продуктів розкладу мінералів, лесиважу.

Темно-сірі опідзолені ґрунти поєднують у собі ознаки чорноземів – значну гумусованість, по-

рівняно високу насиченість увібраним кальцієм, структурність та релікти діяльності степової фауни (кротовини) й ознаки підзолистих ґрунтів (вилуженість від карбонатів, помітну кислотність, порушеність та переміщення колоїдів у нижні горизонти). У зв'язку з цим їм властива гумусово-елювіальна диференціація профілю. Типовими морфологічними ознаками цих ґрунтів є значна акумуляція органічних речовин, елювіально-ілювіальна диференціація профілю, ненасиченість ґрунтового вбирного комплексу обмінним кальцієм і слабкокисло (рН 5,5–6,0) реакція ґрунтового розчину [9, 17]. Товщина сучасного ґрунту в районі полігона № 5 – 0,3–1,0 м.

За *ландшафтно-геохімічним районуванням* територія полігона № 5 розміщується в зоні зі здатністю до самоочищення та акумуляції [15]. Поширені ці ландшафти на лесах і кристалічних породах. В їх межах добре виявляється низхідна і висхідна міграція хімічних елементів, а також площовий змив важких металів (ВМ) з ґрунтовим шаром і розвантаженням ґрунтових вод у зниженій частині рельєфу (долини річок, дно ярів). Ці процеси сприяють очищенню ландшафтів від техногенного забруднення. Разом з тим ландшафти цього класу зазнають значних еколого-геохімічних навантажень унаслідок забруднення ВМ і токсичними речовинами, що надходять у довкілля з відходами.

Об'єкти досліджень. У листопаді 2018 р. під час продовження робіт, розпочатих раніше, що стосувалися північно-східної частини полігона [2–4, 32], було виконано [5, 14, 28, 33] польові комплексні дослідження північно-західної його частини і прилеглих до неї площ з подальшим лабораторно-камеральним аналізом отриманих матеріалів (рис. 1). Вони включали такі види робіт:

- візуальний аналіз гідролого-геоморфологічних особливостей території досліджень;
- відбір проб з різних компонентів ландшафту в межах 6 площадок спостережень і подальший їх геохімічний аналіз: ґрунту з інтервалу глибин 0–5 см (у межах усіх 6 площадок спостережень); поверхневої води (у межах площадок спостережень 1, 5, 6); донних відкладів (у межах площадок спостережень 5 і 6); рослинності (у межах площадок спостережень 3–6).

Крім того, виконано фотографування місць відбору проб і прилеглих до них районів (зроблено 65 фотознімків), що характеризують відповідну ландшафтну обстановку (рис. 2–7).

Порівняно з попередніми нашими публікаціями, які теж стосувалися північно-західної частини полігона № 5 і прилеглих до неї площ [5, 14, 28, 33], у статті наведено повніші результа-



Рис. 1. Картоschema розташування площадок спостережень (1–6) уздовж поперечно-поздовжнього профілю в зоні північно-західної частини полігона № 5. Як підкладку використано космічний знімок, отриманий з Інтернет-джерела [36]

Fig. 1. Schematic map of the location of observation sites (1–6) along the longitudinal-transverse profile in the zone influenced of the north-western part of the Lanfill No 5. Satellite image is received from the Internet [36] and used as an underlayer

ти еколого-геохімічних досліджень компонентів ландшафту.

Польові дослідження (опис маршруту). З огляду на те що полігон № 5 розташований в межах центральної частини вододільної поверхні, спостереження з відбором зазначених проб у натурних умовах виконано [5, 14, 28, 33] уздовж поперечно-поздовжнього профілю на п'яти основних площадках, з відмінними ландшафтно-геологічними умовами (рис. 1). Для географічної прив'язки площадок спостережень було використано прилад GPS MAP 60 CSX з точністю прив'язки 5 м у системі координат UTM/WGS 84.

Профіль розпочинався у дні балки біля її західного, крутого схилу (кут падіння близько 45–50°), уздовж якого тече на північ тимчасовий струмок у рівчаку (площадка спостережень № 1). Із заходу і північного заходу балка обмежує розлогу вододільну поверхню, на якій розташовані черга «Б» полігона № 5 та його основний ставок-фільтратонакопичувач.

У північно-східному напрямку профіль наземних досліджень проходив поперек балки по її загальному плоскому дну з перетином тимчасового струмка. На східному боці струмка була закладе-



Рис. 2. Дно балки в районі площадки спостережень № 2
Fig. 2. Photographic image of the ravine bottom in the area of observation site No 2



Рис. 3. Підрізаний західний схил вододільного плато між площадками спостережень № 2 і 3

Fig. 3. Photographic image of the «cut» western slope of inland plateau between the No 2 and 3 observation sites

на площадка спостережень № 2 (див. рис. 1, 2). За результатами візуальних досліджень геолого-геоморфологічні умови площадок спостережень № 1 і 2 однакові.

Між площадками спостережень № 2 і 3 профіль перетинав дно балки поперек її простягання, а також східний крутий її схил. Останній поступово переходив у західний схил вододільного плато, дуже крутий біля свого верхів'я (кути падіння схилу біля верхів'я сягають 50–60°) (рис. 3). Саме в межах цього плато розташована черга «А» та основний ставок-фільтратонакопичувач полігона № 5 (див. рис. 1). На плато в районі північно-західного контуру ставка закладено площадку спостережень № 3 (рис. 1, 4).

Після оминання з півночі ставка-фільтратонакопичувача в межах північно-західного схилу



Рис. 4. Північно-західний схил черги «А» полігона № 5 і прилеглий основний ставок-накопичувач. Вид з району площадки спостережень № 3

Fig. 4. Photographic image of the north-western slope for a Section «A» of the Landfill No 5 and adjacent main containment pond for leachate over the area of observation site No 3



Рис. 5. Схил вододільного плато у районі північно-західної частини черги «А» полігона № 5. Вид з площадки спостережень № 4.

Fig. 5. Photographic image of the inland plateau slope in the area of the north-western Section «A», Landfill No 5, acquired from the observation site No 4

вододілу, неподалік відповідного контуру черги «А» полігона закладено площадку спостережень № 4 (рис. 1, 5).

Далі напрямком профілю був змінений з північно-східного на північно-західний. У районі дамби, що перегороджує місце з'єднання заповненої водоймою балки (в її дні гіпсометрично вище розташовані площадки спостережень № 1 і 2) та обмежувальної заболоченої долини Ходосівської балки урочища Марусин Яр з річкою, яка з півночі обмежує вододільну поверхню з розміщеною на ній картою «А» полігона № 5, було закладено площадку спостережень № 5



Рис. 6. Штучний ставок у нижній частині балки, що оточує полігон № 5 із заходу і північного заходу (район площадки спостережень № 5)

Fig. 6. Photographic image of artificial pond at the lower part of the ravine, which frames the Landfill No 5 from the west and north-west (area of the observation site No 5)

(рис. 1, 6). Дамба перегороджує штучний ставок у нижній частині балки, який простягається у південно-західному напрямку до її верхів'я.

В кінці профілю розташовано площадку спостережень № 6 в 1 км від північно-західного контуру полігона, тобто фактично вже в межах фонові ділянки (рис. 1, 7). У район площадки потрапила нижня частина описаної вище обмежувальної долини р. Марусин Яр, яка у цьому місці має північ-північно-західне простягання і з'єднується з іншою, майже поперечною до неї основною долиною, що тягнеться північніше с. Креничі. Долина р. Марусин Яр у цьому місці є розлогою за шириною, пласкою, заболоченою, порослою очеретом (рис. 7). У районі з'єднання цих долин через тунель під автодорогою с. Креничі—с. Ходосівка з водойми Марусиного Яру взято зразки усіх компонентів ландшафту.

Аналіз використаних методик. Як і в попередніх дослідженнях [2–4, 32], було застосовано комплекс методів для двох блоків робіт: відбору зразків компонентів ландшафту та лабораторних досліджень. Спершу зупинимося на характеристичі особливостей відбору проб. Зокрема, *опробування ґрунту* з інтервалу глибин 0–5 см здійснювалося за методикою конверта, відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02–84 [23].

Проби поверхневої води об'ємом 1,5 л кожна відібрані відповідно до вимог ГОСТ Р 51592-2000 [8]. З однієї з водойм полігона № 5 та з однієї з району його впливу взято, згідно з ГОСТ 17.1.5.01-80 [21], *проби донних відкладів*.

Репрезентативні види *рослинності* на території досліджень було апробовано паралельно з

відбором ґрунтових проб. На площадці спостережень № 3 рослинність представлена осокою (*Carex*), на № 4 і 6 — різноотрав'ям, на № 5 — пирієм повзучим (*Agropyrum repens*). На площадці спостережень № 6 було взято проби опалого листя осики (*Populus tremula*).

