

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-07>

УДК 556. 532 (477-924-52)

О. М. КРАЙНЮКОВ, д-р геогр. наук, проф.,
професор кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
e-mail: kraynukov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
майдан Свободи, 4, 61022, Харків, Україна

І. А. КРИВИЦЬКА, канд. біол. наук,
доцент кафедри екологічної безпеки та екологічної освіти
e-mail: krivicka@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>
¹*Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*
майдан Свободи, 4, 61022, Харків, Україна

І. В. ЖИТНЕЦЬКИЙ, канд. техн. наук, доцент
доцент кафедри машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв
e-mail: zhitn@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3029-7281>
Національний університет харчових технологій
Вул. Володимирська, 68, Київ, 01601

ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ОЧИЩЕННЯ БУРОВИХ СТІЧНИХ ВОД

Мета. Визначення оптимальної комбінації та витрат коагулянтів і флокулянтів при очищенні бурових стічних вод з подальшим визначення гострої летальної токсичності отриманої освітленої рідкої фази.

Методи. Первинне освітлення рідкої фази відходів буріння проводилося методом хімічної коагуляції з використанням у якості коагулянту органічних коагулянтів «Magnafloc» та «ECOFLOC». У разі недостатності ступеню очистки бурових стічних вод методом коагуляції застосовувався додатковий спосіб очищення флокулянтами Zetag 8180 та камеддю целюлозною. Після процесу очищення виконували токсикологічний аналіз бурових стічних вод за методикою біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

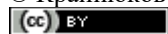
Результати. Проведено низку дослідів щодо визначення оптимальної витрати коагулянтів та флокулянта для очищення бурових стічних вод. Визначено, що найбільш ефективне очищення відбувається при первинному освітленні рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням органічного коагулянту «Magnafloc» та додатково флокулянтом Zetag 8180 у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1 кг/м³, відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у вищезначених концентраціях, в очищених бурових стічних водах визначено 2 рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична). Встановлено, що найбільш ефективне очищення відбувається при первинному освітленні рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням коагулянту «ECOFLOC» та флокулянтом - камеддю целюлозною у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1,3 кг/м³, відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у вищезначених концентраціях, у очищених бурових стічних водах визначено 2 рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична).

Висновки. Загалом слід зазначити, що такі стічні води потребують більш ретельної доочистки, в разі можливого скиду до водних об'єктів, і їх використання можливе лише у повторних технологічних процесах буріння. Результати біотестування необхідно використовувати для скринінгу високотоксичних екологічно небезпечних хімічних речовин та контролю токсичності різних категорій стічних вод на всіх стадіях їх утворення та на скидах у водні об'єкти як інтегральний показник при контролі їх якості.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: коагуляція, флокуляція, гостра летальна токсичність, метод біотестування, очищення, екологічний стан, підземні води, забруднення води

Як цитувати: Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Житнецький І. В. Токсикологічна оцінка якості очищення бурових стічних вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Екологія»*. 2023. Вип. 28. С. 83 - 90. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-07>

© Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Житнецький І. В., 2023



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

In cites: Krainiukov, O. M., Kryvytska, I. A., & Zhytnetskyi, I. V. (2023). Toxicological assessment of drilling wastewater treatment quality. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series «Ecology»*, (28), 83 - 90. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2023-28-07> (in Ukrainian)

Вступ

Світова галузь видобутку нафти та газу відіграє життєво важливу та динамічну роль у глобальній енергетичній системі. Будь-яка діяльність при проведенні бурових робіт з видобутку нафти та газу може призвести до утворення значної кількості відходів. Бурові розчини та шлам вважаються небезпечними відходами, дуже складними та важкими для поводження через низку домішок. У будь-якому проєкті з розробки нафти та газу, буріння може призвести до утворення значної кількості відходів і через наявність багатьох забруднюючих речовин [1] вважається надзвичайно складним для знешкодження. Впровадження стратегії утилізації відходів [2] є складним процесом, який впливає як на процес створення її вартості, і включає кілька складових, на які безпосередньо впливають технічні аспекти, які необхі-

дно враховувати при прийнятті управлінських рішень щодо поводження з відходами буріння.

