

К. Є. ХАВІКОВА

аспірант кафедри хімічних та біологічних технологій  
Дніпровський державний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-3276-481X

А. В. ІВАНЧЕНКО

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри хімічних та біологічних технологій  
Дніпровський державний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-1404-7278

## ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОТЕКСТИЛЬНИХ КОНТЕЙНЕРІВ GEOTUBE НА КОКСОХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

У даній роботі зроблено аналіз небезпечного впливу ароматичних вуглеводнів із фенолвмісних вод коксохімічних заводів. Розглянута актуальність вилучення органічних токсикантів із рідких відходів коксохімічних підприємств при очищенні фенольних стоків, які подаються на башти тушіння коксу. Із-за недостатньої глибини очищення виробничих стоків на механічній стадії біохімічного очищення (БХО), істотна кількість фенольних забруднень потрапляє в атмосферу, а з дощовими опадами до водойм, що становить екологічну загрозу в промислових містах. Надано кількісне співвідношення стічних вод коксохімічних підприємств за джерелами утворення та охарактеризовано осади, які утворюються при переробці рідких відходів на установці біохімічного очищення (УБХО), на прикладі ПРАТ «ДКХЗ», м. Кам'янського. Розроблено екологічно безпечну технологію адсорбційної переробки рідких відходів у флотаційних реакторах, за допомогою якої можливе зниження негативного впливу токсикантів на подальше БХО активним мулом та доведення ГДК токсичних речовин до регламентних значень. Охарактеризовано природний сорбційний матеріал глауконіт, з додаванням регламентної дози флокулянту до фенолвмісних стоків у флотатори, для зниження концентрації політантів та утворення осадів з подальшим їх видаленням. Запропоновано зменшити вміст води в осадах, що дозволить розширити можливості його утилізації. Надано характеристику осадам, що являють собою суспензію, яка виділяється в процесі механічної, біологічної та фізико-хімічної обробки стічних вод. Надано результати попереднього випробування зневоднення осаду за допомогою геотекстильних контейнерів в лабораторних умовах, початкова волога якого становила – 92%, а після застосування контейнерів Geotube впродовж 10 днів, волога осаду знизилася до 50%. Запропоновано на коксохімічних підприємствах впровадити переробку осадів за допомогою технології геотекстильних контейнерів Geotube. Описано етапи зневоднення за технологією Geotube.: наповнення суспензією шламу; зневоднення; консолідація – сушка отриманого осаду. Надано поетапну ілюстровану інструкцію з укладання геотекстильних контейнерів.

**Ключові слова:** коксохімічні стоки, рідкі відходи, фенолвмісні стоки, феноли, глауконіт, геотекстильні контейнери Geotube.

К. Ye. KHAVIKOVA

Postgraduate Student at the Department of Chemical and Biological Technologies  
Dniprovsky State Technical University  
ORCID: 0000-0002-3276-481X

A. V. IVANCHENKO

Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor at the Department of Chemical and Biological Technologies  
Dniprovsky State Technical University  
ORCID: 0000-0002-1404-7278

## IMPLEMENTATION OF GEOTUBE GEOTEXTILE CONTAINER TECHNOLOGY AT COX-CHEMICAL ENTERPRISES

This paper analyzes the dangerous impact of aromatic hydrocarbons from phenol-containing waters of coke plants. The relevance of the extraction of organic toxicants from the liquid waste of coke chemical enterprises during the purification of phenolic effluents, which are fed to coke quenching towers, is considered. Due to the insufficient depth of treatment of industrial effluents at the mechanical stage of biochemical treatment, a significant amount of phenolic pollutants enters the atmosphere, and with rainwater falls into water bodies, which poses an ecological threat in industrial cities. Quantitative ratio of waste waters of coke chemical enterprises by sources of formation is given and sediments formed during processing