Комплекс лабораторних досліджень включав геохімічний аналіз на вміст макро- й мікрокомпонентів, ВМ у відібраних пробах ґрунту, репрезентативних видів рослинності, поверхневих вод та донних відкладів полігона № 5 і зони його впливу, а також визначення основних токсикологічних й еколого-геохімічних показників цих зразків. Зокрема, вміст ВМ у компонентах ландшафту визначали фізико-хімічними (атомно-абсорбційний метод, спектрографи КАС-115 та «Сатурн 3»; емісійний спектральний аналіз, спектрограф «ЕСТ-1»; метод мас-спектрометрії з індукційно зв'язаною плазмою — ICP-MS аналіз) та хімічними (силікатний аналіз) методами досліджень.

Фізико-хімічні властивості ґрунтів визначали хімічними та потенціометричними методами. Вивчення форм знаходження ВМ у ґрунтах виконано методом послідовних (постадійних) витяжок за методикою А.І. Самчука [25].

Коефіцієнт біологічного поглинання (КБП) хімічного елемента рослинністю розраховано за формулою

$$\text{КБП} = \frac{Lx}{Nx},$$

де Lx — вміст x -го хімічного елемента в золі рослин; Nx — його вміст у ґрунті. При групуванні ВМ за інтенсивністю біологічного поглинання використано методику І.А. Авессаломової [1].

Для кількісного вираження загальної здатності видів рослинності концентрувати ВМ І.А. Авессаломова запропонувала спеціальний показник — біогеохімічну активність (БХА) виду, що є сумарною величиною, яку отримують при складанні КБП окремих ВМ [1]:

$$\text{БХА} = \sum \text{КБП}.$$

Таким чином, в основі розрахунку показника БХА, який ми також застосували для аналізу еколого-геохімічних характеристик пирію повзучого, лежить загальний ефект накопичення ВМ у золі рослини, що складається з його часткових «активностей» стосовно різних хімічних елементів.

Зразки поверхневих вод досліджено на вміст ВМ за такою схемою: фільтрат обробляли концентрованою азотною кислотою у фарфоровій чашці, з нього випарювали зразок до об'єму



Рис. 7. Нижня частина долини урочища Марусин Яр, що з півночі оточує вододільну поверхню з розташованим на ній полігоном № 5 (район площадки спостережень № 6)

Fig. 7. Photographic image of the lower part of the valley about the tract of Marusyn Yar restricting to the north the watershed area with the Landfill No 5 localized here (an area of the observation site No 6)

25 мл, який доводили до об'єму 100 мл бідистильованою водою, а потім аналізували методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії.

Результати проведених досліджень. Особливе значення при комплексному вивченні територій розміщення ТПВ мають *ґрунтові відклади*. Слід зазначити, що об'єктивним показником техногенно забруднених ґрунтів є вміст у них рухомих форм поліутантів. Ґрунти на територіях, що не зазнають техногенного забруднення (фонові), зазвичай належать до високородючих з позитивними фізико-хімічними характеристиками [13].

За результатами аналітичних досліджень встановлено, що ґрунтові відклади, на які впливає дія північно-західної частини полігона № 5, зазнали значної геохімічної трансформації, як і

Таблиця 1. Порівняння осереднених фізико-хімічних властивостей фонових (за [13]) і техногенно забруднених у районі полігона № 5 ґрунтів

Table 1. Comparison of the averaged physico-chemical properties between background soil (according to [13]) and technogenic polluted ones within the Landfill No 5

Ґрунти	Поглинені катіони, мг-екв на 100 г	$C_{орг}$, %	pH (водний розчин)	K_{σ}
Темно-сірі опідзолнені на лесах (фонові), $n = 82$	32,82	8,21	7,2	20,1
Техногенно забруднені, $n = 63$	14,26	2,5	6,5	4,2

Примітка: n — кількість проб, на підставі яких виконано осереднення.

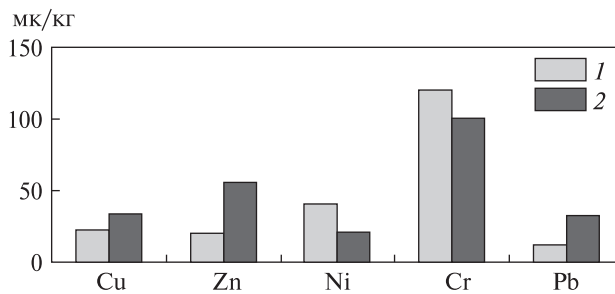


Рис. 8. Гістограма порівняння вмісту важких металів в умовно чистих (фонових) ґрунтах (1) [13] з гранично допустимими їх концентраціями (2), згідно з [11]

Fig. 8. Histogram of comparison of heavy metal contents (1) in the conventional pure (background) soils [13] with (2) the maximum allowable concentrations (MACs) according to [11]

відклади, на які впливає дія північно-східної його частини [2—4, 32]. Зокрема, однією з основних характеристик техногенних ґрунтів є їхня буферність. Вона відображає здатність ґрунтів протистояти антропогенному забрудненню. Для оцінки цієї ознаки ґрунтів використовують коефіцієнт буферності (K_{σ}) (табл.1) [25].

Отже, наведені дані черговий раз підтверджують факти, що в техногенно забруднених ґрунтах зменшується вміст поглинених катіонів і $C_{орг}$. Також у них значно зменшується K_{σ} .

Як бачимо, вплив полігона захоронення ТПВ призвів до порушення природного співвідношення форм знаходження ВМ у ґрунтах. У фонових ґрунтах домінують міцнозв'язані форми (60—90 % загального вмісту). Унаслідок забруднення ВМ у ґрунтах збільшується кількість рухомих форм (водорозчинна та іонообмінна): Zn — в 4 рази, Ni — у 5 разів, Cu — у 6 разів, Pb — у 8 разів. Це відбувається внаслідок надходження у ґрунти ВМ у вигляді оксидів та інших сполук, їх підвищена міграційна здатність пояснюється

істотним зниженням коефіцієнта буферності ґрунтів та зменшенням ємності ґрунтово-поглинального комплексу.

Одним з найважливіших показників ґрунту є накопичення в них ВМ. З урахуванням кількості проб ґрунту, відібраних у межах кожної з площадок спостережень, визначено мінімальні, максимальні та середньостатистичні значення вмісту в них ВМ (табл. 2). Вважаємо, що ці дані є статистично обґрунтованими. Порівняно з умовно чистими (фоновими) ґрунтами регіону [13] у досліджених ґрунтах полігона № 5 середній вміст свинцю у 25 раз більше, цинку — у 22,5, міді — у 18, нікелю — у 2,5, хрому — у 1,2 раза. Фонові ґрунти також характеризуються (рис. 8, табл. 2) перевищеннями гранично допустимих концентрацій (ГДК) за вмістом у них нікелю і хрому згідно з даними, наведеними у праці [11].

Порівняння показників максимальних концентрацій ВМ, які виявлено у ґрунтах полігона на площадках спостережень № 3 і 4, доводить що вміст цинку — у 250 разів, міді — в 45, свинцю — у 41,7, нікелю — у 2,5, хрому — в 1,7 раза більше, ніж у фонових (табл. 2). Очікувано ці максимальні показники перевищують й відповідні значення ГДК: міді — у 30,3 раза, цинку — у 90,9, нікелю — у 5, хрому — у 2, свинцю — 15,6 раза. Тим часом порівняння найбільших із середніх значень вмісту ВМ у ґрунтах полігона, засвідчує перевищення їх ГДК: міді — у 12,1 раза, цинку — у 4,5, нікелю — у 5, хрому — в 1,4, свинцю — у 9,4 раза (табл. 2, рис. 9). Зазначимо, що й деякі інші науковці у своїх роботах [12 та ін.] з метою аналітичного порівняння під час досліджень ґрунтів і донних відкладів користуються аналогічними показниками ГДК.

Разом з тим ґрунт району впливу полігона за його межами (площадка спостережень № 6) ха-

Таблиця 2. Порівняння вмісту важких металів (мг/кг) у фонових (за [13]) та техногенно забруднених ґрунтах у районі полігона № 5 зі значеннями гранично допустимих концентрацій (за [11])

Table 2. Comparison of heavy metal contents in background soil (according to [13]) and technogenic polluted ones within the Landfill No 5 with the maximum allowable concentrations (according to [11])

ВМ	Номер площадки спостережень																		Фонові [13]	ГДК [11]
	№ 1 (n = 13)			№ 2 (n = 28)			№ 3 (n = 23)			№ 4 (n = 27)			№ 5 (n = 21)			№ 6 (n = 14)				
	min	max	сер.	min	max	сер.	min	max	сер.	min	max	сер.	min	max	сер.	min	max	сер.		
Cu	20	220	120	45	180	150	60	1000	350	50	1000	400	80	350	180	10	34	15	22	33
Zn	95	190	150	60	290	180	80	5000	450	100	250	180	50	380	250	20	100	80	20	55
Ni	5	55	40	35	140	100	15	100	40	20	42	29	10	80	42	5	22	15	40	20
Cr	5	40	23	45	300	140	30	200	110	30	100	80	60	200	100	15	80	55	120	100
Pb	10	140	80	100	300	200	100	500	300	60	200	154	55	300	200	10	120	20	12	32

Примітка: n — кількість проб, відібраних у межах площадки спостережень; min, max, сер. — відповідно мінімальне, максимальне і середнє (виділено жирним шрифтом) значення вмісту ВМ на площадці спостережень.