На початку розвитку нафтової та газової промисловості, згідно з [3] відходи буріння утилізувалися безпосередньо на полігони, що спричиняло забруднення навколишнього середовища на місці захоронення. У роботі [3] зазначено, що Рамкова директива щодо відходів (РВД) визначила відходи буріння як небезпечні хімічні речовини, що потребує додаткової уваги до остаточної утилізації. У роботі [4] зазначено, що відходи буріння не можна вивозити на полігони до обробки, що обумовлено надлишковим вмістом у них важких металів, нафтопродуктів та інших токсичних хімічних з'єднань, які можуть забруднювати різні компоненти навколишнього середовища.

Методи

Існує велика кількість різних підходів щодо технології очищення та знешкодження бурових шламів та стічних вод [5-10]. В даному дослідженні наведено один із методів очищення бурових стічних вод, який базується на використанні різних хімічних реагентів.

Для проведення робіт з очищення використовували установку по зневодненню та фільтруванню відходів, яка складалася з послідовно розташованих блоків (вузлів): установка для механічного розділення твердої та рідкої фракцій та/або приймальна установка типу Geotube для зневоднення (відстоювання), блок коагуляції і флокуляції, блок (ємності) доочистки до 40 м³, блок (ємності) фільтрування (освітленої води) до 40 м³. Ємності та обладнання розміщували на ділянці, яка відведена і використовувалася для буріння свердловини.

При бурінні свердловин на кожен 1 м свердловини утворюється до 2 м³ відпрацьованого бурового розчину. Блок коагуляції і флокуляції (надалі – БКФ) використовувався для видалення твердої фази з бурових розчинів шляхом дозованого введення хімічних коагулянтів та/або флокулянтів. БКФ забезпечував очищення бурових розчинів до

потрібної концентрації з метою повторного їх використання при бурінні свердловини.

Первинне освітлення рідкої фази відходів буріння проводилося методом хімічної коагуляції з використанням у якості коагулянту органічних коагулянтів «Magnafloc» та «ECOFLOC» та/або алюмінію сірчанокислового у порошковій або як рідину.

При використанні органічних коагулянтів «Magnafloc», «ECOFLOC» та алюмінію сірчанокислового у рідкій формі відбувалося попереднє приготування робочого розчину з концентрацією коагулянту 0.1 - 0,01 г/л в ємності об'ємом 1 - 2 м³ Коагулянт поступово подавався в трубопровід за допомогою насоса. Залежно від показників бурових стічних вод, концентрація коагулянта змінювалась від 1 до 10%. Кількість коагулянту та води в ємності визначались щодобово з розрахунку добової витрати робочого розчину. При цьому термін використання готового розчину не повинен перевищувати 24 години.

Час відстоювання освітленої рідини після обробки коагулянтом становило 36-40 годин. Освітлена рідка фаза не повинна містити механічних домішок. Контроль за приготуванням розчину здійснювали візуально.

У разі недостатності ступеню очистки бурових стічних вод методом коагуляції застосовувався додатковий спосіб очищення флокулянтами Zetag 8180 та камеддю целюлозною. При цьому способі очищення, у буровий розчин, на 85-95% очищений від зважених у розчині часток додався флокулянт, який сорбував на своїй поверхні органічні та неорганічні сполуки.

Для механічного розділення твердої та рідкої фракції в установці відбувалося розділення на тверду та рідку фракцію (у разі використання установки типу Geotube, відбувається процес фільтрації рідкої фази через

фільтруючі стінки установки Geotube). Надалі вода поступала в ємності, де додатково подавався флокулянт. В ємності, протягом 30-40 хвилин відбувався процес утворення пластівців та випадіння їх у осад, у поверхневому шарі залишалася освітлена вода, яка переливалася в другу ємність та надалі відбиралася на аналіз. При позитивних токсикологічних та хімічних результатах аналізу (таблиця) вода поверталася до технологічного процесу буріння. Пластівці осаджуються на дно ємності у вигляді осаду, який в подальшому відкачується та направляється на полігон.