of liquid waste at a biochemical treatment plant are characterized, using the example of PJSC «DKHZ», Kamianske. An ecologically safe technology of adsorption processing of liquid waste in flotation reactors has been developed, with the help of which it is possible to reduce the negative impact of toxicants on the subsequent of biochemical treatment by activated sludge and bring the MPC of toxic substances to regulatory values. The natural sorption material glauconite was characterized, with the addition of a regular dose of flocculant to phenol-containing effluents in flotation devices, to reduce the concentration of pollutants and the formation of sediments with their subsequent removal. It is proposed to reduce the water content in the sediments, which will allow to expand the possibilities of its utilization. The characteristics of sediments, which are a suspension that is released in the process of mechanical, biological and physico-chemical treatment of wastewater, are given. The results of a preliminary test of sediment dehydration with the help of geotextile containers in laboratory conditions are presented, the initial moisture content of which was 92%, and after using Geotube containers for 10 days, the sediment moisture content decreased to 50%. It is proposed to implement sediment processing at coke-chemical enterprises using Geotube geotextile container technology. The stages of dewatering using the Geotube technology are described: filling with sludge suspension; dehydration; consolidation – drying of the obtained sediment. Step-by-step illustrated instructions for laying geotextile containers are provided.

**Key words:** coke chemical effluents, liquid waste, phenol-containing effluents, phenols, glauconite, Geotube geotextile containers.

### Постановка проблеми

На коксохімічних заводах фенолвмісні стічні води, після цехів уловлювання хімічних продуктів коксування, забруднюються органічними агентами, такими як роданіди, феноли, амоніак, масла, смоли та ін. токсиканти. Фенолвмісні води займають великий обсяг на підприємствах [1, с. 24].

Основна кількість забруднюючих поліютантів, що міститься у стоках, використовується для гасіння коксу, при цьому леткі органічні сполуки випаровуються в атмосферу, забруднюючи навколишнє середовище, а з дощовими опадами попадають до водойм [2, с. 28].

У коксохімічній галузі в технологічному процесі очищення стічних вод застосовують механічне та біологічне БХО. УБХО не завжди справляється з токсичними речовинами, які надходять на переробку на механічній стадії, тому навантаження по основному забруднюючому компоненту зростає: на вході в установку концентрація фенолів становить від 800 до 1200 мг/дм<sup>3</sup>. Підвищення навантаження, в сукупності з незадовільним станом установки, періодичними залповими викидами, масовою загибеллю симбіозу активного мулу та бактерій, знижує ефективність очищення до необхідних норм на механічній стадії (ГДК фенолів – не більше 415 мг/дм<sup>3</sup>) та біологічній стадії (ГДК фенолів – не більше 1 мг/дм<sup>3</sup>). В результаті необхідно додаткове розбавлення стоків технічною водою, із підвищенням собівартості очищеної води [2, с. 108; 3, с. 27].

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Біологічне окислення забруднюючих фенолвмісних стоків за допомогою симбіозу активного мулу, фенол- та родануруйнуючих мікроорганізмів на УБХО є складним та недостатньо дослідженим процесом [2, с. 108].

Очищення коксохімічних стоків за допомогою сорбентів із природної сировини представляє великий інтерес. Перспективним сорбентом, в якості адсорбційного матеріалу, є природна глина – глауконіт [4, с. 199]. Переваги цього мінералу: дешевизна, широке поширення, доступність, термостійкість, зерниста структура, хороші фільтраційні та іонообмінні властивості, а також можливість шляхом хімічного модифікування змінювати технологічні показники мінералу. Застосування глауконіту дозволяє видалити радіоактивні ізотопи із забруднених вод (на 65–98%), важкі метали Pb<sup>3+</sup>, Sb<sup>3+</sup> Cu<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, (94,8–100%), As<sup>3+</sup>, Cr<sup>3+</sup> (33,6–33,8%), очищувати фенолвмісні стоки також від поверхнево-активних речовин, завислих речовин, пестицидів, гербіцидів, фенолів, текстильних барвників тощо [4, с. 199; 5, с. 1; 6, с. 705; 7, с. 692].

