

SANITARY-AND-HYGIENIC CHARACTERISTIC OF THE TECHNOLOGIES FOR HANDLING WITH THE FILTRATE OF SOLID DOMESTIC WASTE POLYGONS RECOMMENDED FOR USE IN UKRAINE

Stankevych V.V., Teteneva I.O.

САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЙ ПОВОДЖЕННЯ З ФІЛЬТРАТОМ ПОЛІГОНІВ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ, РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В УКРАЇНІ



**СТАНКЕВИЧ В.В.,
ТЕТЕНЬОВА І.О.**

ДУ "Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України", м. Київ

УДК 628.46 : 628.396

Ключові слова:
тверді побутові відходи (ТПВ), фільтрат, технології очищення фільтрату, зворотний осмос, випарювання.

о найбільш значних та тривалих негативних впливів на навколишнє природне середовище при експлуатації місць видалення твердих побутових відходів (ТПВ) – сміттєзвалищ та полігонів – належить утворення фільтрату, одного з основних чинників забруднення ґрунтів.

Фільтрат – рідка фракція полігону, що виділяється із тіла накопичених ТПВ. Визначають три основні процеси, які пов'язані з утворенням фільтрату з місць розміщення ТПВ:

- біохімічні процеси, які супроводжуються утворенням води при анаеробному розкладанні їхньої органічної складової;
- інфільтрацію через тіло полігону атмосферних опадів;
- вихідну вологість окремих видів відходів [1].

Фільтрат з місць видалення ТПВ характеризується високим вмістом органічних та неорганічних речовин, а також іонів важких металів, біогенних речовин, які перебувають у завислому та розчиненому вигляді. Характерними ознаками фільтрату є значний вміст органічних речовин, що важко піддаються біологічній деструкції, основну масу яких складають гумінові та фульвокислоти, великий солевміст, важкі метали [2-4].

Термін досягнення прийнятних

концентрацій забруднюючих речовин у фільтраті місць видалення відходів становить 15-25 років для хлоридів, 95-105 років – для ХСК, 110-140 років – для іонів амонію [5].

Зона впливу фільтрату виходить далеко за межі нормативної санітарно-захисної зони для таких об'єктів (500 м) й іноді сягає кількох десятків кілометрів [6].

Очистка фільтрату з місць видалення відходів ТПВ є однією з найбільш важких задач з попередження впливу ТПВ на довкілля. Фільтрати з місць видалення відходів є висококонцентрованими сумішами з надзвичайно широким спектром хімічних та біологічних забруднювачів, що значно ускладнює процес їх очищення та не дозволяє очистити їх разом з господарсько-фекальними стічними водами, оскільки вони діють токсично на біоценози активного мулу та надають інтенсивну забарвленість стічним водам навіть після проходження через увесь комплекс очисних каналізаційних споруд.

Для очищення фільтрату пропонуються різноманітні методи: механічне очищення, аеробне та анаеробне біологічне очищення, ультрафіолетове опромінення, адсорбційне очищення, мембран-

САНІТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАЩЕНИЯ С ФИЛЬТРАТОМ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ, РЕКОМЕНДОВАННЫХ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В УКРАИНЕ

Станкевич В.В., Тетенева И.А.

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев

Цель работы: дать санитарно-гигиеническую оценку технологий очистки фильтрата мест удаления твердых бытовых отходов, которые рекомендуются для применения в Украине

Материалы и методы. Материалами исследований служили результаты анализов проб фильтрата полигона № 5 г. Киева до и после обработки на установках "PAL ROCHEM" и "VOMM". Исследования проводили по стандартизированным методикам. Тяжелые металлы определяли атомно-абсорбционным методом

на спектрофотометре типа КАС-120.1.

Результаты. В работе дана санитарно-гигиеническая характеристика методов очистки фильтрата, которые применяются на полигоне № 5 г. Киева. Показано, что установки "PAL ROCHEM" и "VOMM" позволяют достичь достаточно высокой степени очистки фильтрата. 70% воды после доочистки от аммиака может быть сброшено в поверхностные водоемы. В результате работы установок образуются побочные продукты, для которых до сих пор не существует экономически обоснованных путей обращения с ними. Кроме того, предлагаемые технологии обращения с фильтратом являются энергоемкими, дорогостоящими в обслуживании, что сдерживает их широкое применение в Украине.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы (ТБО), фильтрат, технологии очистки фильтрата, обратный осмос, выпаривание.