Таблиця

Фізико-хімічні показники води для повторного використання при приготуванні бурового розчину на водній основі

Table

Physico-chemical indicators of water for reuse in the preparation of water-based drilling mud

Найменування секції / Тип бурового розчину	Густина, кг/м ³	pH	Вміст іонів Cl, мг/дм ³	Вміст іонів Ca ²⁺ і Mg ²⁺ , мг/дм ³
Кондуктор / Глинистий	< 1040	6-11	<1000	<400
Проміжна колона / Полімер-глинистий	<1040	6-11	<1000	<400
Проміжна колона / Полімер-глинистий частково мінералізований	<1080	6-11	<20000	<400
Проміжна колона / Мінералізований NaCl	<1150	6-11	<150000	<800
Проміжна колона/ Хлоркалісвий p=1140-1350 кг/м ³	<1060(1140 кг/м ³) <1150(1350 кг/м ³)	6-11	<10000 (1140 кг/м ³) <15000 (1350 кг/м ³)	<800
Проміжна колона / Хлоркалісвий НТНР p> 1350	<1100	6-11	<50000	<800

При використанні коагулянтів і флокулянтів установку доповнювали камерою утворення пластівців і ін.

В досліді встановлено, що витрата і вид флокулянта залежать від питомої поверхні часток дисперсної фази, розчинених у воді домішок, умов перемішування, температури та pH середовища. Тонко дисперсні нерозчинні забруднювачі відстоювали з попередньою коагуляцією за допомогою хімічних реагентів (коагулянтів, флокулянтів), що утворюють в воді пластівці. Саме вони захоплюють при осадженні або сорбують нерозчинені тонко дисперсні забруднювачі

які потрапляють разом з ними в осад. Введення у стічні води коагулянтів вимагало подальшого доведення pH до значення, що забезпечує повноту гідролізу солі і випадання гідроксиду. Для цього в потік з зворотними водами додавали допоміжні комплекти (кальцинована сода), для стабілізації pH середовища.

Токсикологічний аналіз очищених бурових стічних вод проводили за методикою біотестування для визначення гострої летальної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg [11,12].

Результати та обговорення.

Невід'ємними складовими компонентами відходів буріння є бурові стічні води, відпрацьований буровий розчин та розчин

для випробування. Технічне водопостачання бурових майданчиків переважно організовується з розташованих поблизу водних

об'єктів або спеціально пробурених на воду свердловин [13].

Застосовані у процесі буріння свердловин екологічно шкідливі хімреагенти з відпрацьованими буровими розчинами, буровими стічними водами та буровим шламом, в багатьох випадках, складаються в негідроізольованих бурових амбарах і несуть небезпеку як джерело потенційної екологічної небезпеки – забруднення ґрунтів, поверхневих та підземних вод [14].

При цьому бурові стічні води складають більше половини загального обсягу відходів, що утворюються при спорудженнях нафтогазових свердловин. При дотриманні технології спорудження свердловин, бурові стічні води не повинні потрапляти у природні водні об'єкти і за умов очищення та повторного використання їх можливий негативний вплив на компоненти навколишнього середовища буде зведено до мінімуму. Але задля достовірного підтвердження мінімізації шкідливого впливу очищених бурових стічних вод необхідно проводити їх токсикологічний аналіз. Така інтегральна оцінка дозволить оцінювати якість очищення бурових стічних вод та визначати найбільш ефективні комбінації застосування коагулянтів та флокулянтів.

В процесі експериментального дослідження було проведено низку дослідів з визначення оптимальної витрати коагулянтів та флокулянта для очищення бурових стічних вод з подальшим визначення гострої летальної токсичності отриманої освітленої рідкої фази бурових вод.

Спершу було випробувано комбінації коагулянту «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180. Концентрації коагулянту варіювались від 0,2 до 1,6 г/дм³ та флокулянта – 0,2 – 1,6 кг/м³. Після процесу очищення було визначено рівні гострої летальної токсичності (рис. 1).

Проведені дослідження показали, що найбільш ефективно очищення відбувається при первинному освітлення рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням органічного коагулянту «Magnafloc» та додатково флокулянтом Zetag 8180 у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1 кг/м³ відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у досліджених концентраціях, в очищених бурових стічних водах

було визначено 2-й рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична). В інших використаних комбінаціях хімічних реагентів, було визначено з 3-го по 5-й рівні гострої летальної токсичності, що може свідчити про незадовільний рівень очищення стічних вод та неприпустимість їх потрапляння (скиду) до поверхневих водних об'єктів та підземних вод.

