

УДК 616.831-006.484 : 576.312.32.38 : 615.15 : 616.155.32 А.

М. Гайдін – кандидат геолого-мінералогічних наук, Відділення гірничо-хімічної сировини Академії гірничих наук України;

В. О. Дяків – кандидат геологічних наук, доцент, Львівського національного університету імені Івана Франка;

В. Д. Погребенник – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екологічної безпеки і аудиту Національного університету «Львівська політехніка»;

А. В. Пашук – старший викладач кафедри екологічної безпеки і аудиту Національного університету «Львівська політехніка»

Хімічний склад фільтрату Львівського полігону твердих побутових відходів

Роботу виконано у відділенні гірничо-хімічної сировини АГН України, ЛНУ ім. І. Франка, НУ «Львівська політехніка»

Екологічний стан території Львівського полігону твердих побутових відходів оцінюють як критичний і навіть катастрофічний, у тому числі через об'єми накопичених фільтратів. Завдання роботи полягає у визначенні хімічного складу фільтрату Львівського полігону твердих побутових відходів. Аналітичні дослідження проводили за стандартними методиками титрометричного, гравіметричного та фотоколориметричного аналізів. Для визначення вмісту важких металів застосовано рентгено-флуоресцентний аналіз сухого залишку, що утворився під час випаровування фільтрату. Описано умови формування та хімічний склад фільтратів Львівського полігону твердих побутових відходів. Установлено, що фільтрат Львівського полігону характеризується високим вмістом органічних речовин – понад 12,8 г/л, хлориду натрію (близько 9 г/л), ХСК, БСК-5, підвищеними вмістами важких металів. Проведеними дослідженнями встановлено, що скидання фільтрату на міські очисні споруди неможливе без спеціального попереднього очищення.

Ключові слова: полігон твердих побутових відходів, сучасний екологічний стан, фільтрати, хімічний склад.

Гайдін А. М., Дяків В. А., Погребенник В. Д., Пашук А. В. Химический состав фильтрата Львовского полигона твердых бытовых отходов. Экологическое состояние территории Львовского полигона твердых бытовых отходов оценивают как критический и даже катастрофический, в том числе из-за объемов накопленных фильтратов. Задание работы заключается в определении химического состава фильтрата Львовского полигона твердых бытовых отходов. Аналитические исследования проводили за стандартными методиками титрометрического, гравиметрического и фотоколориметрического анализов. Для определения содержания тяжелых металлов применен рентгено-флуоресцентный анализ сухого остатка, что образовался при испарении фильтрата. Описаны условия формирования и химический состав фильтратов Львовского полигона твердых бытовых отходов. Установлено, что фильтрат Львовского полигона характеризуется высоким содержанием органических веществ – свыше 12,8 г/л, хлорида натрия (около 9 г/л), ХПК, БПК-5, повышенными содержаниями тяжелых металлов. Проведенными исследованиями установлено, что сброс фильтрата на городские очистительные сооружения невозможно без специальной предварительной очистки.

Ключевые слова: полигон твердых бытовых отходов, современное экологическое состояние, фильтраты, химический состав.

Haidin A. M., Dyakiv V. O., Pogrebennyk V. D., Pashuk A. V. Chemical Composition of the Filtration Water from Municipal Dust-heap of Hard Domestic Wastes in Lviv. Of territory of the Lviv municipal dust-heap of hard domestic wastes estimate the ecological state as critical and even catastrophic, including through the volumes of the accumulated filtrates. The task of work consists in definite of chemical composition of filtrate of the the Lviv municipal dust-heap of hard domestic wastes. The analytical researches were conducted after the standard methods of titrimetric, gravimetric and photocolorimetric analyses. For determination of maintenance of heavy metals the X-ray-fluorescent analysis is applied of dry remain, that appeared at evaporation of filtrate. Terms of formation are described and chemical composition of the filtration water from hard domestic wastes in Lviv. It is set, that a filtrate from hard domestic wastes in Lviv ground is characterized by the high maintenance of organic matters – over 12,8 g/l, to the chloride sodium (near 9 g/l), chemical and biological oxygen adsorption, promoted concentrations heavy metals. It is set

by the conducted researches, that upcast of filtrate on the city cleansing building impossible without the special previous cleaning impossible.

