

математического ожидания составляет 0,169, а для среднеквадратического отклонения 0,124.

Список литературы: 1. *Electronics: Driving Automotive Innovation* [Text]: Auto Electronics, Facts and Forecasts, 2005. – 15 p. 2. Hill, K. Just How High-Tech is the Automotive Industry [Text] / K. Hill // Center for Automotive Research, 2014. – 73 p. 3. *Frischkorn, H.* Automotive software – the silent revolution [Text] / H. Frischkorn // Automotive SW Workshop, 2004. – 302 p. 4. *Лукацкий, А.* Информационная безопасность современного автомобиля [Электронный ресурс] / А. Лукацкий // Cisco Systems. – 2015. – Режим доступа: <http://www.slideshare.net/lukatsky/connected-car-security>. 5. *Kearney, A.* The Mobile Economy [Text] / A. Kearney // GSMA, 2013. – 101 с. 6. *Smart City Suppliers* [Text]: Navigant Research Leaderboard Report, 2014. – 52 p. 7. *Захарченко, А. Д.* Угрозы информационной безопасности автоматизированных систем современных автомобилей [Текст] / А. Д. Захарченко, А. К. Шилов // Экономика и социум. – 2015. – No 3 (16). – С. 157–160. 8. *Risk Management Framework Applied to Modern Vehicles* [Text]: National Institute of Standards And Technology Cyber Security, 2014. – 27 p. 9. *Редькина, Е.* В Подмоскowie подсчитали ущерб от неработающих камер видеонаблюдения [Электронный ресурс] / Е. Редькина // За рулём. – 2014. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/news/607363-v-podmoskove-podschitali-ushherb-ot-nerabotayushhix-kamer-vieofiksacii/>. 10. *Данилина, В.* Fiat-Chrysler знал о возможности взлома еще полтора года назад [Электронный ресурс] / В. Данилина // За рулём. – 2015. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/news/803779-fiat-chrysler-znal-o-vozmozhnosti-vzloma-eshhe-poltora-goda-nazad/>. 11. *Родионов, П.* В Лондоне треть угонов авто приходится на хакеров [Электронный ресурс] / П. Родионов // За рулём. – 2014. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/news/703636-tret-ugonov-avtomobilej-v-londone-prixoditsya-na-xakerov/>. 12. *Characterization of Potential Security Threats in Modern Automobiles* [Text]: NHTSA, 2014. – 46 p. 13. *Risk Management Guide for Information Technology Systems Practices* [Text]: NIST, 2002. – 56 p. 14. *A Summary of Cybersecurity Best Practices* [Text]: NHTSA, 2014. – 40 p. 15. *Checkoway, S.* Comprehensive Experimental Analyses of Automotive Attack Surfaces [Text] / S. Checkoway // IEEE Symposium on Security and Privacy. – 2010. – 16 p. 16. *Hacker konnten BMW-Türen jahrelang per Handy öffnen* [Электронный ресурс] / ADAC. – 2015. – Режим доступа: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-01/bmw-hacker-sicherheit>. 17. *Колодочкин, М.* Взлом без лома: легко ли вскрыть машину со смартфона [Электронный ресурс] / М. Колодочкин // За рулём. –

2015. – Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/articles/783458-vzлом-bez-loma-legko-li-vskryt-mashinu-so-smartfona/>. 18. *E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications* [Text]: EVITA, 2011. – 2 p. 19. *Leinmuller, T.* Secure Vehicle Communication [Text] / T. Leinmuller // SEVECOM, 2015. – 5 p.