© Станкевич В.В., Тетеньова І.О. СТАТТЯ, 2018.

SANITARY-AND-HYGIENIC CHARACTERISTIC OF THE TECHNOLOGIES FOR HANDLING WITH THE FILTRATE OF SOLID DOMESTIC WASTE POLYGONS RECOMMENDED FOR USE IN UKRAINE
Stankevych V.V., Teteneva I.O.
State Institution "O. M. Marzeiev Institut for Public Health, NAMSU", Kyiv

Objective. We performed sanitary-and-hygienic assessment of the technologies for the filtrate purification from the places of the disposal of solid domestic waste recommended for use in Ukraine
Materials and methods. For the study we used the results of the analyses of filtrate samples from the Kyiv polygon No. 5 before and after purification at the "PAL ROCHEM" and "VOMM" facilities. The study was performed according to standardized procedures. Heavy metals were detected by atom-

ic-adsorption method with the help of spectrometer KAC-120.1.

Results. Sanitary-and-hygienic characteristic of the methods for filtrate purification, used at the polygon № 5 in Kyiv, is presented in the work. The "PAL ROCHEM" and "VOMM" facilities make possible to purify the filtrate effectively. 70% of water can be discharged in the surface water body after purification from ammonia. By-products are formed as a result of the equipment operation, there are no economically substantiated ways for handling with them. In addition, proposed filtrate treatment technologies are energy-intensive, expensive in service, which deters their wide use in Ukraine.

Keywords: solid domestic waste, filtrate, purification technologies, reverse osmosis, evaporation.

ний спосіб, електрохімічне очищення, гідроботанічний, біохімічний, хімічний та інші методи. Нині у світі не існує будь-якої загально визначеної "класичної" технології очищення таких стоків [7, 8].

У Німеччині залежно від якості фільтрату, як правило, застосовується комбінація конкретних методів очищення, а саме: попередня біологічна обробка (з відстоюванням) з подальшою абсорбцією активованим вугіллям; біологічна обробка з нітрифікацією (зниження БСК) та денітрифікацією, відстоювання для відділення завислих речовин, ультрафільтрація та подальша обробка активованим вугіллям; попередня біологічна обробка (з відстоюванням) зі зворотним осмосом, концентрат випарюється та висушується; зворотний осмос, випарювання та висушування, частково з вилученням амонію; біологічна та хіміко-оксидативна обробка [9].

Нині схеми переробки фільтрату місць видалення ТПВ, як правило, являють собою комбінацію біологічних, фізико-хімічних і мембранних процесів. Найбільш перспективними є SBR-реактори, мембранні біореактори, установки зворотного осмосу, а також системи озонування [10].

Мета роботи: дати санітарно-гігієнічну оцінку технологій поводження з фільтратом місць видалення ТПВ, що пропонуються для застосування в Україні.

Матеріали та методи дослідження. Матеріалами досліджень слугували результати аналізів проб фільтрату полігону № 5 м. Києва до і після обробки на установках очищення фільтрату. Дослідження виконані за стандартизованими методиками. Важкі метали

визначали атомно-абсорбційним методом на спектрофотометрі типу KAC-120.1 (ЦІНАО).

Результати дослідження та їх обговорення. В Україні для очистки фільтрату використовується установка зворотного осмосу фірми "Pal Rochem" (Німеччина) потужністю 200 м³ на добу. У результаті обробки фільтрату на установці отримується 70% перміату та 30% концентрату. Істотною відмінністю зворотного осмосу "Rochem UF-Systeme GmbH" з ST- і ДТ-модулями, встановленими на полігоні № 5, є високий робочий тиск, який забезпечує високу ступінь очистки фільтрату і менший обсяг концентрату.

У таблиці 1 представлені результати санітарно-хімічного аналізу фільтрату, перміату та концентрату після обробки на установці „Pal Rochem”.

Як видно з таблиці, у результаті очистки за санітарно-хімічними показниками отримується вода практично питної якості, за виключенням азоту амонійного (ГДК – 2 мг/дм³).

Концентрат містить високі концентрації важкоокислюваних органічних і неорганічних речовин. Рішення задачі з утилізації таких відходів вельми проблематичне. Рідина такої якості не придатна для скиду у системи міської каналізаційної мережі та обробки разом з фекально-стічними водами через високу токсичність для мікроорганізмів активного мулу та високу забарвленість, яка не знімається на каналізаційних очисних спорудах.