Експериментальні дослідження проведено задля виявлення найбільш ефективної комбінації коагулянту «ECOFLOC» та флокулянта камеді целюлозної. Концентрації коагулянту варіювались від 0,3 до 1,6 г/дм³ та флокулянта – 0,3 – 1,6 кг/м³. Після процесу очищення було визначено рівні гострої летальної токсичності (рис. 2).

За результатами проведених досліджень встановлено, що найбільшу ефективність має очищення, що відбувається при первинному освітлення рідкої фази відходів буріння методом хімічної коагуляції з використанням коагулянту «ECOFLOC» та флокулянтом – камеддю целюлозною у концентраціях 1,2 г/дм³ та 1,3 кг/м³ відповідно. При використанні цих хімічних реагентів у досліджених концентраціях, у очищених бурових стічних водах було визначено 2-й рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична), що збігається з результатами отриманими в експерименті з органічним коагулянтом «Magnafloc» та флокулянтом Zetag 8180. Інші використані комбінації хімічних реагентів не очищали стічні води до 2-го рівня гострої летальної токсичності, а в більшості випадків рівень токсичності був навіть вищим за попередній експеримент. Кількість випадків із визначеним 5 рівнем токсичності було у 1,5 рази більшим за попередньо використану комбінацію коагулянта «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180. Результати біотестування можуть служити сигнальною інформацією про небезпеку стічних вод для водних біоценозів, яка використовується разом з даними щодо їх компонентного складу, що саме й забезпечує зворотній зв'язок між суб'єктом та об'єктом забруднення.

Загалом слід зазначити, що такі стічні води потребують більш ретельної доочищення, в разі можливого скиду до водних об'єктів, а їх використання можливе лише у повторних технологічних процесах буріння.

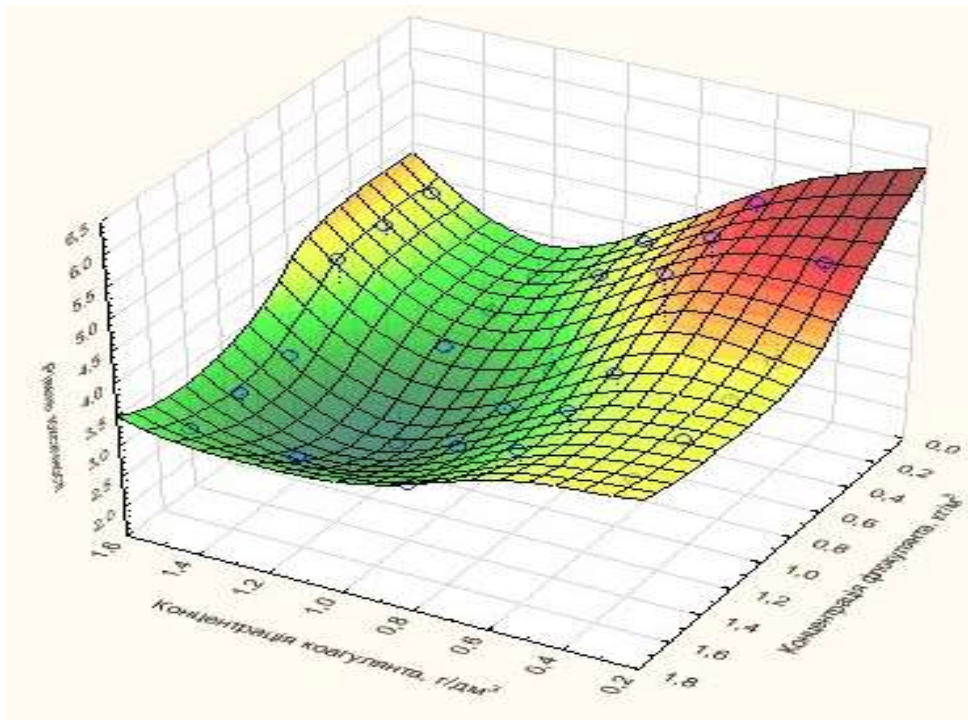


Рис. 1 – Вплив різних концентрацій коагулянту «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180 на рівні гострої летальної токсичності