Bibliography (transliterated): 1. *Electronics: Driving Automotive Innovation* (2005). Auto Electronics, Facts and Forecasts, 15. 2. *Kill, H.* (2014). Just How High-Tech is the Automotive Industry. Center for Automotive Research, 73. 3. *Frischkorn, H.* (2004). Automotive software – the silent revolution. Automotive SW Workshop, 302. 4. *Lukatskiy, A.* (2015). Information security of a modern car. Cisco Systems. Available at: <http://www.slideshare.net/lukatsky/connected-car-security>. 5. *Kearney, A.* (2013). The Mobile Economy. GSMA, 101. 6. *Smart City Suppliers* (2014). Navigant Research Leaderboard Report, 52. 7. *Zaharchenko, A.* (2015). Threats of the information security of modern cars automated systems. Economy and Society, 3, 157–160. 8. *Risk Management Framework Applied to Modern Vehicles* (2014). National Institute of Standards And Technology Cybersecurity, 27. 9. *Redkina, H.* (2014). It has estimated the damage from the working video-fixing cameras in Moscow. At the wheel. Available at: <http://www.zr.ru/content/news/607363-v-podmoskove-podschitali-ushherb-ot-nerabotayushhix-kamer-vieofiksacii/>. 10. *Danilina, V.* (2015). Fiat-Chrysler knew about the possibility of hacking a half years ago. At the wheel. Available at: <http://www.zr.ru/content/news/803779-fiat-chrysler-znal-o-vozmozhnosti-vzloma-eshhe-poltora-goda-nazad/>. 11. *Rodionov, P.* (2014). In London, a third of car hijackings accounted for hackers. At the wheel. Available at: <http://www.zr.ru/content/news/703636-tret-ugonov-avtomobilej-v-londone-prixoditsya-na-xakerov/>. 12. *Characterization of Potential Security Threats in Modern Automobiles* (2014). NHTSA, 46. 13. *Risk Management Guide for Information Technology Systems* (2002). NIST, 56. 14. *A Summary of Cybersecurity Best Practices* (2014). NHTSA, 40. 15. *Checkoway, S.* (2010). Comprehensive Experimental Analyses of Automotive Attack Surfaces. IEEE Symposium on Security and Privacy, 16. 16. *Hacker konnten BMW-Türen jahrelang per Handy öffnen* (2015). ADAC. Available at: <http://www.zeit.de/mobilitaet/2015-01/bmw-hacker-sicherheit>. 17. *Kolodochkin, M.* (2015). Hacking without scrap: how easy is it to open the car with your smartphone. At the wheel. Available at: <http://www.zr.ru/content/articles/783458-vzлом-bez-loma-legko-li-vskryt-mashinu-so-smartfona/>. 18. *E-Safety Vehicle Intrusion Protected Applications* (2011). EVITA, 2. 19. *Leinmuller, T.* (2015). Secure Vehicle Communication. SEVECOM, 5.

Поступила (received) 06.06.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Маковецкий Андрей Владимирович – кандидат технических наук, доцент, Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ»; Кафедра автомобилей и транспортной инфраструктуры, ул. Чкалова, 17, г. Харьков, Украина, 61070;

Маковецкий Андрій Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «ХАИ»; Кафедра автомобілів та транспортної інфраструктури, вул. Чкалова, 17, м. Харків, Україна, 61070, тел.: 050-624-09-33; e-mail: makoveckii.andre@mail.ru.

Makovetskiy Andrii – Ph.D., associate professor, National Aerospace University named after N. Zhukovsky «KhAI»; Automobiles and Transport Infrastructure Department, Chkalova st., 17, Kharkov, Ukraine, 61070

УДК 504.03 / 628.3.03

В. В. МИХАЙЛЕНКО

ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ В ЗОНІ ВПЛИВУ ЗВАЛИЩ ТВЕРДИХ ПОБУТОВИХ ВІДХОДІВ

Робота присвячена дослідженню технологічних заходів щодо підвищення рівня екологічної безпеки водних в зоні негативного впливу звалища твердих побутових відходів м. Маріуполя. Розроблені комплексні заходи щодо перешкодження потрапляння забрудненого фільтрату в підземні води та ріку Кальміус. Визначено оптимальні умови процесу анаеробного зброджування за яких ефективність очищення максимальна. Доведено ефективність застосування методу осадження для видалення заліза з фільтрату звалища ТПВ та шаруватих подвійних гідроксидів для сорбції фенолів. Визначено оптимальний склад нейтралізуючої суміші.

Ключові слова: екологічна безпека, звалище твердих побутових відходів, фільтрат, анаеробне зброджування, шаруваті подвійні гідроксиди.

© В. В. Михайленко. 2015

Вступ. Одними з найвпливовіших джерел забруднення навколишнього середовища, зокрема водних об'єктів, є звалища твердих побутових відходів (ТПВ).