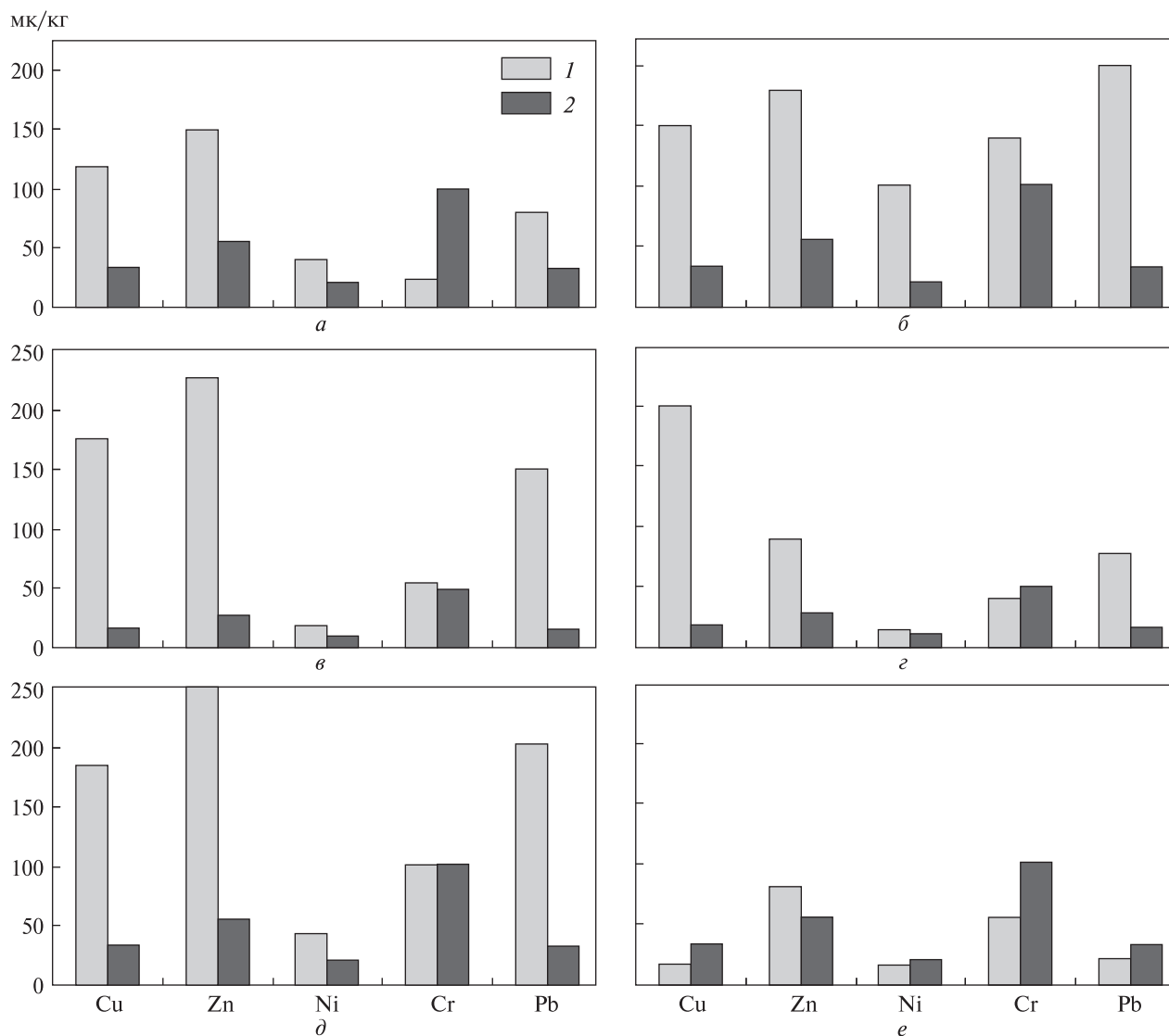


Рис. 9. Гістограми порівняння вмісту важких металів у ґрунтах площадок спостережень № 1–6 (а–е) у межах полігона № 5 і прилеглого (фонового) району з гранично допустимими їх концентраціями. Площадки спостережень (див. рис.1) № 1–5 – у межах полігона; площадка № 6 – фоновая; 1 – вміст ВМ у ґрунтах площадок спостережень; 2 – ГДК ВМ у ґрунтах [11]

Fig. 9. Histograms of comparison of heavy metal (HM) contents in the soils from the observation sites No 1-6 (a-e) within the Landfill No 5 and adjacent (background) area with their maximum allowable concentrations. Observation sites (see Fig.1) No 1–5 – within the Landfill, site No 6 – background; 1 – HM content in soils from the observation sites; 2 – MACs of HM in soils [11]

рактизується перевищенням ГДК за максимальним вмістом в окремих з його проб свинцю і цинку, меншою мірою – нікелю і міді (табл. 2). Втім за середніми значеннями лише вміст цинку у ґрунті цієї площадки перевищує ГДК у 1,45 рази (80,0 проти 55,0, рис. 9, e). Інші досліджені ВМ за середніми концентраціями не досягають рівнів ГДК. Це може свідчити про порівняно незначну міграцію ВМ до прилеглих до полігона № 5 територій завдяки вжитим заходам щодо мінімізації їх винесення або про субвертикальне проникнення їх у розріз ґрунту на більшій (понад

5–10 см) глибини, опробування якого ми не проводили. Ця проблема потребує детальнішого вивчення.

За результатами фізико-хімічних досліджень відібраних проб проаналізовано макро- і мікрокомпонентний склад *поверхневих вод* частини території полігона із захоронення ТПВ № 5, а також вод поза її межами, але в зоні впливу звалища. Виявлено, що досліджені води в межах полігона (площадки спостережень № 1 і 5) за хімічним складом належать до гідрокарбонатно-кальцієвого та гідрокарбонатно-змішаного, а за

його межами (площадка № 6) — до гідрокарбонатно-хлоридно-натрієвого типу.

Відібрані в межах полігона з площадки спостережень № 5 (див. рис. 1, 6) проби мають чорний колір, сильний неприємний запах органічної речовини, що розкладається. Вода зразків, відібраних на площадці спостережень № 1, — коричнева, характеризується слабким запахом. Зазначеним пробам властиві високі показники загальної лужності, сухого залишку, вмісту хлоридів і нітратів (табл. 3). Так, у зразках з площадок спостережень № 1 і 5 вміст хлоридів перевищує ГДК [19] для поверхневих вод у 3,9 і 1,9 раза відповідно. За вмістом нітратів проби площадки спостережень № 1 перевищують ГДК приблизно у 2,2 раза. Ймовірно, це зумовлено тим, що опробувані водойми значною мірою є стічними водами з великим вмістом органічних забруднювачів. Останні швидше належать до гумінових та інших органічних кислот. Тому для отримання коректніших показників хімічного складу таких типів води необхідне попереднє їх очищення за спеціальною технологією.

Отже, поверхневі води накопичуються у балці, що із заходу і північного заходу обмежує розлогу вододільну поверхню, на якій розташовані

Таблиця 3. Результати хімічного аналізу зразків поверхневої води, відібраних у межах північно-західної частини полігона № 5 і в районі ймовірного її впливу

Table 3. Results of chemical analysis of surface water samples collected within both the north-western Landfill No 5 and area of its possible influence

Гідрогеохімічний показник	ГДК	Місце відбору (площадка спостережень)		
		у межах полігона		за межами полігона
		№ 1	№ 5	№ 6
Ca ²⁺ , мг/дм ³	130	236,47	116,23	48,1
Mg ²⁺ , мг/дм ³	80	45,56	27,97	23,14
Fe _{заг} , мг/дм ³	0,2	3,302	6,82	0,4176
Лужність загальна, мг-екв/дм ³	—	17,6	21,6	6,0
Cl ⁻ , мг/дм ³	250	967,87	477,12	5,45
SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	500	38,4	19,2	48
Сухий залишок, г/дм ³	1,0	3,02	1,709	0,333
Жорсткість, мг-екв/дм ³	7	18,8	10,4	6,12
NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	45	98,3	10,8	3,1

Примітка: Тут і в табл. 4 і 5 жирним шрифтом виділено показники, що перевищують відповідні значення ГДК.