Установка "Pal Rochem", встановлена на полігоні № 5 м. Києва, потребує заміни 22000 фільтрів раз на 5 років.

Таблиця 1
Результати санітарно-хімічного аналізу фільтрату полігону № 5, перміату і концентрату після обробки на установці "Pal Rochem"

Показник	Фільтрат	Перміат	Концентрат
pH	7,20	6,9±0,64	7,0
Сухий залишок, мг/дм ³	11516,16±297,23	292,00±94,58	25650,00±1852,67
Гідрокарбонати, мг/дм ³	6288,00±415,81	225,70±95,31	-
Перманганатна окислюваність, мг O ₂ /дм ³	532,43±50,45	2,75±0,30	2030,00±13,39
ХСК, мг/дм ³	5186,67±1083,25	-	35500,00±1578,03
БСК ₅ , мг O ₂ /дм ³	302,67±7,58	-	4200,00±194,00
Фосфати, мг/дм ³	17,13±1,59	0,06±0,02	25,40±7,27
Сульфати, мг/дм ³	595,57±96,13	15,80±2,36	1127,00±254,02
Хлориди, мг/дм ³	2560,51±120,65	65,12±21,74	4095,33±547,96
Азот амонійний, мг/дм ³	690,00±71,47	2,25±0,75	966,00±97,79
Нітрати, мг/дм ³	26,48±3,57	2,41±0,60	51,26±7,22
Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³	38,00±3,68	3,2±1,17	-

Установка працює періодично до необхідності заміни фільтрів. Концентрат накопичено в об'ємі близько 18000 м³ у двох штучно створених озерах. Питання поводження з концентратом на даний момент не вирішене.

Таким чином, установка "Pal Rochem" при регламентному функціонуванні забезпечує достатньо високий ступінь очищення фільтрату, який після доочищення від сполук азоту дозволяє скидати перміат у поверхневі водні об'єкти. Концентрат, який становить 30% від об'єму фільтрату, потребує вжиття додаткових заходів. Питання поводження з концентратом на сьогоднішній день не вирішене. Наразі його накопичують у спеціальних ємностях. Ще не існує

технологій і конструкцій установок, які дозволяють економічно обґрунтовано вирішити питання утилізації таких відходів. Крім того, ця технологія є високовартісною.

Для очистки фільтрату і концентрату на полігоні № 5 м. Києва також було запроваджено установку термічної обробки фільтрату італійської фірми "VOMM", яка базується на двох лініях концентрування і на одній лінії сушки. До складу секції концентрування входять такі вузли: перекачування фільтрату з рекуперацією енергії, складування, концентрування, розділення рідина/пара, повернення режимного газу, конденсація випарованої води, виробництво термічної енергії.

До складу секції сушки входять такі вузли: складування концентрованого фільтрату, сушка, розділення твердої та газоподібної фаз, рециркуляція режимного газу, виробництво термічної енергії, зберігання сухого фільтрату в упаковці, конденсація і скид конденсату. У результаті діяльності установки для зневоднення фільтрату утворюються конденсат (рідка фракція) та сухий залишок.

При їх дослідженні встановлено, що конденсат являє собою прозору з легкою опалесценцією безбарвну рідину зі слабким запахом аміаку. Аналіз досліджених проб конденсату після обробки фільтрату полігону № 5 на установці "VOMM" (табл. 2) дозволяє стверджувати, що за більшістю показників (мінеральний склад, завислі речовини, вміст органічних речовин, бактеріологічні показники) якість рідини відповідає вимогам додатку № 11 до ДСП 173-96 та Постанови КМУ № 465 від 25.04.1999 "Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами". Воду такої якості можна скидати у поверхневі водойми. Разом з тим, наявність у воді наднормативних концентрацій азоту аміачного, що є причиною лужної реакції середовища рідини, обумовлює необхідність вжиття додаткових заходів щодо рН та азоту амонійного.

Дослідження фізико-хімічних показників сухого залишку представлені у таблиці 3, дослідження валового вмісту важких металів у зразках – у таблиці 4.

За результатами досліджень встановлено, що досліджувані зразки за агрегатним станом (пасти чорно-коричневого кольору) характеризуються слаболужною реакцією середовища, п'яту частину складають органічні речовини. Вміст міді (в 1,4 рази), цинку (у 6,8 разів), кадмію (у 3,5 рази) та нікелю (у 4,16 рази) перевищує їхні кларки. Перевищення ГДК відзначається у досліджених пробах тільки для цинку (3,9 ГДК) та нікелю (1,95 ГДК).