Фільтрат звалищ ТПВ являє собою розчин, в якому вміст забруднюючих речовин значно перевищує гранично допустимі концентрації (ГДК), встановлені для водних об'єктів культурно-побутового значення, зокрема, важких металів, сульфатів, заліза, нітратів тощо. Крім того, означений фільтрат містить патогенні мікроорганізми, яйця гельмінтів та є загрозою життю і здоров'ю населення.

Яскравим прикладом є звалище твердих побутових відходів м. Маріуполя, яке розташоване у прибережній зоні р. Кальміус. Воно становить екологічну небезпеку для природних вод: річки Кальміус та Азовського моря, які знаходяться у зоні його впливу. Внаслідок неконтрольованого надходження забрудненого хімічними речовинами та патогенною флорою фільтрату в річку і в ґрунтові води, цим об'єктам завдається шкода.

У зв'язку з цим перспективним і актуальним напрямком є розробка способів очищення фільтрату зі звалища до показників нижче встановлених норм ГДК для запобігання забруднення річки Кальміус і Азовського моря.

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Значний внесок у дослідження негативно впливу фільтрату звалищ та полігонів ТПВ на водні об'єкти та технологій очищення зробили такі провідні вітчизняні та закордонні фахівці: Варнавська І. В., Яцков М. В., Душкін С. С., Сталінський Д. В., Ягафарова Г. Г., Вайсман Я. І., Калініхін О. Н., Найманов А. Я., Окрушко В. С.

З літературних джерел відомо, що методи очищення стічних вод можна розділити на механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні [1, 2]. Реагентні методи [3, 4] полягають в хімічному зв'язуванні або перетворенні забруднюючих речовин. Вони знижують концентрацію солей важких металів, але вносять в стоки, що скидаються у природні водойми, додаткову сольову навантаження. До того ж, вони економічно найвитратніші [5].

Фізико-хімічні методи, що включають в себе електрохімічні та сорбційні способи обробки стоків - найбільш пріоритетні методи очищення забруднених стоків. Електрохімічні методи дозволяють без додаткових витрат і хімічних реагентів ефективно очищати відпрацьовані водні стоки, забруднені маслами, жирами, білками, нафтопродуктами, поверхнево-активними речовинами, барвниками, пестицидами, фенолами, солями важких металів та іншими токсичними речовинами. Основним недоліком електрохімічних методів очищення забруднених вод є їх висока, у порівнянні з іншими методами, вартість.

Бактеріальна очистка стічних вод на даний час є загальноприйнятною при обробці міських господарсько-побутових стоків [5, 6]. До недоліків біологічних методів очищення стічних вод відносяться необхідність дотримання жорстких температурних умов, необхідність спеціального вирощування рослин для очищення і, згодом, їх утилізація. Мікроорганізми та вищі рослини не зможуть ефективно очищати стічні води полігонів при низьких температурах в осінньо-

зимовий період.

Традиційно у водопідготовці використовуються вугільні або мінеральні сорбенти [7]. Однак вони мають ряд недоліків. У зв'язку з тим, що регенерація сорбентів неефективна, то це сорбенти одноразового використання, що економічно недоцільно [8]. Крім того, використання активованого вугілля обмежено його високою вартістю, а також тривалим часом встановлення сорбційної рівноваги.

Шаруваті подвійні гідроксиди — найбільш поширені глинисті мінерали з властивостями неорганічних аніонитов. Аніонні глини являють собою шаруваті подвійні гідроксиди різного складу. Наявність основних центрів Бренстедовського і Льюїсовського типів робить можливим протікання процесу аніонного обміну у внутрішньому просторі синтетичних аніонних глин. Використання шаруватих подвійних гідроксидів дозволяє видаляти із забруднених вод як катіони металів, так і аніони одночасно [8].

Сорбційну очистку найбільш ефективно застосовувати на стадії доочищення забруднених вод.

При розробці технологій очищення фільтрату звалищ та полігонів ТПВ необхідно враховувати різні супутні фактори, а саме: етап життєвого циклу полігону або звалища, кліматичний фактор, потужність, якісні показники очищеного фільтрату. Розроблена технологія повинна бути досить гнучкою, врахувати коливання якісного складу, повинна забезпечити повну деструкцію шкідливих речовин або переведення їх в нешкідливі речовини, звести до мінімуму або взагалі виключити ефект сумації, що дозволить мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище [9].