Відомо про приклади зарубіжних джерел застосування мінеральних глин для очистки води від різноманітних органічних речовин: нафти та нафтопродуктів, фенолів, роданідів, ціанідів і т.п. [1, с. 25; 7 с. 119]. Застосування глауконіту в аеротенках в якості сорбційного носія для сапрофітних бактерій, свідчить про його надвисоку очисну здатність в поєднанні з екологічною безпекою [3, с. 29].

На коксохімічних підприємствах для вилучення поліютантів механічним методом застосовують флокуляцію: агрегація колоїдних і дрібнодисперсних частинок в крупні пластівці відбувається в результаті адсорбції макромолекул флокулянта одночасно на декількох частинках. Використання флокулянту дозволяє підвищити швидкість осадження пластівців. Розчин поліакриламід у готується 0,1% концентрації та дозується у флотатори по 30% [3, с. 29]. Переробка утворених осадів з вилученням цінних компонентів, дозволяє здійснювати їх утилізацію [8, с. 62].

Можливість використання глауконітових глин під час БХО, призводить до скорочення термінів запуску об'єктів біологічної переробки в експлуатацію та захищає мікроорганізми активного мулу від впливу шкідливих речовин. В Україні використання глауконіту обмежено такими галузями як медицина, будівництво, сільське господарство тощо, на відміну від країн із розвинутою нафтопереробною промисловістю (Близький Схід, США). Дані про застосування мінеральних глауконітових глин, у процесах очистки рідких відходів коксохімічної промисловості, в українській науковій періодиці відсутні [1, с. 26].

В процесі очищення стічних вод утворюється осад, що містить більше 95% води. Для забезпечення сприятливих умов вивезення шламу, необхідно зменшити вміст води в осаді, що дозволить розширити можливості його утилізації. Осад являє собою суспензію, що виділяється в процесі механічної, біологічної та фізико-хімічної обробки стічних вод [9, с. 971]. При механічному зневодненні осаду використовується спеціальне обладнання: фільтр-преси, шнекові дегідратори і центрифуги різної конструкції. Але механічне зневоднення має ряд недоліків: циклічний режим роботи; знижується витрата доданого осаду протягом циклу; високі експлуатаційні витрати (електроенергія, запчастини, тех. обслуговування); необхідність участі оператора; складність обслуговування системи; підвищені інвестиції.

Зневоднення осадів стічних вод в природних умовах призначене для отримання вологості від 50 до 80%. Зневоднення здійснюється в основному сушінням осадів на мулових майданчиках (рис. 1). Але таких способів має низку недоліків: низьку ефективність процесу; дефіцит земельних ділянок у промислових районах; забруднення повітряного середовища.

Перспективність методу зневоднення осаду за допомогою технології Геотуб, полягає в статичному зневодненні, фільтрації рідкої фази осаду через стінки Геотуб-контейнерів з полімерної фільтруючої тканини, які розташовані на спеціально підготовленому дренажному майданчику. Перед подачею в Геотуби, осад обробляється спеціальними добавками: полімерним флокулянтом або коагулянтом – для підвищення ефективності фільтрації; а також стабілізатором, дезінфектантом, спеціальним реагентом для зв'язування солей важких металів (при необхідності).

#### Формулювання мети дослідження

Запропоновано впровадження ефективної технології геотекстильних контейнерів на коксохімічних підприємствах при переробці осадів, які утворюються на стадії механічного очищення, для зниження антропогенного навантаження на промислові міста та досягнення регламентних норм ГДК поллютантів.

#### Викладення основного матеріалу дослідження

Кількісне співвідношення стічних вод коксохімічних підприємств, на прикладі ПРАТ «ДКХЗ», м. Кам'янського, за джерелами утворення представлено на рис. 2. З наведених даних видно, що найбільшу кількість стічних вод складають саме фенольні води – 53%.