За вмістом важких металів було визначено клас небезпеки наданих зразків. Усі зразки належать до помірно небезпечних речовин, мають III клас небезпеки.

Зважаючи на те, що надані зразки мають пастоподібну

Таблиця 2 Якісний склад рідкої фракції (конденсату), отриманої після обробки фільтрату полігону № 5 на установці "VOMM"

Показник	Одиниця виміру	Результат	Норматив (додаток № 11 до ДСП 173-96)
pH		9,37±0,087	6,5-8,5
Завислі речовини	мг/дм ³	14,43±0,30	15,00*
Сухий залишок	мг/дм ³	118,33±4,97	1000
БСК ₅	мг O ₂ /дм ³	14,00±0,23	15,00*
ХСК	мг/дм ³	56,33±1,38	80,00*
Сульфати	мг/дм ³	9,91±0,79	500,00
Хлориди	мг/дм ³	20,01±0,88	350,00
Азот амонійний	мг/дм ³	2,38±0,18	2,0
Загальне залізо	мг/дм ³	0,22±0,003	0,3
Індекс ЛКП	КУО/дм ³	>300	1000
Індекс колифагів	БУО/дм ³	>330	1000

Примітка: * – вимоги Постанови КМУ № 465 від 25.04.1999 р.

Таблиця 3 Результати санітарно-хімічних досліджень залишку після обробки фільтрату на установці "VOMM"

Показник	Залишок після обробки фільтрату на установці "VOMM" (M±m), n=3
pH	8,03±0,06
Масова частка вологи, %	19,93±2,36
Вміст мінеральних речовин, %	79,37±1,05
Вміст органічних речовин, %	20,63±1,04

Таблиця 4 Вміст важких металів в сухому залишку після обробки фільтрату на установці „VOMM”

Показник, мг/кг	ГДК у ґрунті, мг/кг	Кларк, мг/кг	Залишок після обробки фільтрату на установці "VOMM", (M±m), n=3
Свинець	32,0	10	18,87±3,50
Мідь	55,0	20	22,9±5,15
Цинк	100,0	50	300,7±38,41
Кадмій	-	0,5	1,6±0,14
Хром	-	200	86,97±9,25
Нікель	85	40	139,33±27,24

консистенцію, вологість їх не перевищує 25%, мають III клас небезпеки, за складом подібні до ТПВ. Залишок після обробки фільтрату полігону № 5 на установці "VOMM" можна захоплювати разом з твердими побутовими відходами, що не суперечить вимогам санітарного законодавства.

Перевагами даної технології є те, що вона ефективно переробляє достатньо великі кількості фільтрату, її можна використати для очищення також мулових осадів. Недоліками цієї технології, крім високої ціни при її покупці та експлуатації (велика газо- та електроємність), є те, що у результаті її діяльності утворюються інші побічні продукти, які вимагають розробки шляхів поводження з ними.

Висновки

1. Технологія обробки фільтрату, заснована на процесах зворотного осмосу (PAL ROСHEM), дозволяє отримати 70% перміату, який після доочищення від аміаку може бути відведений у поверхневі водойми, та 30% концентрату, який містить значні концентрації мінеральних та важкоокислюваних органічних речовин і не може бути скинутий на каналізаційні очисні споруди. У зв'язку з високим солевмістом та вмістом важких металів донині не існує економічно обґрунтованих шляхів поводження з концентратом.

2. У результаті діяльності установки "VOMM", яка використовує технології концентрування і сушки, утворюються конденсат та сухий залишок. Конденсат після доочищення від сполук азоту може бути відведений у поверхневі водойми. Сухий залишок як відход III класу небезпеки пастоподібної консистенції можна захоплювати разом з твердими побутовими відходами.

3. Запропоновані для застосування в Україні на полігоні № 5 м. Києва технології обробки фільтрату ("PAL ROСHEM", "VOMM") дозволяють досягти досить високого ступеня очищення фільтрату, проте у результаті діяльності установок утворюються побічні продукти, для яких донині не існує економічно обґрунтованих шляхів поводження з ними. Крім того, запропоновані технології поводження з фільтратом є енер-

гоемними, високовартісними в обслуговуванні, що стримує широке застосування їх в Україні.