На жаль, описані технології очищення забруднених вод не ефективні при очищенні фільтрату звалища твердих побутових відходів м. Маріуполя.

Ціль та задачі дослідження. Метою роботи є теоретичне обґрунтування та розробка способів очищення фільтрату звалища твердих побутових відходів для запобігання забруднення річки Кальміус і Азовського моря.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні теоретичні та експериментальні завдання:

- дослідити анаеробний процес очищення фільтрату, що просочився;
- удосконалити технологію очищення рідкої фази накопичувача від фенолів за допомогою шаруватих подвійних гідроксидів та заліза за допомогою оксиду кальцію;
- розробити комплексні заходи щодо запобігання негативного впливу звалища на навколишнє середовище.

Матеріали та методи дослідження технології очищення фільтрату звалища твердих побутових відходів м. Маріуполя. Анаеробні, сорбційні та осаджувальні процеси вивчали кінетичним методом. Дослідження процесу анаеробного зброджування фільтрату проводили в лабораторних умовах у термостатуючому реакторі. Ефективність сорбції фенолів за допомогою шаруватих подвійних гідроксидів визначали в лабораторних умовах в реакторі змішення з періодичним відбором зразків. Кінетичні закономірності осадження заліза визначали за зміною мутності

та кольору розчину за допомогою фотоколориметричного методу.

Об'єктом дослідження є екологічно небезпечні процеси забруднення Азовського моря та ріки Кальміусь фільтратом зі звалища твердих побутових відходів.

Предметом дослідження є очищення фільтрату зі звалища твердих побутових відходів з використанням анаеробного процесу зброджування та рідкої фази накопичувача подвійними шаруватими гідроксидами.

Результати дослідження ефективності технології підвищення екологічної безпеки водних об'єктів в зоні негативного впливу звалища твердих побутових відходів та обговорення результатів. Попередні дослідження хімічного та біологічного складу фільтрату звалища твердих побутових відходів наведені в роботах [10, 11]. Хімічний аналіз показав перевищення гранично допустимих концентрацій хімічних речовин, зокрема, заліза та фенолів. Біологічні дослідження фільтрату виявили перевищення значень коли-індексу, загального мікробного числа. Були виявлені патогенні мікроорганізми (*Clostridium perfringens*, *Bacillus anthracis*, *Salmonella enterica*, *Staphylococcus aureus*, *Vibrio cholerae*) та яйця гельмінтів (*Enterobius vermicularis*, *Ascaris lumbricoides*, *Diphyllobothrium latum*, *Taeniarrhynchus saginatus*).

Розроблений комплекс заходів передбачає проведення рекультивациі звалища ТПВ м. Маріуполя з метою покращання екологічного стану навколишнього середовища. Процес рекультивациі виконується у два етапи: технічний та біологічний. Технічний етап включає конструкційні рішення – з улаштування захисних екранів для основи та поверхні звалища, очищення та утилізації біогазу, збору та обробки фільтрату та поверхневих стічних вод. Після технічного етапу рекультивациі виконують біологічний, який включає комплекс агротехнічних та фітомеліоративних заходів.

Ефективним способом очищення фільтрату, що просочився на поверхню, є метод анаеробного зброджування. Для практичного застосування методу анаеробного зброджування з метою очищення забрудненого фільтрату була вивчена залежність процесу від різних чинників, визначені найбільш оптимальні умови протікання процесу зброджування.

Дослідження процесу анаеробного зброджування проводили в лабораторних умовах. На процес анаеробного зброджування основний вплив чинять наступні фактори: концентрація мікроорганізмів, рН середовища, інгібітори, перемішування.

Було встановлено, що тривалість процесу очищення знижується разом зі збільшенням частки збродженого осаду, який служить інокулятом. У кожному наступному циклі тривалість фази кислотного гідролізу також знижується, тобто відбувається адаптація мікрофлори осаду, що розвивається в лабораторній установці анаеробного зброджування.

При лабораторному дослідженні зброджування процес тривав протягом 4 тижнів, при цьому вихід газу знижувався з 28-30 до 5-8 обсягів на 1 об'єм рідини (Рис. 1). Склад газу при цьому був: метану – 63 %, вуглекислого газу – 36 %. При низьких температурах спостерігалось досить високе значення залишкового ХСК (рис. 2).