Рис. 1. Сушка на мулових майданчиках

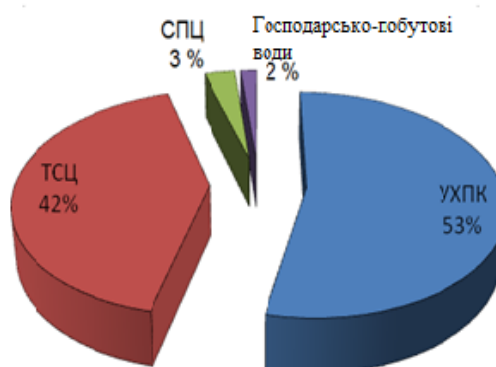


Рис. 2. Кількісне співвідношення стічних вод коксохімічного підприємства за джерелами утворення

Нами було розроблено екологічно безпечну технологію адсорбційної переробки рідких відходів у флотаційних реакторах [8, с. 60], за допомогою якої досягнуто зниження негативного впливу токсикантів на подальше біологічне очищення активним мулом.

На ПРАТ «ДКХЗ» в процесі БХО фенолвмісних стоків утворюються два види осадів:

Осад, що містить смоли, масла та завислі речовини, в процесі відстоювання води на стадії механічного очищення;

Осад, що містить активний мул з вторинних відстійників або загиблий мул, що осідає в аеротенках.

Нами було проведено випробування зневоднення осаду за допомогою геотекстильних контейнерів в лабораторних умовах, початкова волога якого становила – 92%. Після застосування контейнерів Geotube впродовж 10 днів, волога осаду знизилася до 50% [8, с. 60].

На рис. 3 зображена ілюстрація впровадження технології геотекстильних контейнерів на підприємстві.

Етапи зневоднення за технологією Geotube зображені на рис. 4, рис. 5: наповнення суспензією шламу; зневоднення: фільтрація вільної води через стінки контейнера, значне зменшення обсягу; консолідація: сушка отриманого осаду, вихід парової води через стінки.



Рис. 3. Ілюстрація технології геотекстильних контейнерів Geotube

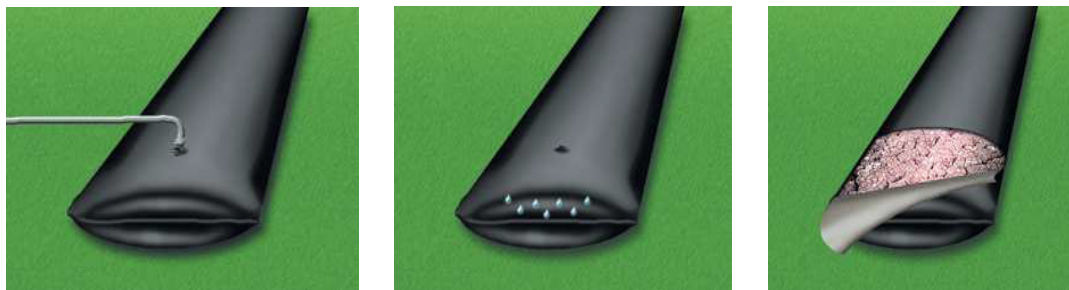


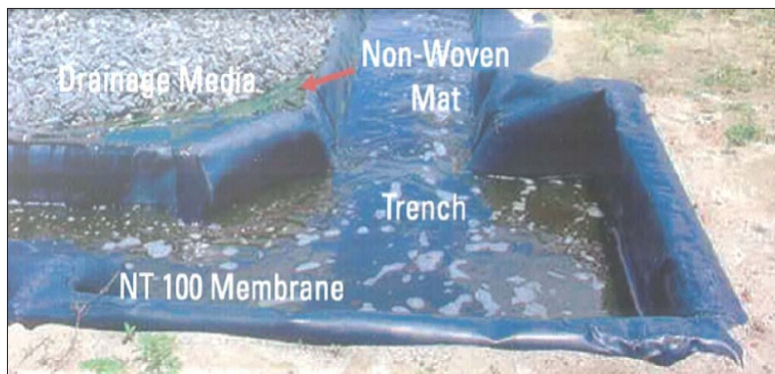
Рис. 4. Етапи зневоднення за технологією Geotube



Рис. 5. Етапи наповнення – зневоднення за технологією Geotube

**Інструкція з укладки:**

1. Вирівнюють ділянки.
2. Укладають водонепроникну геомембрану по всій поверхні полігону, включаючи траншею та берму по периметру.