Fig. 1 – The effect of different concentrations of «Magnafloc» coagulant and Zetag 8180 flocculant on the level of acute lethal toxicity

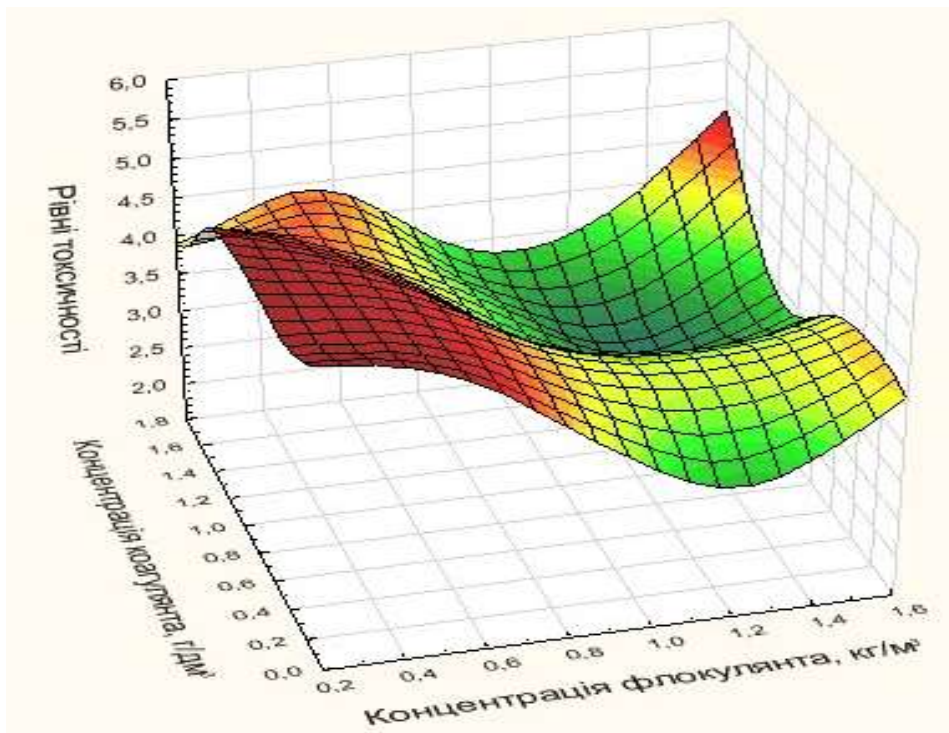


Рис. 2 – Вплив різних концентрацій коагулянту «ECOFLOC» та флокулянта камеді целюлозної на рівні гострої летальної токсичності

Fig. 2 – The influence of different concentrations of the coagulant «ECOFLOC» and flocculant cellulose gum on the level of acute lethal toxicity

Висновки

В результаті проведеної серії експериментів з визначення оптимального набору коагулянтів та флокулянтів та їх ефективних концентрацій, встановлено, що при використанні коагулянту «Magnafloc» та додатково флокулянта Zetag 8180 найбільш ефективними концентраціями реагентів є 1,2 г/дм³ та 1 кг/м³ відповідно, а при використанні коагулянту «ECOFLOC» та флокулянта камеді целюлозної – 1,2 г/дм³ та 1,3 кг/м³, відповідно. При таких комбінаціях хімічних реагентів та їх концентрацій було визначено 2-й рівень гострої летальної токсичності (вода слаботоксична), що є найменшим з усіх інших експе-

риментів по визначенню токсичності. Отриманні результати свідчать про практично ідентичну ефективність застосування коагулянту «Magnafloc» та флокулянта Zetag 8180 і коагулянту «ECOFLOC» з флокулянтом камедь целюлозна при експериментально визначених співвідношеннях цих хімічних реагентів.

Результати біотестування можна використовувати для скринінгу високотоксичних екологічно небезпечних хімічних речовин та контролю токсичності різних категорій стічних вод на всіх стадіях їх утворення та як інтегральний показник при контролі їх якості на скидах у водні об'єкти.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію.