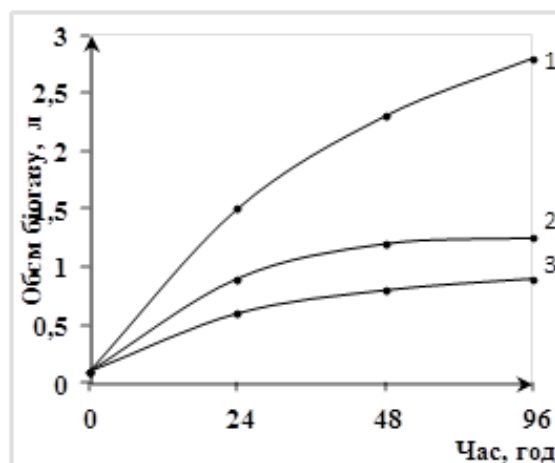


Рис. 1 – Об'єм біогазу за різних температур: 1 – 22 °C, 2 – 36 °C, 3 – 55 °C.

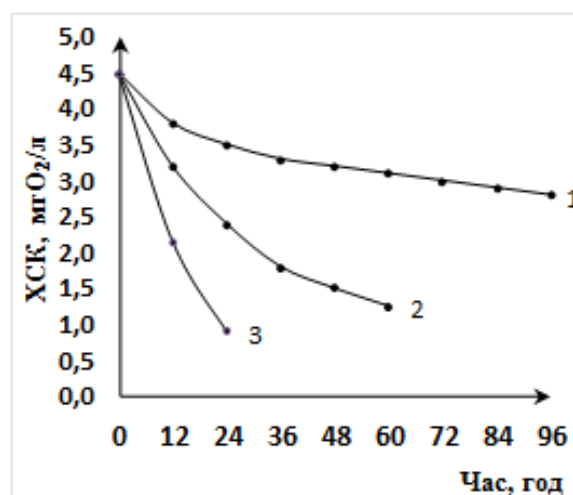


Рис. 2 – Перебіг процесу зброджування: 1 – 22 °C, 2 – 36 °C, 3 – 55 °C.

Кінетичні закономірності швидкості зброджування описуються рівнянням Арреніуса в тому температурному діапазоні, де не відбувається загибелі мікроорганізмів.

У початковий період процесу швидкість реакції можна описати рівнянням, що враховує як зміну ХСК, так і збільшення обсягу біогазу, що виділяється:

$$-\frac{d[\text{ХСК}]}{d\tau} = kC, \quad (1)$$

$$\frac{dV}{d\tau} = kC. \quad (2)$$

Грунтуючись на тому, що концентрація осаду в фільтраті невелика, кінетичну модель будували з припущенням, що процес описується рівнянням першого порядку. За результатами дослідження зброджування при різній температурі знайшли енергію активації, рівну 51 кДж/моль. Це свідчить про те, що швидкість всього процесу анаеробного зброджування визначається активністю мікроорганізмів, а не процесами доставки субстрату. Це пов'язано з інтенсивним перемішуванням бродильної маси протягом процесу.

При температурі 63-66 °C виділення біогазу і

зниження ХСК не спостерігали протягом 7 діб. Це свідчить про те, що процес анаеробного зброджування не проходив, оскільки за даних температур гинуть мікроорганізми, що сприяють зброджуванню.

Суттєвим є те, що при різних температурах очищення титр ентеробактерій і вміст гельмінтів змінюються по-різному. Так при температурах близько 37 °С кількість ентеробактерій навіть зростає в порів-

нянні з початковими значеннями, збільшується і вміст гельмінтів. Збільшення температури до 45 °С призводить до загибелі гельмінтів, але в мулі ще присутня досить велика кількість ентеробактерій і лише при температурі 55 °С вміст ентеробактерій різко знижується. Тобто при роботі установки в оптимальному режимі забезпечується повна загибель мікроорганізмів і гельмінтів (табл. 1).