черга «Б» полігона № 5 та його основний ставок-фільтратонакопичувач. Як у верхів'ї балки (струмок у рівчаку, площадка спостережень № 1), так і в районі її злиття (впадання) з урочищем Марусин Яр, що перегороджений дамбою з утворенням штучного ставка (площадка спостережень № 5), ці поверхневі води відносно інтенсивно забруднюються відповідними токсикантами, які можуть надходити з двох можливих джерел: 1) з території полігона № 5; 2) зі свиноферми на щонайменше 2 тис. голів свиней, що розташована південніше полігона, проте гіпсометрично по поверхні рельєфу вище (тут щодня виробляються органічні відходи, які, вочевидь, скидають у якісь вигрібні ями). Для конкретизації відповіді необхідні додаткові дослідження.

Ймовірно, це масоперенесення відбувається природними шляхами з огляду на ландшафтно-геологічні умови території та взаєморозташування зазначених об'єктів. У будь-якому випадку, на нашу думку, найбільша динаміка процесу забруднення можлива після рясних атмосферних опадів (переважно злив) та швидкоплинного тання значних масивів снігового покриву.

Еколого-геохімічними дослідженнями також визначено, що у зразках поверхневої води з площадки спостережень № 1 у межах полігона вміст кальцію перевищує ГДК для питних вод майже в 1,8 раза. Вміст Fe_{заг} перевищує ГДК для питних вод [19] в усіх відібраних пробах трьох площадок спостережень, як у межах полігона № 5 (16,5 раза, площадка спостережень № 1; 34,1 раза, площадка спостережень № 5), так і на фонівій ділянці (2,35 раза, площадка спостережень № 6). Вочевидь, поверхневі води усього регіону досліджень характеризуються підвищеним вмістом Fe_{заг}.

Натомість, проби поверхневої води, відібрані з площадки спостережень № 6 в 1 км від північно-західного контуру полігона № 5 (тобто за його територією, фактично в межах фону, див. рис. 1, 7), є світлими, практично без запаху. За винятком Fe_{заг}, її еколого-гідрогеохімічні показники не перевищують ГДК [19]. Таким чином, значного винесення хімічних забруднювачів з поверхневими водами за межі полігона у його північно-західній частині не встановлено. Лише короткоперіодичний моніторинг водних об'єктів території здатен у перспективі встановити конкретні часові інтервали в межах тієї чи іншої пори року, коли можливе забруднення вод різноманітними токсикантами.

Згідно з результатами визначення вмісту металів у сухому залишку поверхневих вод, опробуваних з водойм північно-західної частини території полігона № 5, а також з водойми у зоні його

впливу (табл. 4), переважна більшість металів у дослідженій субстанції не перевищує ГДК, які прийняті [19] на скид стічних вод у відкриті водойми. Проте за концентраціями міді, кобальту й алюмінію у пробах зі штучного ставка, що відібрані поблизу дамби, яка у нижній частині перегороджує розташовану у північно-західній частині полігона балку (площадка спостережень № 5, див. рис. 1, 6), поверхневі води досягають рівня ГДК, не перевищуючи його.

Виняток становлять лише показники мангану — перевищення ГДК у поверхневих водах, але тільки в межах водних об'єктів полігона (площадки спостережень № 1 і 5). Так, у пробах зі штучного ставка (площадка спостережень № 5), вміст мангану дорівнює 0,25 мг/л — більше ГДК у 2,5 раза.

З викладеного можна дійти висновку, що німецьке обладнання із системою переробки (очищення) токсичного фільтрату «ROCHEM», яке базується на технології зворотного осмосу і працює на полігоні, функціонує задовільно протягом періоду, що безпосередньо передував нашим дослідженням. Очевидно, що після збільшення потужності системи з 200 до 350 м³/добу рідини, яка залишалася після очищення фільтрату і розпилення її по площі полігона, за відсутності явних атмосферних опадів лише в незначній кількості розтікалася по окрузі й до поверхневих вод навколишнього середовища майже не потрапляла.

Натомість хімічний склад *донних відкладів*, відібраних у районі площадки спостережень № 5 зі штучного ставка у нижній частині балки, що облямовує полігон захоронення ТПВ із заходу і північного заходу, характеризується підвищеними концентраціями речовин і елементів, які змінюються з глибиною. Так, зі збільшенням глибини вміст органічних речовин у складі цих відкладів збільшується, що визначається поверхневим зливом або з карт звалища, або з інших об'єктів за межами полігона.

Валовий вміст ВМ у донних відкладах варіює у широких межах, що залежить від техногенних факторів. Так, у районі площадки спостережень № 5 виявлено аномально високе забруднення цинком — 800 мг/кг, що в 14 разів більше ГДК [16, 19, 22]. Варіації вмісту цинку в донних відкладах змінюються в межах 60–800 мг/кг. Підвищений вміст міді становить 150 мг/кг, що в 4,5 раза вище ГДК. Варіації вмісту міді змінюються в діапазоні від 50 до 150 мг/кг. Середній вміст свинцю в донних відкладах площадки № 5 також перевищує ГДК (у 2,25 раза) і становить 72 мг/кг. Концентрація свинцю варіює від 60 до 180 мг/кг.

На площадці спостережень № 6 (відносно фоновій) встановлено такий вміст ВМ у донних утвореннях, мг/кг: Cu 40, Zn 600, Mo 10, Pb 60, Sn 80. Отже, незважаючи на те, що ця площадка розташована поза межами полігона, вона характеризується вмістом ВМ у досліджуваних відкладах вище ГДК і фонових значень.

Відповідно до критеріїв забруднення [6], донні відклади району полігона № 5 за концентраціями забруднювальних речовин належать до небезпечного рівня забруднення. Не викликає сумніву, що накопичення в них зазначених поллютантів стало наслідком їх винесення з тіл карт «А» та «Б» через технологічні порушення, вочевидь численні, протягом тривалої дії полігона захоронення ТПВ поблизу с. Підгірці. Адже інших істотних джерел забруднення довкілля ВМ на території не існує або вони потребують виявлення, для чого необхідні додаткові детальні дослідження.

Забруднення *ґрунтових вод* району макро- і мікроелементами і зміна їх фізико-хімічних показників підтверджується наявними даними (матеріали Державного підприємства «Українська геологічна компанія») щодо їхнього хімічного складу зі спостережних свердловин полігона № 5. На цей час з 20 свердловин цього типу робочими залишаються лише 8. Інтервал глибин, з якого ґрунтові води відбирають для аналізів, дорівнює 25–30 м від земної поверхні в її початковому, природному вигляді.

Результати досліджень ґрунтових вод станом на 2018 р. наведено в табл. 5.

Отже, за даними обстежень, у пробах ґрунтових вод, відібраних зі свердловин у районі полігона, ГДК значно перевищені щодо заліза і нікелю. Згідно з розрахунками, порівняно з нормативними [26] загальносанітарні показники ступеня забруднення ґрунтових вод території досліджень належать до категорій середнього і високого ступеня забруднення. Це може свідчити про таке. По-перше, забруднення, можливо, пов'язане з ненадійністю захисних плівок (протифільтраційних екранів) і з проривами у тілі власне карт полігона та субвертикальними проникненнями (витоками) фільтрату з трьох величезних фільтратних озер (або ставків-фільтратонакопичувачів) до доколишніх ґрунтових (підземних) вод. По-друге, забруднення ґрунтових вод може бути пов'язане з іншими чинниками, ймовірно, антропогенного походження. Це питання потребує ретельнішого дослідження у подальшому.

Таким чином, використання ґрунтових вод для господарсько-побутових потреб населення сіл, прилеглих до полігона № 5, має бути дуже

обмеженим, тому що це загрожує його здоров'ю. Разом з тим відомо [20], що водопостачання мешканців с. Підгірці здійснюється за допомогою двох артезіанських свердловин потужністю 25,00 м³/год (фактично 15,00 м³/год) з бучацького водоносного горизонту, що належить до бучацького регіоарусу еоцену палеогенової системи (Р₂бс). Вважаємо, що вкрай необхідно здійснювати геохімічний і бактеріологічний аналізи цієї води у моніторинговому режимі.

Рослинність також зазнає негативного екологічного впливу від дії полігона № 5. Зокрема, зафіксовано зміну біогеохімічних показників досліджених зразків трав'янистої рослинності, що зростає на полігоні. Так, до елементів значного

накопичення в рослинності належить мідь з КБП понад 2,0 (табл. 6).

Найінтенсивніше трав'яниста рослинність (пирій повзучий) крім міді поглинає також нікель, менш інтенсивно — молібден, кобальт (їх КБП становлять 1,1; 1,0 і 1,0 відповідно), найменше — хром і ванадій. Коефіцієнт БХА виду, що характеризує інтенсивність поглинання елементів рослинами площадок спостережень, становить 4,4—6,8.

КБП міді високий, оскільки цей метал має здатність утворювати комплекси з органічною речовиною. Отже, велика кількість коренів і детриту рослин збагачені міддю. Натомість малорухомі у ґрунтах ванадій і хром більшість рослин захоплюють слабо і навіть дуже слабо.