Список використаної літератури

1. Leonard, S. A., Stegemann, J. A. Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings, *Journal of Hazardous Materials*. Vol. 174. N 1–3. 2010. P. 463-472. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.075>
2. Pantelitsa, L., Voukkali, I., Zorpas, A., Pedreño, Jose N., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, J., Vardopoulos, I., Doula M. Measuring the level of environmental performance in insular areas, through key performed indicators, in the framework of waste strategy development. *Science of The Total Environment*. Vol. 753. 2021. 141974. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141974>
3. Sadiq, R., Husain, T. A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: a case study of drilling waste. *Environmental Modelling & Software*. Vol. 20. N 1. 2005. P. 33-46. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.12.007>
4. Njuguna, J., Siddique, S., Kwroffie, L. Bakah, S., Addae-Afoakwa, K., Ekeh-Adegbotolu, U., Oluyemi, G. The fate of waste drilling fluids from oil & gas industry activities in the exploration and production operations. *Waste Management*. Vol. 139. 2022. P. 362-380. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.025>
5. Крайнюков О. М., Кривицька І. А. Технологія локального очищення рідкої фракції бурового шלאму від специфічних забруднюючих речовин. *Інтернаука*. 2023. №3. С. 90-92. DOI: <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8617>
6. Крайнюков О. М., Кривицька І. А., Крайнюков О. О. Оцінка ефективності використання сучасних технологій детоксикації бурового шלאму. *Інтернаука*. 2020. №16. С. 9-11.
7. Khanpour R., Sheikhi-Kouhsar M.R., Esmailzadeh F., Mowla D. Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*. Vol. 88. 2014. P 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.01.004>
8. Elnenay M., Nassef E., Farouk G., Abdel Magid M. Treatment of drilling fluids wastewater by electrocoagulation. *Egyptian Journal of Petroleum*, Vol. 26. N 1. 2017. P. 203-208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.03.005>
9. Laine B. Pereira, Cristina M.S. Sad, Mayara da Silva, Rayane R.B. Corona, Lacerda V. Oil recovery from water-based drilling fluid waste, *Fuel*, Vol. 237, 2019, pp. 335-343. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.10.007>
10. Guo, B., Zhang, S., Xu, X., Gao, B., Li, Q., Yue, Q. An enhanced coagulation using ferric chloride and polyferric chloride coagulant assisted by polyamidine: Performance and mechanisms. *Chinese Chemical Letters*. 2023. 108379. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ccl.2023.108379>
11. ДСТУ 4173-2003. Якість води. Визначання гострої летальної токсичності на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). Київ : Держспоживстандарт України, 2004.

12. Крайнюкова, А. М., Крайнюков, О. М., & Кривицька, І. А. Використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. 2021. № 24. С.103-116. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09>
13. Ablicieva I.Y. Assessment of environmental safety of solid phase of drilling sludge after centrifusion separation. *Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»*. 2020. Vol. 8(2/2020). P. 3–11. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.4300735>
14. Адаменко Я.О., Кундельська Т.В., Николик М.М. Оцінка впливів освоєння нафтогазоконденсатних родовищ на навколишнє середовище. *Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ*. 2005. №3(16). С.53-58.

Стаття надійшла до редакції 11.05.2023

Стаття рекомендована до друку 15.06.2023

O. M. KRAINIUKOV, DSc (Geography), Professor,

Professor and Department of Environmental Safety of Environmental Education

e-mail: kraynukov@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5264-3118>

V. N. Karazin Kharkiv National University

4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

I.A. KRYVYTSKA, PhD (Biology),

Associate Professor and Department of Environmental Safety of Environmental Education

e-mail: krivicka@karazin.ua ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4727-794X>

V. N. Karazin Kharkiv National University

4, Svobody Sq., Kharkiv, 61022, Ukraine

I. V. ZHYTNETSKYI, PhD (Engineering Sciences),

Associate Professor and Department of Machines and Apparatuses for Food and Pharmaceutical Productions

e-mail: zhitn@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-3029-7281>

National University of Food Technologies

68, Volodymyrska Str., Kyiv, 01601, Ukraine

TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF DRILLING WASTEWATER TREATMENT QUALITY

Purpose. To determine the optimal combination and consumption of coagulants and flocculants in the treatment of drilling wastewater, followed by determination of the acute lethal toxicity of the obtained illuminated liquid phase.