Таблиця 1 – Результати очищення фільтрату методом анаеробного зброджування

Показники	ГДК	Початкова концентрація	Кінцева концентрація, °С		
			22	37	55
Загальне мікробне число	Не нормується	$7,0 \cdot 10^9$ кл/дм ³	$1,8 \cdot 10^4$ кл/дм ³	$3,7 \cdot 10^6$ кл/дм ³	Не виявлені
Колі-індекс	$1 \cdot 10^3$	$2,4 \cdot 10^5$	$8,1 \cdot 10^2$	$2,2 \cdot 10^6$	Не виявлені
Патогенні мікроорганізми	Відсутність	Наявність	Наявність	Наявність	Не виявлені
Яйця гельмінтів	Відсутність в 25 дм ³	63 шт/дм ³	22 шт/дм ³	14 шт/дм ³	Не виявлені

Розбавлення субстрату водою не тільки зменшує концентрацію, але і призводить до більш глибоких змін у процесі зброджування. Були проведені дослідження з вивчення швидкості зброджування розведених проб. Осад розбавляли водою у співвідношеннях: вода-осад – 10/90, 20/80, 40/60. Різке зниження швидкості очищення при розведенні фільтрату водою ми пояснюємо тим, що у воді присутній кисень, який повністю і остаточно інгібує процеси бродиння, оскільки мікроорганізми, що розвиваються в процесі, являють собою строгі анаероби – не переносять навіть незначних концентрацій розчиненого кисню.

Розробка технології очищення накопичувача проводилася виходячи з результатів хімічного дослідження. Оскільки дослідження рідкої фази накопичувача показали перевищення гранично допустимих концентрацій фенолів і солей заліза, технологія очищення має бути спрямована на очищення від цих компонентів. Розроблена нами технологія стала основою проекту з очищення накопичувача з подальшим його засипанням. Середній обсяг рідкої фази накопичувача становить 80 тис. м³, площа дзеркала води – 35 тис. м².

Очищення компонентів водної фази накопичувача включає в себе вирівнювання дна, засипку нейтралізуючого шару, засипку адсорбуючого шару. В якості нейтралізуючої суміші використовується оксид кальцію. Як сорбент використовуються шаруваті подвійні гідроксиди.

Була вивчена кінетика іонообмінної сорбції фенолу на сорбентах різного складу. Через те, що фенол є кислотою, процес іонного обміну протікає досить швидко.

Для визначення параметрів процесу були проведені дослідження кінетики сорбції фенолів. Отримані результати експериментів свідчать проперший концентраційний порядок за адсорбатом. Дослідження показали, що швидкість поглинання фенолів залежить прямопропорційно від концентрації фенолів і кількості сорбенту. Отримане значення енергії активації 29 кДж/моль свідчить про те, що реакція протікає в дифузійній області.

В якості нейтралізуючої суміші для очищення фільтрату звалища від заліза запропоновано використовувати шлак і оксид кальцію. Це дозволить використати металургійний шлак, що накопичений у

місті. Для рівномірного розподілу основного компоненту шлак і оксид кальцію взяті у співвідношенні 4:1 (фракційний склад нейтралізуючої суміші: 2-3 мм). Для осадження всього заліза потрібно 86,8 т оксиду кальцію, 347,1 т металургійного шлаку. Кількість сорбентів, необхідна для повної адсорбції фенолів, складе 70 т. Сумарна маса суміші становить 503,9 т. У процесі нейтралізації з водної фази накопичувача буде вилучено: органічних сполук – 45,6 т; неорганічних сполук – 522 т.

Всі сполуки, як органічні, так і неорганічні в процесі очистки будуть осаджені на дно накопичувача і утворять асфальтоподібний шар. Вивезення або будь-якого іншого видалення відходів не передбачається.

Після видалення фенолів і заліза очищені води накопичувача будуть скидатися через дренажну мережу на біоплато, розташоване за автодорогою, а звідти – в річку Кальміус. До попадання в річку Кальміус склад очищених вод контролюється двічі: перший раз – безпосередньою накопичувачі після нейтралізації, перед скиданням на біоплато; другий раз – після біоплато, перед скиданням в річку Кальміус.

Впровадження запропонованих заходів очищення стічних фільтрату звалища за допомогою анаеробного зброджування та нейтралізації і сорбції дозволяє підвищити рівень екологічної безпеки звалища твердих побутових відходів. Розроблена технологія дозволяє знизити вміст хімічних забруднювачів до рівня нижче ГДК. Результати очищення наведені в табл. 2.