Таблиця 4. Середній вміст металів у сухому залишку поверхневих вод, відібраних з водойм північно-західної частини території полігона № 5 та зони його впливу, мг/л

Table 4. Average metal contents in dry residue of surface water sampled from the ponds of the north-western Landfill No 5 and area of its influence, mg/l

Місце відбору (площадка спостережень)	Al	Fe	Mn	Ni	Co	Cu	Pb	Zn	Cd
1	0,05	0,3	0,15	0,09	0,003	0,003	0,01	0,12	0,0008
5	0,5	0,25	0,25	0,09	0,1	0,1	0,02	0,20	0,0004
6	0,09	0,12	0,09	0,08	0,07	0,09	0,02	0,3	0,0004
ГДК*	0,5	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,03	0,5	0,001

* Гранично допустима концентрація на скид стічних вод у відкриті водойми [19].

Таблиця 5. Порівняння середнього хімічного складу ґрунтових вод зі свердловин полігона № 5 (станом на 2018 р.) з нормативами [26], мг/л

Table 5. Comparison between the mean chemical composition for ground waters from the wells of the Landfill No 5 (as received 2018) and water quality standards [26], mg/l

Дані	pH	Сухий залишок	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Хлориди	Сульфати	Завислі речовини	Fe _{заг.}	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Cr ³⁺	Ni ²⁺
Середні по свердловинах	7,8	292,0	2,8	2,1	44,2	9,6	120,3	5,2	0,3	0,25	0,35	0,21
ГДК	6,5–8,5	1000,0	3,5	20,0	350,0	500,0	0,75	0,3	1,0	1,0	0,5	0,1

Таблиця 6. Коефіцієнти біологічного поглинання важких металів рослинами (пирій повзучий, *Agropyrum repens*) у зоні впливу полігона № 5

Table 6. Biological absorption coefficients of heavy metals in plants (couch-grass, *Agropyrum repens*) from the areas of Landfill No 5 influence

Площадка спостережень	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn	БХА
3	0,2	0,4	0,2	0,02	0,02	0,7	2,4	0,1	0,2	0,2	4,4
4	0,3	0,5	0,4	0,03	0,05	1,0	2,6	0,1	0,3	0,3	5,6
5	0,4	1,1	1,0	0,02	0,04	0,8	2,7	0,2	0,2	0,3	6,8
6	0,2	0,3	0,3	0,01	0,01	0,9	2,1	0,3	0,3	0,2	4,6

Примітка: жирним шрифтом виділено показники значного накопичення відповідних елементів.

Висновки і перспективи подальших робіт. У результаті комплексних еколого-геохімічних досліджень компонентів ландшафту в районі північно-західної частини полігона № 5 із захоронення ТПВ, що розташований у межах вододільного плато поблизу с. Підгірці Київської області, встановлено екологічно негативний його вплив на довкілля, насамперед на ґрунтові відклади. Зокрема, у ґрунтах зафіксовано зменшення вмісту поглинених катіонів і вмісту $C_{орг}$. Натомість ці техногенні ґрунти характеризуються значним накопиченням ВМ. Унаслідок забруднення ВМ у ґрунтах збільшується кількість рухомих форм (водорозчинна та іонообмінна). Це відбувається за рахунок надходження у ґрунти ВМ у вигляді оксидів та інших сполук, їх підвищена міграційна здатність пояснюється істотним зниженням коефіцієнта буферності ґрунтів (K_C) та зменшенням ємності ґрунтово-поглинального комплексу.

Валовий вміст ВМ у донних відкладах району полігона № 5 варіює у широких межах, що залежить від техногенних факторів. Безпосередньо на території полігона виявлено аномально високе забруднення цинком (800 мг/кг, у 14 разів більше ГДК), а також підвищений вміст міді (150 мг/кг, у 4,5 раза вище ГДК). Середній вміст свинцю в них також перевищує ГДК (у 2,25 раза). За цими концентраціями донні відклади належать до небезпечного рівня забруднення.

За результатами фізико-хімічних досліджень мікрокомпонентного складу відібраних проб поверхневих вод виявлено, що вміст в них мікроелементів (F, Cr, Ni, Cu, Fe_{заг}, Pb) не перевищує ГДК, однак він вище фонових значень. Установлено, що водойми власне полігона забруднені

стічними водами з великим вмістом органічних токсикантів, які, ймовірно, належать до гумінових та інших органічних кислот. Можливо, що ці забруднення надходять або з карт та ставків-фільтратонакопичувачів полігона, або з розташованої неподалік від нього свиноферми.

Разом з тим порівняльний аналіз середнього хімічного складу проб ґрунтових вод зі свердловин району полігона з нормативними засвідчив, що загальносанітарні показники ступеня забруднення перших з них належать до категорії середнього і високого ступеня забруднення. Отже, використання ґрунтових вод довкола території полігона № 5 для господарсько-побутових потреб населення повинно бути дуже обмеженим.

Визначено, що до елементів значного накопичення у трав'янистій рослинності (пірій повзучий), яка зростає на полігоні, належать мідь, нікель і кобальт.

Для подальшого комплексного вивчення та об'єктивного оцінювання еколого-геохімічного стану розглянутих об'єктів навколишнього середовища необхідно поповнити довідкові відомості про особливості полігона № 5, провести моніторингові дослідження по регулярній мережі наземного опробування (літо-, гідро- і біогеохімічного), а також за даними дистанційного знімання. Для повнішого охоплення за площею території робіт потрібно підібрати й отримати зроблені субсинхронно з наземними дослідженнями інформативні (просторове, спектральне, радіометричне розрізнення) матеріали багатозональних космічних знімачів, виконати гіперспектральне знімання з борту безпілотної літального апарата по достатній кількості профілів і точок спостережень.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: учеб.-метод. пособие. Москва: Изд-во МГУ, 1987. 108 с.
2. Азимов А.Т., Кармазиненко С.П., Кураева В.В., Войтюк Ю.Ю. Анализ результатов комплексных геохимических исследований образцов компонентов ландшафта из зоны влияния мест захоронения твердых бытовых отходов. Междунар. науч. экол. конф. «Отходы, причины их образования и перспективы использования»: материалы (г. Краснодар, 26—27 марта 2019 г.); сост. Л.С. Новопольцева; под ред. И.С. Белюченко. Краснодар: КубГАУ, 2019. С. 198—200. <http://www.ecokavkaz.ru/media/docs/conf/conf2019.pdf>
3. Азимов О.Т., Кураева І.В., Войтюк Ю.Ю. та ін. Еколого-геохімічна оцінка об'єктів довкілля територій поховання твердих побутових відходів. *Пошукова та екологічна геохімія*. 2018. № 1 (19). С. 22—26.
4. Азимов О.Т., Томченко О.В., Кармазиненко С.П. та ін. Моніторинг територій полігонів твердих побутових відходів з використанням дистанційних технологій. Формування програм щодо поводження з відходами для об'єднаних територіальних громад: проблемні питання та кращі практики: Нац. форум «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології» (Київ, 22—23 листоп. 2018 р.): матеріали. Київ: Центр екол. освіти та інформації, 2018. С. 84—87.
5. Азимов О.Т., Трофимчук О.М., Кураева І.В., Кармазиненко С.П. Оцінка вмісту важких металів у ґрунтах та інших компонентах ландшафту в районах захоронення твердих побутових відходів. *Екологічна безпека та природокористування*. 2019. Вип. 2 (30). С. 5—17.