4. Для поліпшення санітарно-гігієнічної ситуації на полігонах, пов'язаної з утворенням фільтрату, пропонується застосування сучасних технологій поводження з ТПВ, спрямованих на зменшення кількості утворення фільтрату на полігоні (вилучення фракції, здатної до біорозкладання, за умови роздільного збору з використанням утилізаторів харчових відходів) та покращання його якості за рахунок переведення анаеробного процесу розкладання органічних речовин в аеробний з використанням пробіотиків.

ЛІТЕРАТУРА

1. Поворов А.А., Павлова В.Ф., Шиненкова Н.А. Очистка дренажных вод полигонов твердых бытовых отходов (ТБО). URL : <http://www.zaobmt.com/index.php/articles/139-landfil-leachate.html>.
2. Бородай Г.И. Пособие по мониторингу полигонов твердых бытовых отходов. Донецк : Тасис, 2004. 293 с.
3. Тетеньова І.О. Вплив сміттєзвалищ на довкілля та умови проживання населення. *Довкілля та здоров'я*. 2017. № (82). С. 26-30.
4. Селиванова Н.В., Трифонова Т.А., Селиванов О.Г., Чухланов В.Ю. Оценка и очистка фильтрационных вод полигонов ТБО. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2014. № 8-2. С. 99-102.
5. Варнавская И.В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов. *Экология и промышленность*. 2008. № 1. С. 39-43.
6. Слюсарь Н., Вайсман Я., Коротаев В. Оценка долгосрочных эмиссий объектов захоронения твердых коммунальных отходов: результаты полевых исследований и лабораторного моделирования. *Экология и промышленность России*. 2016. Т. 20, № 4. С. 32-39.
7. Гонопольский А.М., Николайкина Н.К., Мурашов В.Е. и др. Многостадийная технология очистки фильтрата полигонов твердых бытовых отходов. *Вода: химия и экология*. 2008. № 2. С. 25-30.

8. Трифонова Т.А., Селиванова Н.В., Ширкин Л.А. и др. Проблемы утилизации ТБО на полигонах. *Известия Самарского научного центра РАН*. 2013. Т. 15, № 3 (2). С. 685-687.

9. Соколов Л.И., Кибардина С.М., Фламме С. и др. Как в Германии решают проблему утилизации бытовых отходов. *Экология и промышленность России*. 2009. № 4. С. 32-37.

10. Кофман В.Я. Очистка фильтрата полигонов хранения твердых бытовых отходов. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2013. № 3, ч. 1. С. 46-56.

REFERENCES

1. Povorov A.A., Pavlova V.F., Shinenkova N.A. Ochkistka drenazhnykh vod poligonov tverdyykh bytovyykh otkhodov (TBO) [Purification of Drainage Water of Solid Domestic Waste (SDW) Polygons]. URL : <http://www.zaobmt.com/index.php/articles/139-landfil-leachate.html> (in Russian).
2. Boroday G.I. Posobie po monitoring poligonov tverdyykh bytovyykh otkhodov [Manual of Monitoring of Solid Domestic Waste Polygons]. Donezk : Tasis; 2004 : 293 p. (in Russian).
3. Teteneva I.O. *Dovkillia ta zdorovia*. 2017; 2 (82) : 26-30 (in Ukrainian).
4. Selivanova N.V., Trifonova T.A., Selivanov O.G. and Chukhlanov V.Yu. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy*. 2014 ; 8 (2) : 99-102 (in Russian).
5. Varnavskaya I.V. *Ekologiya i promyshlennost*. 2008 ; 1 : 39-43 (in Russian).
6. Slusar N., Vaisman Ya. and Korotaev V. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2016 ; 20 (4) : 32-39 (in Russian).
7. Gonopolskiy A.M., Nikolaikina N.K., Murashov V.E. et al. *Voda: khimiya i ekolohiya*. 2008 ; 2 : 25-30 (in Russian).
8. Trifonova T.A., Selivanova N.V., Shyrkin L.A. et al. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*. 2013 ; 15; № 3(2) : 685-687 (in Russian).
9. Sokolov L.I., Kibardina S.M., Flamme S. et al. *Ekologiya i promyshlennost Rossii*. 2009 ; 4 : 32-37 (in Russian).
10. Kofman V.Ya. *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2013 ; 3 (1) : 46-56 (in Russian).

Надійшло до редакції 23.02.2018