Key words: municipal dust-heap of hard domestic wastes, modern ecological state, filtration water, chemical composition.

Постановка наукової проблеми та її значення. Екологічний стан території Львівського полігону твердих побутових відходів (ТПВ) у с. Грибовичі Жовківського району оцінюють як критичний і навіть катастрофічний [1–3]. Полігон ТПВ негативно впливає на всі компоненти довкілля.

Аналіз останніх досліджень із цієї проблеми. Загальний об'єм накопичених відходів за орієнтовними підрахунками становить близько 8,4 млн тон [4]. Міські побутові відходи у 90-ті рр. були представлені такими складниками (мас. доля, %): харчові відходи – 45, дерево – 4, чорний метал – 4,5, кольоровий метал – до 0,3; текстиль – 7; будівельне сміття, каміння, фаянс, скло – 5; шкіра, гума, взуття – 4; вироби з пластмаси та пластику – 5; інше – 5. Із часом структура відходів змінилася, простежується тенденція до подвоєння кількості пластикових відходів. Суттєво зменшилася кількість харчових відходів (до 30–35 %), збільшилася частка пакувальних матеріалів, особливо поліетилену та пластику (до 30 % за масою та до 50 % за об'ємом, із них пластик за масою – 13 % і за об'ємом – до 30 %).

До 1990 року на полігоні складували не лише побутові, а й промислові відходи. Їх кількість за орієнтовними оцінками досягає 2 млн тонн. Особливо негативно впливають на стан навколишнього середовища в районі Львівського полігону ТПВ чотири накопичувачі кислих гудронів, розташованих у ярах за периферією сміттевого тіла. Крім того, один із накопичувачів засипаний сміттям. Загальна площа сховищ гудронів близько 5 га, у них накопичено близько 250 тис. м³ відходів нафтопереробки, що містять сірчану кислоту, та 60 тис. м³ кислої води.

Велика пористість побутового сміття, наявність у його складі різних за розчинністю компонентів та відсутність систем інженерного захисту сміттевого тіла від надходження атмосферних опадів та ґрунтових вод із прилеглих пагорбів призводить до утворення фільтрату – специфічної стічної води, яка є одним із головних джерел забруднення поверхневих і підземних вод. Фільтрат утворюється також при відсіпці відходів із вологістю понад 55 % при їх зневодненні, а також при біохімічному анаеробному розкладі з утворенням звалищного газу [5].

Усі вищезгадані чинники визначають актуальність проведених досліджень хімічного складу фільтрату для визначення геохімічних умов його формування та вибору способу знешкодження.

Мета статті – визначити хімічний склад фільтрату Львівського полігону твердих побутових відходів.

Матеріали та методи. Просторова локалізація об'єктів інфраструктури полігону ТПВ визначалася при аналізі космоснімків, доступних для використання в Інтернеті за допомогою безкоштовної версії програми *Google Earth* (www.earth.google.com). Параметри об'єктів уточнено при польових дослідженнях. Відбір проб фільтрату здійснювали з дренажної каналі в північно-східній частині полігону, що впадає в один зі збірників біля підніжжя сміттевого тіла. Аналітичні дослідження проводили за стандартними методиками титрометричного, гравіметричного та фотоколориметричного аналізів. Для визначення вмісту важких металів застосовано рентгено-флуоресцентний аналіз сухого залишку, що утворився при випаровуванні фільтрату.

Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів. Львівський полігон ТПВ розташований у 3 км північніше міської забудови, в околицях сіл Великі Грибовичі, Збиранка та Малехів.

Звалище створено у верхів'ях яру шляхом безпосереднього відсіпання на денну поверхню побутового сміття. У сусідніх ярах облаштовано земляні амбари – збірники кислих гудронів. Біля підніжжя розташовано збірники фільтрату (рис. 1).

За півстолітній період експлуатації на місці яру сформувався пагорб – плато сміттевого тіла з позначками, співрозмірними з найвищими навколишніми вершинами. Площа сміттєзвалища разом зі збірниками гудронів та фільтрату становить близько 34 га, потужність ТПВ у його південно-східній частині досягає 50 м, а в північно-західній – від 1-3 до 10 м. Сумарний обсяг складованих ТВП перевищує 8 млн тонн. Це найвищий показник серед восьми найбільших полігонів ТПВ в Україні [4].