6. Андросова Н.К. Геолого-экологические исследования и картографирование (Геоэкологическое картирование): учеб. пособие. Москва: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2000. 98 с.
7. Буц Ю.В., Некос А.Н. До питання екологічної безпеки полігонів твердих побутових відходів для компонентів геосистем (на прикладі досліджень щодо концентрацій важких металів у складових геосистем). *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії*: зб. наук. праць. Харків: Харків. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна, Харків, 2012. Вип. 16. С. 22—25. http://goik.univer.kharkov.ua/wp-content/files/issue_16/16_7.pdf
8. Вода. Общие требования к отбору проб: Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51592-2000 (принят и введен в действие Постановлением Госстандарта РФ от 21 апреля 2000 г. № 117-ст.). [Дата введения 1 июля 2001 г.]. Москва: Изд-во Госстандарт, 2000. 12 с.
9. Гнатенко О.Ф., Капштик М.В., Петренко Л.Р., Вітвицький С.В. Грунтознавство з основами геології: навч. посіб. Київ: Оранта, 2005. 648 с.
10. Горох Н.П. Экологическая оценка вредных веществ при комплексной утилизации муниципальных отходов. *Коммунальное хозяйство городов*: науч.-техн. сб. Харьков: Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А.Н. Бекетова, 2005. № 63. С. 172—181. http://eprints.kname.edu.ua/2155/2/172-181Горох_НП.pdf
11. Дмитриев М.Т., Казнина Н.И., Пинигина И.О. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде: справ. изд. Москва: Химия, 1989. 368 с.
12. Долин В.В., Смирнов В.Н., Ищук А.А., Орлов А.А. Техногенно-экологическая безопасность биосистемы Бугского лимана в условиях загрязнения тяжелыми металлами; под. ред. Э.В. Собоновича. Киев; Николаев: РАЛ-поліграфія, 2011. 200 с.
13. Жовинский Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. Киев: Наукова думка, 2002. 213 с.
14. Кураева І.В., Азімов О.Т., Войтюк Ю.Ю. та ін. Геохімічна трансформація об'єктів довкілля на територіях полігонів твердих побутових відходів (на прикладі полігону № 5 Київської області). Здобутки і перспективи розвитку геологічної науки в Україні: зб. тез наук. конф., присвяч. 50-річчю Ін-ту геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України (Київ, 14—16 трав. 2019 р.). У 2-х т. Київ: ІГМР НАН України, 2019. Т. 2. С. 131—132. https://drive.google.com/file/d/18qL5bGtd3hstrGG3Y-97cHM-ezc2t_tf/view
15. Ландшафтно-геохимическая карта Украины. Масштаб 1:1 500 000; сост. В.И. Почтаренко, В.П. Ванчиков, гл. ред. А.И. Зарицкий. Киев: Гос. комитет Украины по геологии и использованию недр, Гос. геол. предприятие «Геопрогноз», 1994.
16. Методические рекомендации по гигиеническому обоснованию ПДК химических веществ в почве. [2-е изд.]. Москва: Минздрав СССР, 1982. 59 с.
17. Назаренко І.І., Польчина С.М., Нікорич В.А. Грунтознавство [Текст]: підруч. для студентів природ. спец. вищ. навч. закладів. Вид. 3-тє. Чернівці: Книги-XXI, 2008. 400 с.
18. Національний атлас України; гол. ред. Л.Г. Руденко. Київ: ДНВП «Картографія». 2007. 435 с.
19. Никитин Д.П., Новиков Ю.В., Рошин А.В. и др. Справочник помощника санитарного врача и помощника эпидемиолога; под ред. Д.П. Никитина, А.И. Заиченко [2-е изд., перераб. и доп.]. Москва: Медицина, 1990. 512 с.
20. Олійник В., Чубенко О., Грановський О. та інш. Внесення змін до генерального плану с. Підгірці Обухівського району Київської області. Договір № 29/08-ГП від 03.10.2016 р. ТОВ «ПРОЕКТГЕНПЛАН». Арх. № ГП-29/08-009. Київ, 2018. Т. 1. 102 с.
21. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность: ГОСТ 17.1.5.01-80. [Действующий с 01.01.1982]. Москва: Госстандарт СССР, 1981. 7 с.
22. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения: ГОСТ 17.4.1.02—83. [Дата введения 01.01.1985]. Москва: Стандартиформ, 2008. 4 с.
23. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02—84. [Действующий от 1986-01—01]. Москва: Стандартиформ, 2008. 8 с.
24. Самойлік М.С., Молчанова А.В. Екологічні аспекти впливу полігонів твердих побутових відходів на навколишнє середовище. Фільтрат. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1-2. С. 88—91. <http://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/86/120>
25. Самчук А.И., Бондаренко Г.Н., Долин В.В. и др. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах. *Минералогический журнал*. 1998. Т. 20, № 2. С. 48—59.
26. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПиН № 4630—88. [Вводится вновь с 1.01.1989 г.]. Москва: Минздрав СССР, 1988. 59 с.
27. Стан сфери поводження з побутовими відходами в Україні за 2018 рік. Київ: Мінрегіонбуд України. 2019. http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2018-rik/?fbclid=IwAR1o8-GKuiH_3jPkv8Xa089vdJVRr2W6MEePun-rjTMN124pNLdrcoulr7Q
28. Трофимчук О.М., Азімов О.Т., Кураєва І.В. та ін. Особливості моніторингу гідросферних процесів у межах техноосистем територій захоронення твердих побутових відходів з застосуванням дистанційної технології. XVIII Міжнар. наук.-практ. конф. «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях: актуальні питання» (Київ, 01—02 жовт. 2019 р.): матеріали за заг. ред. С.О. Довгого. Київ: ТОВ «Вид-во «Юстон», 2019. С. 72—76. https://itgip.org/wp-content/uploads/2019/10/1_Книга_сайт.pdf
29. Шевченко М., Медведєва О.В. Екологічна оцінка впливу полігонів твердих побутових відходів Кіровоградської області на стан навколишнього середовища. *Наукові записки КДПУ ім. В. Винниченка*. Кіровоград, 2010. Вип. 10, ч. II. С. 313—315. <http://dSPACE.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/5425/1/68.pdf>

30. Abd El-Salam M.M., Abu-Zuid G.I. Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt. *Journal Adv. Research*. 2015. Vol. 6, iss. 4. P. 579–586. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.003>
31. Ali S.M., Pervaiz A., Afzal B., Hamid N., Yasmin A. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journal King Saud Univ. Science*. 2014. Vol. 26, iss. 1. P. 59–65. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364713000517>
32. Azimov O.T., Bakhmutov V.G., Voytyuk Yu.Yu. et al. Reconnaissance integrated geocological study of the disposal region for municipal solid waste with the aim of environmental assessment. 12th Int. Conf. on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (13-16 November 2018, Kyiv, Ukraine): Extended Abstracts. Kyiv, 2018. 5 p. doi: 10.3997/2214-4609.201803142 <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=95152>
33. Azimov O.T., Kuraeva I.V., Trofymchuk O.M. et al. Estimation of the heavy metal pollution for the soils and different environmental objects within the solid domestic waste landfills. 18th EAGE Int. Conf. on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects (13-16 May 2019, Kyiv, Ukraine): Conference Papers. 2019. 7 p. doi: 10.3997/2214-4609.201902129 <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=98552>
34. Baum R.L., Miyagi T., Lee S., Trofymchuk O.M. Introduction: Hazard mapping. In: Sassa K., Canuti P., Yin Y. (Eds) *Landslide science for a safer geoenvironment*. Vol. 2: Methods of landslide studies. Cham: Springer, 2014. P. 395-396. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05050-8_61
35. Chadar S.N., Chadar K. Solid waste pollution: A hazard to environment. *Recent Adv. Petrochemical Science (Mini Review)*. 2017. Vol. 2, iss. 3. P. 1-3. doi: 10.19080/RAPSCI.2017.02.555586 <https://juniperpublishers.com/rapski/pdf/RAPSCI.MS.ID.555586.pdf>
36. <https://www.google.com/maps>
37. Ohwohere-Asuma O., Aweto K.E. Leachate characterization and assessment of groundwater and surface water qualities near municipal solid waste dump site in Effurun, Delta State, Nigeria. *Journal Environment and Earth Science*. 2013. Vol. 3, No 9. P. 126-134. <https://pdfs.semanticscholar.org/2ffd/d8692404821640dce47d3542cba3c45e358a.pdf>
38. Postacchini L., Ciarapica F.E., Bevilacqua M. Environmental assessment of a landfill leachate treatment plant: Impacts and research for more sustainable chemical alternatives. *Journal Cleaner Production*. 2018. Vol. 183. P. 1021-1033. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.219>