**Рис. 6. Ілюстрація укладки водонепроникної геомембрани**

3. Укладають дренажний шар із щебеню/гравію або дренажну сітку по всій поверхні полігону, крім траншеї та берми по периметру.
4. Починаючи з верхнього краю полігону, поверх дренажного шару розкочують контейнер Geotube.



**Рис. 7. Ілюстрація укладання поверх щебню/гравію контейнерів Geotube**

5. Встановлюють вбудовану систему змішування суспензії з реагентами.
6. Завис осаду проганяють через зворотну трубу задля останньої перевірки якості утворення пластівців перед остаточним закачуванням в контейнер Geotube (рис. 8 (1)).

Можливо встановити пристрій розвідної системи напірних труб для розподілу пульпи одночасно в кілька контейнерів або в кожен по черзі (рис. 8 (2)).



1



2

**Рис. 8. Вбудована система змішування суспензії із зворотною трубою (1) та пристрій розвідної системи напірних труб (2)**

### Висновки

Наведено кількісне співвідношення стічних вод коксохімічних підприємств за джерелами утворення та показано, що найбільший об'єм складають саме фенольні води – 53%.

Запропоновано зменшення вмісту води в осадах, що дозволить розширити можливості його утилізації. Надано результати попереднього випробування зневоднення осаду за допомогою геотекстильних контейнерів в лабораторних умовах, початкова волога якого становила – 92%, а після застосування контейнерів Geotube впродовж 10 днів, знизилася до 50%. Задля зменшення антропогенного навантаження на промислові міста, запропоновано впровадження переробки осадів на коксохімічних підприємствах за допомогою технології геотекстильних контейнерів Geotube за такими етапами як наповнення суспензією шламу; зневоднення; консолідація – сушка отриманого осаду. Надано ілюстровану інструкцію з укладання геотекстильних контейнерів.

### Список використаної літератури

1. Хавікова К.Є., Іванченко А.В., Макаренко Н.П., Кузьменко В.Ю. Дослідження технології адсорбційного вилучення фенолів та роданідів з рідких відходів коксохімічного виробництва. *Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського*. 2020. Том 31(70) № 2. С. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.31319/2519-2884.37.2020.17>.
2. Іванченко А.В., Хавікова К.Є. Технологічні аспекти вилучення фенолів та роданідів зі стічних вод коксохімічної промисловості. *Тиждень еколога-2019*: зб. матеріалів доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф. Кам'янське: ДДТУ, 2019. С. 106–109.
3. Іванченко А. В., Хавікова К. Є. Комплексне очищення промислових фенольних стічних вод з використанням адсорбентів з природної сировини. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2019. № 2. С. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-27-34>.
4. Хавікова К.Є., Іванченко А.В. Удосконалення технології очищення стічних вод коксохімічного виробництва із використанням глауконіту. *Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти*: зб. матеріалів доп. учасн. VII Міжнар. наук.-практ. конф. Київ: КПП ім. Ігоря Сікорського. 2021, 25–26 листопада. С. 199–203.
5. Yakub E., Agarry S. E., Omoruwof F. [et al.] Comparative study of the batch adsorption kinetics and mass transfer in phenol-sand and phenol-clay adsorption systems. *Particulate Science and Technology*. 2019. №. 1. С. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1080/02726351.2019.1616862>.
6. Mandal A., Dey B.B., Das S.K. Thermodynamics, kinetics, and isotherms for phenol removal from wastewater using red mud. *Water Practice and Technology*. 2020. Т. 15. №. 3. С. 705–722. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.056>.
7. Gładysz-Plaska A. Application of modified clay for removal of phenol and PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> ions from aqueous solutions. *Adsorption Science Technology*. 2017. Т. 35. № 7–8. С. 692–699. DOI: 10.1177/0263617417704774.
8. Хавікова К.Є., Іванченко А.В. Удосконалення технології очищення стічних вод із утилізацією осаду на коксохімічних підприємствах. *Вісник Черкаського державного технологічного університету*. 2021. № 4. С. 54–67. DOI: 10.24025/2306-4412.4.2021.248361.
9. Хавікова К.Є., Іванченко А.В. Зневоднення шламу коксохімічних підприємств за допомогою технології Геотуб. *Fundamental and applied research in the modern world*: 8th International scientific and practical conference. (March 17–19, 2021) BoScience Publisher, Boston, USA. 2021. С 968–977.