Таким чином, скидання очищеного фільтрату у річку Кальміус не призведе до погіршення екологічного стану водних об'єктів тому, що очищення відбувається до значень показників нижче встановлених ГДК.

Таблиця 2 – Результати очищення фільтрату від заліза та фенолів

Показники	ГДК, мг/дм ³	Початкова концентрація, мг/дм ³	Кінцева концентрація, мг/дм ³
PhOH	0,1	557,35	0,006
Fe	0,3	98,7	0,04

На даний час внаслідок безконтрольного скидання забрудненого фільтрату в річку і в ґрунтові води наноситься екологічний збиток водним об'єктам.

Зі звалища твердих побутових відходів у річку Кальміус та Азовське море надходить забруднений фільтрат, обсягом $24,3 \cdot 10^3$ м³/рік. Разом із забрудненим фільтратом звалища ТПВ в річку Кальміус та Азовське море скидається 7,9 т фенолів і 10,8 т заліза.

Висновки. В результаті проведених досліджень встановлено, що запобігання забрудненню водних об'єктів фільтратом звалища твердих побутових відходів шляхом доведення якості його очищення до встановлених норм ГДК є актуальним завданням. У роботі, яка є закінченою науково-дослідною роботою, поставлена і вирішена проблема забезпечення якості очищеного фільтрату за показниками вмісту забруднюючих речовин до встановлених ГДК.

Методом однофакторного експерименту були проведені кінетичні дослідження процесів анаеробного зброджування. Доведено можливість застосування анаеробного зброджування для очищення фільтрату від біологічного забруднення з наступним скиданням очищеного фільтрату в річку. Визначено оптимальні умови процесу – при температурі 54-55 °С ефективність очищення максимальна. Встановлено, що використання безперервного способу організації процесу найефективніше.

Доведено ефективність застосування методу осаждення для видалення заліза з фільтрату звалища ТПВ. Визначено оптимальний склад нейтралізуючої суміші. Розрахована кількість компонентів суміші складає 86,8 т оксиду кальцію, 347,1 т металургійного шлаку, 70 т шаруватих подвійних гідроксидів.

Список літератури: 1. Великанов, Н. Л. Очистка сточных вод свалок твердых бытовых отходов, отдельных зданий и сооружений [Текст] / Н. Л. Великанов, М. Н. Великанова, А. В. Колобов // Изв. Калинин. гос. технич. ун-та. – 2009. – No 15. – С. 60–64. 2. Варнавская, И. В. Анализ условий образования и состава сточных вод полигонов твердых бытовых отходов [Текст] / И. В. Варнавская // Экология и промышленность. – 2008. – No 1. – С. 7–14. 3. Майоров, С. А. Электрохимическая очистка хозяйственно-бытовых и промфакальных сточных вод [Текст] / С. А. Майоров, Ю. А. Седов, Ю. А. Паррахин // Водоочистка. – 2009. – No 10. – С. 41–43. 4. Сталинский, Д. В. К вопросу об очистке сточных вод полигонов твердых бытовых отходов [Текст] / Д. В. Сталинский и др. // Научный вестник будів-

ництва. – 2009. – No 52. – С. 120–129. 5. Луговской, А. Ф. Оценка методов обеззараживания воды [Текст] / А. Ф. Луговской, А. В. Мовчанюк, И. А. Гришко // Вестник нац. техн. ун-ту Украины. Серия «Машиностроение». – 2008. – No 52. – С. 103–111. 6. Душкин, С. С. Прогрессивные технологии в области очистки природных и сточных вод [Текст] / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная // Коммунальное хозяйство городов. – 2010. – No 93. – С. 3–11. 7. Самохвалова, А. И. Общие сведения о системе очистки сточных вод [Текст] / А. И. Самохвалова // Наук. вестник будівництва. – 2009. – No 51. – С. 121–125. 8. Яцков, Н. В. Анализ методов очистки стоков мест захоронения твердых бытовых отходов [Текст] / Н. В. Яцков, И. В. Варнавская // Экология довкілля та безпека життєдіяльності. – 2008. – No 4. – С. 69–73. 9. Синельцев, А. А. Разработка нового высокоэффективного адсорбента на основе природного глауконита для очистки сточных и питьевых вод [Текст] / А. А. Синельцев, Т. И. Губина // Экологические проблемы промышленных городов: сб. науч. тр. – 2011. – No 2. – С. 258–260. 10. Бутенко, Э. О. Сорбционное удаление токсических соединений из промышленных сточных вод при помощи слоистых двойных гидроксидов [Текст] / Э. О. Бутенко, А. Е. Капустин // Экология и промышленность. – 2010. – No 3. – С. 52–59. 11. Шавкун, В. В. Уменьшение дренажных стоков с полигона твердых бытовых отходов [Текст] / В. В. Шавкун, А. Е. Капустин // Вестник Приазовского государственного технического университета. Сер. Технические науки. – 2012. – No 25. – С. 260–265. 12. Shavkun, V. Azov Sea Contamination By Dump And Landfill / V. Shavkun, A. Kapustin, Y. Binkovskiy // Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems. – 2012. – No 1. – Vol. 4. – P. 67–72.