Надійшла до редакції 24.10.2019

REFERENCES

1. Avessalomova I.A. *Geochemical indices in landscape investigation. Educational learning guide*. Moscow: Moscow State Univ. Press, 1987. 108 p. (in Russian).
2. Azimov O.T., Karmazynenko S.P., Kuraeva I.V., Voytyuk Yu.Yu. Analysis of the results of the complex geochemical investigations of samples for the landscape components within the affected zone of municipal solid waste disposal areas. In: Proc. Int. Sci. Ecological Conf. «Waste, the reasons of their formation and prospects of utilization» (Krasnodar city, 26-27 March 2019) / Compiler L.S. Novopol'tseva; ed. I.S. Beliuhenko. Krasnodar: Kuban State Agrarian Univ., 2019. P. 198-200. <http://www.ecokavkaz.ru/media/docs/conf/conf2019.pdf> (in Russian).
3. Azimov O.T., Kuraeva I.V., Voytyuk Yu.Yu., Samchyk A.I., Karmazynenko S.P., Bakhmutov V.G. Ecological-geochemical assessment of the territories for the municipal solid waste disposal. *Poshukova ta ekolohichna geokhimiia — Exploration and Environmental Geochemistry (Ukraine)*. 2018. No 1 (19). P. 22-26 (in Ukrainian with English summary).
4. Azimov O.T., Tomchenko O.V., Karmazynenko S.P., Kuraeva I.V., Voytyuk Yu.Yu. Monitoring the municipal solid waste landfill areas using the remote sensing technologies. In: Program development on the waste management for the united territorial communities: key problematic issues and the best practices: Proc. Nat. Forum «Waste management in Ukraine: legislation, economics, technologies» (Kyiv, 22-23 November 2018). Kyiv: Centre for the ecological education and information, 2018. P. 84-87 (in Ukrainian).
5. Azimov O.T., Trofymchuk O.M., Kuraeva I.V., Karmazynenko S.P. Estimations of heavy metals in soils and different landscape components within the municipal solid waste disposal areas. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia. Environmental safety and natural resources (Ukraine)*. 2019. Iss. 2 (30). P. 5-17 (in Ukrainian with English abstracts).
6. Androsova N.K. *Geological-ecological studies and mapping (Geoecological mapping): Educational guidance*. Moscow: Russian Peoples' Friendship Univ. Press, 2000. 98 p. (in Russian).
7. Buts Yu., Nekos A. On environmental hazards for the geosystems' components on testing grounds for municipal solid waste (research on heavy metal concentrations in components of geosystems). *Problemy bezpererвної heohrafichnoi osvity i kartografii — Problems of Continuous Geographic Education and Cartography: Sci. Journ. (Ukraine)*. Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv Nat. Univ. 2012. Iss. 16. P. 22-25. http://goik.univer.kharkov.ua/wp-content/files/issue_16/16_7.pdf (in Ukrainian with English abstracts).
8. Water. General requirements to collection of samples. State Standard, Russian Federation GOST R 51592-2000 (adopted and brought into action by the decision of Gosstandart of Russia after 21 April, 2000, No 117 perticle). [Date of Entry — 1 July, 2001]. Moscow: Gosstandart Press, 2000. 12 p. (in Russian).
9. Hnatenko O.F., Kapshtyk M.V., Petrenko L.R., Vitvyskiy S.V. *Soil science with the fundamentals of geology: Textbook*. Kyiv: Oranta, 2005. 648 p. (in Ukrainian).
10. Horokh N.P. Environmental assessment of the hazardous substances when disposing of municipal waste. *Kommunalnoe khoziaistvo horodov — Municipal economy of cities: Sci. & technical collection (Ukraine)*. Kharkov: A.N. Beketov Nat. Univ.

- of Urban Development of Kharkov, 2005. No 63. P. 172-181. http://eprints.kname.edu.ua/2155/2/172-181Горюх_НП.pdf (in Russian).
11. Dmitriev M.T., Kaznina N.I., Pinihina I.O. Sanitary and chemical analysis of polluting substances in the environment: Reference book. Moscow: Khimiya, 1989. 368 p. (in Russian).
 12. Dolin V., Smyrnov V., Ischuk O., Orlov O. Technogenic & Environmental safety of Bug biogeosystem affected with heavy metal contamination; Sobotovich E. (Ed.). Kyiv; Mykolayiv: RAL-polygraph, 2011. 200 p. (in Russian with English abstracts).
 13. Zhovynskiy E.Ya., Kuraeva I.V. Geochemistry of heavy metals in the soils of Ukraine. Kyiv: Naukova dumka, 2002. 213 p. (in Russian).
 14. Kuraeva I., Azimov O., Voytyuk Yu.Yu., Karmazynenko S., Zlobina K., Laktionova O. Geochemical transformation environmental objects on the territories of solid domestic waste landfills (on the example of Kiev region landfill N 5). Achievements and Development of the Geological Sciences in Ukraine: Abstr. Sci. Conf., dedicated to the 50th Anniversary of M.P. Semenenko Inst. of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation (Kyiv, May 13-16, 2019). In 2 vol. Kyiv: NAS of Ukraine, M.P. Semenenko Inst. of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation, 2019. Vol. 2. P. 131-132 (in Ukrainian).
 15. Pochtarenko V.I., Ivanchikov V.P. Landscape geochemical map of Ukraine. Scale of 1:1 500 000; A.I. Zaritskiy (Ed.). Kyiv: State Committee of Ukraine for Geology and the Use of Subsurface Resources, State Geological Enterprise «Geoprognoz», 1994 (in Russian).
 16. Recommended practice on hygienic substantiation of the TLV for the chemical compounds in soils. 2nd Ed. Moscow: MOH of USSR, 1982. 59 p. (in Russian).
 17. Nazarenko I.I., Polchyna S.M., Nikorych V.A. Soil [Text]: a textbook for students of Natural specials. HI teach institutions. Kind. 3rd. Chernivtsi: Books XXI, 2008. 400 p. (in Ukrainian).
 18. National atlas of Ukraine; Ed. L.G. Rudenko. Kyiv: SSPE «Kartographia», 2007. 435 p. (in Ukrainian).
 19. Nikitin D.P., Novikov Yu.V., Roschin A.V., Zhilov Yu.D., Marchenko D.G., Yasinskiy A.A. Manual of health assistant and epidemiologist assistant; Eds Nikitin D.P., Zaichenko A.I. 2nd eds, revised and enlarged. Moscow: Meditsina, 1990. 512 p. (in Russian).
 20. Oliinyk V., Chubenko O., Hranovsky O., Hurzhyi D., Zabroda A., Chupryna M., Ivanova I., Kudlai O., Ladanovsky V. Making changes to the General Plan for the Pidhirtsi village, ObukhivRaion, Kyiv's Oblast. Agreement N 29/08-GP on 03.10.2016 / Archives. N GP-29/08-009. Kyiv: Association «Proektgenplan», 2018. Vol. I. 102 p. (in Ukrainian).
 21. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of bottom sediments of water objects for their pollution analysis: GOST 17.1.5.01-80. [Acting after 01.01.1982]. Moscow: Gosstandart of USSR, 1980. 7 p. (in Russian).
 22. Nature protection. Soils. Classification of chemicals for pollution control: GOST 17.4.1.02-83. [Date of Entry - 01.01.1985]. Moscow: Standardinform, 2008. 4 p. (in Russian).
 23. Environmental protection. Soils. Methods of sampling and preparing of samples for the chemical, bacteriological, and helminthological analyses: GOST 17.4.4.02-84. [Acting after 1986-01-01]. Moscow: Standardinform, 2008. 8 p. (in Russian).
 24. Samoilyk M.S., Molchanova A.V. Ecological aspects of influence of solid domestic wastes on the environment. Filtrate. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii – Bull. Poltava State Agrarian Academy (Ukraine)*. 2017. No 1-2. P. 88-91. <http://journals.pdaa.edu.ua/visnyk/article/view/86/120> (in Ukrainian with English abstract).
 25. Samchuk A.I., Bondarenko G.N., Dolin V.V., Sushchik Yu.Ya., Shramenko I.F., Mitskevich B.F., Egorov O.S. Physical and chemical conditions promoting formation of mobile forms of toxic metals in soils. *Mineralogicheskii zhurnal – Mineralogical Journ (Ukraine)*, 1998. Vol. 20, No 2. P. 48-59 (in Russian with English abstracts).
 26. Sanitary Regulations for Protection of Surface Water from Pollution: SANPIN 4630-88. [Adopted again after 1.01.1989]. Moscow: MOH of USSR, 1988. 59 p. (in Russian).
 27. State of the municipal waste treatment sphere in Ukraine for 2018. Kyiv: the Ministry for Regional Development, Building and Housing of Ukraine, 2019. http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zhkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2018-rik/?fbclid=IwAR1o8-GKuiH_3jPkv8Xa089vdJVR2W6MEePunjTMN124pNLdrcoulr7Q (in Ukrainian).
 28. Trofymchuk O.M., Azimov O.T., Kuraeva I.V., Zlobina K.S., Karmazynenko S.P. Features of the monitoring hydrosphere processes within the techno-ecosystems of the solid municipal waste disposal areas using remote sensing technologies. In: Dovhyi S.O. (Ed.) Multi-authored monograph based on the 18th Intern. Sci.&Practical Conf. Proc. – Modern Information Technologies of the Ecological Management, Natural Resource Use and Emergency Measures: Topical Issues (Kyiv, 01-02 October 2019). Kyiv: LLC Yuston Press, 2019. P. 72-76. https://itgip.org/wp-content/uploads/2019/10/1_Книга_сайт.pdf (in Ukrainian).
 29. Shevchenko M., Medvedieva O.V. Ecological evaluation of the impact of solid waste landfills on the state of environment. *Naukovi zapysky – Academic notes (Ukraine)*. Kirovohrad: Kirovohrad Volodymyr Vynnychenko State Pedagogical Univ., 2010. Iss. 10, part II. P. 313-315. <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/5425/1/68.pdf> (in Ukrainian with English abstracts).
 30. Abd El-Salam M.M., Abu-Zuid G.I. Impact of landfill leachate on the groundwater quality: A case study in Egypt. *Journ. Adv. Research*. 2015. Vol. 6, iss. 4. P. 579-586. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2014.02.003>
 31. Ali S.M., Pervaiz A., Afzal B., Hamid N., Yasmin A. Open dumping of municipal solid waste and its hazardous impacts on soil and vegetation diversity at waste dumping sites of Islamabad city. *Journ. King Saud Univ. Science*. 2014. Vol. 26, iss. 1. P. 59-65. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364713000517>