### References

1. Khavikova K.Ye., Ivanchenko A.V., Makarchenko N.P., Kuzmenko V.Yu. (2020) Research on the technology of adsorption extraction of phenols and rhodanides from liquid wastes of coke chemical production. *Scientific notes of the Tavri National University named after V. I. Vernadskyi*. Vol. 31(70) № 2. P. 24–28. DOI: <https://doi.org/10.31319/2519-2884.37.2020.17>. [in Ukrainian].
2. Ivanchenko A.V., Khavikova K. Ye. (2019) Technological aspects of extraction of phenols and rhodanides from waste water of the coke industry. *Ecologist Week-2019*: coll. additional materials participation International science and practice conf. Kamianske: DDTU, P. 106–109. [in Ukrainian].
3. Ivanchenko A.V., Khavikova K. Ye. (2019) Complex treatment of industrial phenolic wastewater using adsorbents from natural raw materials. *Bulletin of the Vinnytsia Polytechnic Institute*. No. 2. P. 27–34. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2019-143-2-27-34>. [in Ukrainian].
4. Khavikova K. Ye., Ivanchenko A.V. (2021) Improvement of the technology of wastewater treatment of coke chemical production using glauconite. *Clean water: Fundamental, applied and industrial aspects*: coll. additional materials participation VII International science and practice conf. Kyiv: KPI Igor Sikorsky. (November 25–26, 2021). P. 199–203. [in Ukrainian].
5. Yakub E., Agarry S. E., Omoruwof F. [et al.] (2019) Comparative study of the batch adsorption kinetics and mass transfer in phenol-sand and phenol-clay adsorption systems. *Particulate Science and Technology*. №. 1. С. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.1080/02726351.2019.1616862>. [Nigeria].
6. Mandal A., Dey B.B., Das S.K. (2020) Thermodynamics, kinetics, and isotherms for phenol removal from wastewater using red mud. *Water Practice and Technology*. Т. 15. № 3. С. 705–722. DOI: <https://doi.org/10.2166/wpt.2020.056>. [India].

7. Gładysz-Płaska A. (2017) Application of modified clay for removal of phenol and  $\text{PO}_4^{3-}$  ions from aqueous solutions. *Adsorption Science Technology*. T. 35. № 7–8. С. 692–699. DOI: 10.1177/0263617417704774. [Poland].
8. Khavikova K. Ye., Ivanchenko A.V. (2021) Improvement of wastewater treatment technology with sludge disposal at coke chemical enterprises. *Bulletin of the Cherkasy State Technological University*. No 4. P. 54–67. DOI: 10.24025/2306-4412.4.2021.248361. DOI: 10.24025/2306-4412.4.2021.248361. [in Ukrainian].
9. Khavikova K. Ye., Ivanchenko A.V. (2021) Dewatering of sludge of coke chemical enterprises using Geotube technology. *Fundamental and applied research in the modern world: 8th International scientific and practical conference*. (March 17–19, 2021). BoScience Publisher, Boston, USA. P. 968–977. [in Ukrainian].