Рис. 1. Просторове розташування сміттєвого тіла, гудронових збірників та збірників фільтрату Львівського полігону ТПВ на космознімку Google Earth

Сміттєве тіло площею 26 га має неправильну субпрямокутну форму, орієнтовану вершинами на північ, схід, південь та захід. При захороненні побутові відходи ущільнюються бульдозерами та пересипаються інертними місцевими ґрунтами й будівельним сміттям. Нині час активно експлуатуються південна, центральна та північна частини (рис. 2 а). У східній та західній частині полігону відбувається активне самозаростання сміттєвого тіла трав'яним покривом, чагарниками й навіть деревною рослинністю (рис. 2 б).

Сучасний профіль сміттєвого тіла в напрямку північний захід – південний схід характеризується наявністю трьох субгоризонтальних техногенних терас та крутих уступів з кутами відкосу до 30°.

Гідрогеологічні умови. Детальні дослідження гідрогеологічних умов району розташування полігону провело ВАТ «Геотехнічний інститут» під керівництвом П. К. Волошина [2]. Місцеположення полігону є вкрай несприятливим через його локалізацію в зонах живлення та розвантаження водонесних горизонтів, у межах вододільної площі гряди Розточчя, на густозаселеній території, поблизу сільськогосподарських угідь, що забезпечують значний відсоток потреб жителів м. Львова в плодово-овочевій продукції. На досліджуваній території в зоні активного водообміну локалізовано крейдовий, неогеновий, четвертинний та техногенний водонесні горизонти.

Крейдовий водонесний горизонт залягає в тріщинуватих мергелях, перекритих відносно стійким водотривом елювіальних карбонатних глин. Неогеновий водонесний горизонт залягає в пісках над водотривкою карбонатною глиною. Він дронується низкою глибоких ярів, яким еродовані прилеглі пагорби, при цьому в тальвегах спостерігаються джерела. У районі полігону води неогенового горизонту забруднено кислими водами, що фільтруються з накопичувачів кислих гудронів. У ярах, розташованих навколо гудронових збірників, спостерігаються витоки кислоти. Ґрунти в місцях витоку мають кислу реакцію – рН=3.3-3.8, підвищений вміст нафтопродуктів та інших токсикантів.

Четвертинний водонесний горизонт розповсюджений у долині річки Малехівка. Водовмісними породами слугують суглинки, супіски, торф. Вода залягає на глибині 0,5–1 м. Розвантажується в систему дренажних каналів та р. Малехівка.



Рис. 2. *Вигляд сміттєвого тіла у центральній (а) та східній частинах полігону (б)*

Техногенний водоносний горизонт представлено фільтратом, який формується в сміттевому тілі в результаті інфільтрації атмосферних опадів, виходу неогенових та ґрунтових вод у бортах ярів, а також внаслідок складних біохімічних процесів розкладу органіки. Шар фільтрату в сміттевому тілі утворює зону насичення та розвантажується біля підніжжя сміттевого тіла.

Умови формування фільтрату. Основним джерелом живлення техногенного водоносного горизонту є інфільтрація атмосферних опадів у сміттеве тіло. Крім того, внаслідок контакту побутового сміття зі схилами ярів має місце надходження в сміттеве тіло ґрунтових вод із прилеглих територій.

Профільтрована через сміття вода височується в підніжжя схилів сміттевого тіла та через дренажні канали стікає в збірники. Фільтрат, що витікає зі сміттевого тіла, акумулюється в збірниках біля підніжжя сміттевого тіла. Параметри збірників виміряні в натурі за допомогою електронного далекоміра, глибина визначалась узимку 2012 р. при прорубуванні ополонки. Нахил бортів ємностей приблизно відповідає 1:2. Параметри збірників фільтратів наведено в табл. 1. та на рис. 3.

Таблиця 1

Розрахунок об'єму накопичувачів фільтрату

№ збірника	1	2	3	4
По верху: довжина, м	200	130	35	25
Ширина, м	40	25	30	20
Площа по верху, м ²	8000	3250	1050	500
Глибина, м	2	3	4	3
По дну: довжина, м	192	118	16	13
Ширина, м	32	13	14	8
Площа по дну, м ²	6144	1534	224	104
Середня площа, м ²	7072	2392	637	301
Об'єм, м ³	14144	7176	2548	903

Загальний об'єм становить близько 25 тис. м³.