32. Azimov O.T., Bakhmutov V.G., Voytyuk Yu.Yu., Dorofey Ye.M., Karmazynenko S.P., Kuraeva I.V. Reconnaissance integrated geocological study of the disposal region for municipal solid waste with the aim of environmental assessment. 12th Int. Conf. on Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment (13-16 November 2018, Kyiv, Ukraine): Extended Abstracts. 2018. 5 p. doi: 10.3997/2214-4609.201803142 <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=95152>
33. Azimov O.T., Kuraeva I.V., Trofymchuk O.M., Karmazynenko S.P., Dorofey Ye.M., Voytyuk Yu.Yu. Estimation of the heavy metal pollution for the soils and different environmental objects within the solid domestic waste landfills. 18th EAGE Int. Conf. on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects (13-16 May 2019, Kyiv, Ukraine): Conference Papers. Abstr. 2019. 7 p. doi: 10.3997/2214-4609.201902129 <http://www.earthdoc.org/publication/publicationdetails/?publication=98552>
34. Baum R.L., Miyagi T., Lee S., Trofymchuk O.M. Introduction: Hazard mapping. In: Sassa K., Canuti P., Yin Y. (Eds.) Landslide science for a safer geoenvironment. Vol. 2: Methods of landslide studies. Cham: Springer, 2014. P. 395-396. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05050-8_61
35. Chadar S.N., Chadar K. Solid waste pollution: A hazard to environment. *Recent Adv. Petrochem. Sci. (Mini Review)*. 2017. Vol. 2, iss. 3. P. 1-3. doi: 10.19080/RAPSCI.2017.02.555586 <https://juniperpublishers.com/rapsci/pdf/RAPSCI.MS.ID.555586.pdf>
36. <https://www.google.com/maps>
37. Ohwoghre-Asuma, O., Aweto, K.E. Leachate characterization and assessment of groundwater and surface water qualities near municipal solid waste dump site in Effurun, Delta State, Nigeria. *Journ. Environment and Earth Sci.* 2013. Vol. 3, No 9. P. 126-134. <https://pdfs.semanticscholar.org/2ffd/d8692404821640dce47d3542cba3c45e358a.pdf>
38. Postacchini L., Ciarapica F.E., Bevilacqua M. Environmental assessment of a landfill leachate treatment plant: Impacts and research for more sustainable chemical alternatives. *Journ. Cleaner Production*. 2018. Vol. 183. P. 1021-1033. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.219>

Receive 24.10.2019

O.T. Azimov¹, I.V. Kuraeva²,
O.M. Trofymchuk³, S.P. Karmazynenko⁴, K.S. Zlobina²

¹ State Institution «Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of IGS of NAS of Ukraine»,
55-b, OlesHonchar Str., Kyiv, Ukraine, 01054,
e-mail: azimov@casre.kiev.ua

² M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of NAS of Ukraine,
34, Acad. Palladina Av., Kyiv, Ukraine, 03680,
e-mail: ki4412674@gmail.com, ecaterinka@ukr.net

³ Institute of Telecommunications and Global Information Space of NAS of Ukraine,
13, Chokolivskiy Blvd., Kyiv, Ukraine, 03186,
e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

⁴ Institute of Geography of NAS of Ukraine,
44, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01030,
e-mail: karmazynenko78@gmail.com

THE HEAVY METAL POLLUTION FOR THE SOILS AND DIFFERENT ENVIRONMENTAL OBJECTS WITH IN THE AREAS OF MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS

Actuality of the investigations. The study of the ecological and geochemical conditions for the environmental objects within the areas which are under the influence of the different emissions connected with the municipal solid waste (MSW) is currently crucial. This is argued by the consequences of MSW landfill impact on the environment and public health of population living near these territories that causes serious anxiety. The groundwater and surface water, soils and superficial deposits, vegetation are the most polluted.

Purpose of investigations is an identification of key geochemical variables for the ecosystems in the MSW Disposal area as a case study of the Kyiv's disposal Landfill No 5. It is situated near Pidhirsi village, Kyiv Oblast.

Methodology. At the area of interest the different component of landscape samples are collected in field within 6 sites of observations along the transverse-longitudinal profile. The ecological and geochemical study of the samples is carried out using the physical-chemical methods of analyses, in particular, the mass spectroscopy with Inductive Couple Plasma (ICP-MS analysis).

Findings. The comprehensive geocological study of the north-western part of Landfill No 5 and closed area shows the ecologically negative impact on the environment. It is determined that the existing soils are affected by the significant geochemical transformation. They are characterized by the considerable accumulations of the heavy metals (HMs). In comparison with the conventional pure soils the soil average contents of Pb, Zn, Cu, Ni and Cr are 25, 22.5, 18, 2.5, 1.2 times more, respectively.

The anomalous high HMs pollution for the bottom deposits is identified: for Zn — in 800 mg/kg that is 14 times more than maximum allowable concentrations (MAC); for Cu — 150 mg/kg that is 4.5 times more than MAC. Average Pb content there exceeds its MAC (2.25 times) and is equal to 72 mg/kg. Therefore, the bottom deposits have the hazardous level of pollution.

It is found that the elements of considerable accumulations in grass vegetation are Cu, Ni and Co at the biological absorption coefficient more 2.0, 1.1 and 1.0, respectively.

The physical and chemical studies of surface waters show that the contents of microelements (F, Cr, Ni, Cu, Fe_{tot} and Pb) there don't exceed the MAC, but they are higher than the background values.

The comparison of the average chemical composition for the ground water samples from the wells of the Landfill area and the regulatory standards indicates that the standard general sanitary criteria for pollution level of these waters belong to the middle and high levels with the considerable exceeds of the MACs for Fe and Ni.

At the same time the surface water samples from the north-western part of Landfill No 5 as well as outside of its disposal area show the contents of all chemical elements of interest not exceeding the MACs. But they are higher than the background values.

Prospects for the further studies. It is necessary to assess the monitoring investigations on the regular grid for sampling (litho-, hydro-, and biogeochemical) as well as remote sensing surveys.

Keywords: Landfill, solid waste, heavy metals, landscape, soil, geochemical analysis.

А.Т. Азимов², І.В. Кураєва²,

А.Н. Трофимчук³, С.П. Кармазinenко⁴, К.С. Злобіна²

¹ Государственное учреждение «Научный центр аэрокосмических исследований Земли

ИГН НАН Украины»,

ул. О. Гончара, 55-б, Киев, Украина, 01054,

e-mail: azimov@casre.kiev.ua

² Институт геохимии, минералогии и рудообразования имени Н.П. Семененко НАН Украины,

просп. Академика Палладина, 34, Киев, 03680, Украина,

e-mail: ki4412674@gmail.com, ecatrinka@ukr.net

³ Институт телекоммуникаций и глобального информационного пространства НАН Украины,

Чоколовский бульвар, 13, Киев, Украина, 03186,

e-mail: itelua@kv.ukrtel.net

⁴ Институт географии НАН Украины,

ул. Владимирская, 44, Киев, Украина, 01030,

e-mail: karmazinenko78@gmail.com

ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОЧВ И ДРУГИХ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ В РАЙОНАХ ПОЛИГОНОВ ЗАХОРОНЕНИЯ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Комплексными геоэкологическими исследованиями северо-западной части Киевского полигона № 5 по захоронению твердых бытовых отходов и прилегающего к нему района установлено экологически негативное его влияние на окружающую среду. Выявлено, что почвы подверглись значительной геохимической трансформации. Они характеризуются значительным накоплением тяжелых металлов — меди, цинка, хрома, никеля, свинца. По сравнению с условно чистыми почвами среднее содержание свинца в почвах полигона в 25 раз больше, цинка — в 22,5, меди — в 18, никеля — в 2,5, хрома — в 1,2 раза. Установлено аномально высокое загрязнение донных отложений тяжелыми металлами: цинком — до 800 мг/кг (в 14 раз больше предельно допустимых концентраций — ПДК), медью — до 150 мг/кг (в 4,5 раза выше ПДК). Среднее содержание свинца в них превышает ПДК в 2,25 раза и составляет 72 мг/кг. Следовательно, донные отложения характеризуются опасным уровнем загрязнения. Определено, что к элементам значительного накопления в травянистой растительности относятся медь, никель и кобальт с коэффициентами биологического поглощения свыше 2,0, 1,1 и 1,0 соответственно. По результатам физико-химических исследований поверхностных вод установлено, что содержание в них микроэлементов (F, Cr, Ni, Cu, Fe_{общ}, Pb) не превышает ПДК, однако оно выше фоновых значений. Сравнение среднего химического состава проб грунтовых вод из скважин района полигона с нормативными показателями свидетельствует, что общесанитарные показатели степени загрязнения первых из них характеризуют воды средней и высокой степени загрязнения со значительным превышением ПДК по железу и никелю. Вместе с тем в пробах поверхностных вод, отобранных как в северо-западной части полигона № 5, так и за ее пределами, содержание всех исследованных химических элементов не превышает ПДК. Однако оно выше фоновых значений.

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