Bibliography (transliterated): 1. Velikanov, N. Velikanova M., Kolobov A. (2009). Ochistka stochnykh vod svalok tverdykh bytovykh otkhodov, otdelnykh zdaniy i sooruzheniy. Izv. Kalinin. gos. tekhn. un-ta, 15, 60–64. 2. Varnavskaya, I. (2008). Analiz usloviy obrazovaniya i sostava stochnykh vod poligonov tverdykh bytovykh otkhodov. Ekologiya i promishlennost, 1, 7–14. 3. Mayorov S., Sedov Y., Parakhin Y. (2009). Elektrokhimicheskaya ochistka khozaystvenno-bytovykh i promfakalnykh stochnykh vod. Vodoochistka. 10, 41–43. 4. Stalinskiy, D. (2009). K voprosu ob ochistke stochnykh vod svalok tverdykh bytovykh otkhodov. Nauchiy visnyk budivnytstva, 52, 120–129. 5. Lugovskoi, A., Movchanyuk A., Grishko I. (2008). Otsenka metodov obezrazhivaniya vody. Visnyk nats. tekhn. un-tu Ukrainy. Seriya “Mashinostroeniye”, 52, 103–111. 6. Dushkin, S., Blagodarnaya, G. (2010). Progressivnye tekhnologii v oblasti ochistki prirodnykh i stochnykh vod. Kommunalnoe khozaystvo gorodov, 93, 3–11. 7. Samokhvalova, A. (2009). Obshnie svedeniya o sisteme ochistki stochnykh vod. Nauchiy visnyk budivnytstva, 51, 121–125. 8. Yatskov, N., Varnavskaya, I. (2008). Analiz metodov ochistki stokov mest zakhoroneniya tverdykh bytovykh otkhodov. Ekologiya dovkilliya ta bezpeka jittedyalnosti, 4, 69–73. 9. Sineltseva, A., Gubina, T. (2011). Razrabotka novogo vysokoefektivnogo adsorbenta na osnove prirodnoho glaukonita lkz ochistki stochnykh i pitevykh vod. Ekologicheskiye problem promyshlennykh gorodov, 2, 258–260. 10. Butenko, E., Kapustin, A. (2010). Sorbtionnoe udalenie toksicheskikh soedineniy iz promyshlennykh stochnykh vod pri pomoshi sloistykh dvoynykh gidroksidov. Ekologiya i promyshlennost, 2, 315–325. 11. Shavkun, V., Kapustin, A., Binkovskiy, Y. (2013). Azov Sea contamination by Dumps and Landfill, Int. J. of Sustainable Water and Environmental Systems, 1 (4), 67–72.

Надійшло (received) 20.12.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Михайленко Валерія Валеріївна – Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», асистент кафедри хімічної технології та інженерії; вул. Університетська, 7, м. Маріуполь, Україна, 87500; тел.: (0629) 47-43-73; e-mail: shavkun_v_v@mail.ru.

Михайленко Валерія Валеріївна – Государственное высшее учебное заведение «Приазовский государственный технический университет», асистент кафедры химической технологии и инженерии; ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, 87500; тел. 0629-47-43-73; e-mail: shavkun_v_v@mail.ru.

Mykhailenko Valeriia – Pryazovskyi State Technical University, assistant professor of Department of Chemical Technology and Engineering; Universytets'ka 7, Mariupol, 87500; tel. 0629-47-43-73; e-mail: shavkun_v_v@mail.ru.