а

Збірник № 1:
довжина – 200 м
ширина – 40 м
глибина – 2 м
об'єм 14000 м³

Збірник № 2:
довжина – 130 м
ширина – 25 м
глибина – 3 м
об'єм 7000 м³



Збірник № 3:
довжина – 35 м
ширина – 30 м
глибина – 4 м
об'єм 2000 м³

Збірник № 4:
довжина – 25 м
ширина – 20 м
глибина – 3 м
об'єм 1000 м³

б

Рис. 3. Загальний вигляд (а) та параметри збірників фільтрату на космознімку Earth (б)

За літературними даними [5], залежно від кліматичних умов об'єм фільтрату, що утворюється за рік із площі сміттевого тіла 1 га, складає в середньому від 2000 до 4000 м³ за рік.

Кількість опадів за останні 50 років змінювалася в межах від 447 до 1039 мм. При площі звалища 260 000 м² на територію випадає від 116 до 270 тис. м³ опадів, у середньому від 317 до 740 м³/добу. Якщо випаровування становить 50 %, то живлення в середньому дорівнює від 160 до 370 м³/добу. За даними підприємства «Збиранка» середньодобова кількість фільтрату, яка стікає у збірники, становить від 70 м³ у засушливі періоди до 300 м³ у періоди рясних дощів.

Однак опади випадають дуже нерівномірно, часто надмірні опади призводили до переповнення збірників фільтрату та перетоку в систему дренажних каналів та р. Малехівка. Для попередження переповнення збірників здійснюється перекачування фільтрату з витратою від 100 до 400 м³ на добу на звалище. При цьому частина фільтрату витрачається на змочування сміття, частина випаровується, а основний об'єм фільтрується в тіло звалища.

За відсутності інфільтрації атмосферних опадів така система досягає рівноваги. За наявності інфільтрації атмосферних опадів розбрикування фільтрату по поверхні рівноцінне збільшенню живлення удвічі. Відповідно, збільшується дебіт розвантаження і з часом і статичні, і динамічні запаси зростають. Рівень води в техногенному водоносному горизонті підвищується до поверхні, й частина води починає стікати поверхнею. Це підтверджується і безпосередніми спостереженнями, і результатами хімічного аналізу фільтрату.

Характеристика органолептичних показників та хімічного складу фільтрату. Фільтрат має буре та темно-буре забарвлення, неприємний гнілосний запах, підвищену в'язкість, зумовлену насамперед високим вмістом завислих частинок. Хімічний склад фільтрату наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Хімічний склад фільтратів Львівського полігону ТПВ станом на червень 2012 р.

Показник, компонент	Значення (одиниці),	Компонент	Вміст, мг/дм ³
Колір	Бурий, темно-бурий	Na	4,2·10 ³
Запах	5	K	2,4·10 ³
Прозорість	4 см	Mg	4,5·10 ²
pH	8,0	Ca	1,93·10 ²
Лужність загальна	80 мг/екв.-л	Si	36
Компонент	Вміст, мг/ дм³	Ti	14,4
Сухий залишок при t=90°C	2,83·10 ⁴	Cr	40
Сухий залишок при t=800°C	1,55·10 ⁴	Fe	77
Гідрокарбонати	5,288·10 ³	Ni	3
Хлориди	4,751·10 ³	Cu	4,2
Сульфати	5,51·10 ²	Zn	3
Азот амонійний	3,24·10 ²	Br	45
Нітрити	0,58	Rb	5
Нітрати	9,56	Sr	3
Фосфати	8,5	Zr	0,8
БСК-5	9,52·10 ²	Mo	0,8
БСК повне	1,266·10 ³	Sn	3
ХСК	2,133·10 ³	Pb	1
нафтопродукти	0,54	СПАР	0,32

Наведені дані засвідчують про те, що фільтрат Львівського полігону характеризується високим вмістом органічних речовин – понад 12,8 г/л, оскільки сухий залишок при випарюванні за температури 90 °С становить 28,3 г/л, а при прожарюванні до 800°C – 15,5 г/л. Близько 40 % осаду за таких умов згорає. У неорганічному сухому залишку домінує хлорид натрію (близько 9 г/л), що становить близько 75% від суми розчинених мінеральних солей.

Високі значення ХСК, БСК-5 та повного БСК фільтрату вказують, що його хімічний склад відповідає фазі стабільного метаногенезу. Підвищені вмісти важких металів зумовлені наявністю в сміттєвому тілі металовмісних відходів, здатних піддаватися корозії і утворювати комплексні сполуки з органічними лігандами – продуктами біохімічного розкладу органічної речовини.

Можливість скиду фільтрату в систему каналізації міста Львова визначається нормами, які характеризуються в табл. 3.

Як видно з порівняння даних хімічного аналізу з нормативами, скидання фільтрату на очисні споруди водоканалу без попереднього очищення неможливе. У зв'язку з перспективою поетапного закриття полігону питання утилізації фільтрату набуває великої актуальності.

**Граничні показники якості стічних вод підприємств, г/м³, які надходять
на очисні споруди водоканалу**

Показник	Граничний норматив	Показник	Граничний норматив
Азот амонійний та аміак (по азоту)	30	Сульфіди	1,0
Нітрати	45	Жири	50
Нітрити	3,3	Нафтопродукти	10
Фосфати	10	СПАР	25
Завислі та спливаючі речовини	380	ХСК	810
pH	6.5-9	БСК-5	325
Залізо заг.	2,5	Сухий залишок	1000
Мідь	0,5	Температура, °С	до 40
Свинець	0,1	Кислоти, горючі суміші, здатні утворювати токсичні гази	0
Цинк	5	Радіоактивні речовини, бактеріальні і вірусні забруднення	0

Висновки й перспективи подальших досліджень

1. В умовах позитивного водного балансу щодобово в сміттевому тілі Львівського полігону ТПВ утворюється від 70 до 300 м³ фільтрату з тенденцією до щорічного зростання статичних і динамічних запасів внаслідок оборотного закачування на поверхню звалища. Об'єм фільтрату в наявних збірниках станом на червень 2012 р. становить 25 000 м³.

2. Загальна мінералізація фільтрату досягає 28 г/л, з них 40 % втрачається при прожарюванні. У складі неорганічних сполук переважають йони хлору й натрію, вміст яких досягає 9 г/л.

3. Вміст важких металів у фільтраті визначається наявністю в сміттевому тілі металовмісних відходів, здатних піддаватися корозії, брати участь в окислювально-відновних реакціях, зазнавати сорбції та десорбції.

4. Хімічний склад фільтрату не відповідає нормативам, які встановлено для прийняття на міські очисні споруди за загальним вмістом солей, а також БСК, ХСК, сульфат-йону, хлор-йону, азоту амонійного та важких металів.

Список використаної літератури

1. Бутін О. Вміст важких металів у поверхневих і стічних водах та ґрунтах Львівського сміттєзвалища / О. Бутін, О. Гвоздевич, М. Яковенко, А. Кульчицька-Жигайло, Ю. Герльовський // Ресурси природних вод Карпатського району / IV Міжнар. наук.-практ. конф. – Львів, 2005. – С. 22–28.
2. Волошин П. К. Про дослідження з оцінки екологічного та санітарно-гігієнічного стану територій, прилеглих до Львівського полігону твердих побутових відходів / П. К. Волошин, Р. О. Цегелик, С. В. Бірук // Звіт ВАТ «Геотехнічний інститут». – Львів : [б. в.], 2005.
3. Мальований М. С. Тверді побутові відходи м. Львова та їх вплив на довкілля / М. С. Мальований, О. Я. Голодовська, М. І. Пастернак // Електронний ресурс : Lviv Polytechnic National University Institutional Repository <http://ena.lp.edu.ua>
4. Матвеев Ю. Б. Потенциал снижения эмиссии парниковых газов на полигонах ТБО Украины / Ю. Б. Матвеев // Сотрудничество для решения проблемы отходов : материалы III Междунар. конф. – Харьков : [б. и.], 2006.
5. Шишкин Я. С. Снижение экологической нагрузки полигонов ТБО на объекты гидросферы на завершающих этапах жизненного цикла : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 03.00.16 ; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2007. – 18 с.

Стаття надійшла до редколегії
22.01.2013 р.