Methods. Primary clarification of the liquid phase of drilling waste was carried out by the method of chemical coagulation using the organic coagulants "Magnafloc" and "ECOFLOC" as a coagulant. In case of insufficient degree of purification of drilling wastewater by coagulation method, an additional method of purification with Zetag 8180 flocculants and cellulose gum was used. After the cleaning process, a toxicological analysis of drilling wastewater was carried out using the biotesting method to determine the acute lethal toxicity of the water on the crustacean *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg.

Results. In the process of experimental research, a number of experiments were conducted to determine the optimal consumption of coagulants and flocculant for the treatment of drilling wastewater, followed by the determination of the acute lethal toxicity of the obtained illuminated liquid phase of drilling water. First, combinations of «Magnafloc» coagulant and Zetag 8180 flocculant were tested. The conducted studies showed that the most effective cleaning occurs during the primary clarification of the liquid phase of drilling waste by the method of chemical coagulation using the organic coagulant «Magnafloc» and additionally the flocculant Zetag 8180 in concentrations of 1.2 g/dm³ and 1 kg/m³, respectively. When using these chemical reagents in the above-mentioned concentrations, the 2nd level of acute lethal toxicity was determined in purified drilling wastewater (water is slightly toxic). The following experimental studies were conducted in order to identify the most effective combination of coagulant «ECOFLOC» and flocculant cellulose gum. According to the results of the conducted research, it was established that the most effective cleaning occurs during the primary clarification of the liquid phase of drilling waste by the chemical coagulation method using the coagulant «ECOFLOC» and the flocculant - cellulose gum in concentrations of 1.2 g/dm³ and 1.3 kg/m³, respectively. When using these chemical reagents in the above-mentioned concentrations, the 2nd level of acute lethal toxicity was determined in the purified drilling wastewater (the water is slightly toxic).

Conclusions. In general, it should be noted that such wastewater requires more thorough treatment in case of possible discharge to water bodies, and its use is possible only in repeated technological processes of drilling.

The results of biotesting must be used for screening highly toxic environmentally hazardous chemicals and controlling the toxicity of various categories of wastewater at all stages of their formation and discharges into water bodies as an integral indicator in their quality control.

KEY WORDS: *coagulation, flocculation, acute lethal toxicity, bioassay method, purification, ecological condition, groundwater, water pollution*

References

1. Leonard, S. A. & Stegemann, J. A. (2010). Stabilization/solidification of petroleum drill cuttings. *Journal of Hazardous Materials*, 174, 1–3, 463-472. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.09.075>
2. Pantelitsa, L., Voukkali, I., Zorpas, A., Pedreño, Jose N., Chatziparaskeva, G., Inglezakis, J., Vardopoulos, I. & Doula M. (2012). Measuring the level of environmental performance in insular areas, through key performed indicators, in the framework of waste strategy development. *Science of The Total Environment*, 753, 141974, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141974>
3. Sadiq, R. & Husain, T. (2005). A fuzzy-based methodology for an aggregative environmental risk assessment: a case study of drilling waste. *Environmental Modelling & Software*, 20 (1), 33-46, <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2003.12.007>
4. Njuguna, J., Siddique, S., Kwroffie, L. Bakah, S., Addae-Afoakwa, K., Ekeh-Adegbotolu, U. & Oluyemi, G. (2022). The fate of waste drilling fluids from oil & gas industry activities in the exploration and production operations. *Waste Management*, 139, 362-380, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.12.025>
5. Kraynyukov, O. M. & Kryvytska, I. A. (2023). Technology of local cleaning of the liquid fraction of drilling mud from specific pollutants. *International Scientific Journal "Internauka"*, 3. 90-92. <https://doi.org/10.25313/2520-2057-2023-3-8617>
6. Kraynyukov, O.M., Kryvytska, I.A. & Kraynyukov, O.O. (2020). Evaluation of the effectiveness of the use of modern drilling mud detoxification technologies. *International scientific journal "Internauka"*, 16, 9-11.
7. Khanpour, R., Sheikhi-Kouhsar, M.R., Esmaeilzadeh, F., & Mowla, D. (2014). Removal of contaminants from polluted drilling mud using supercritical carbon dioxide extraction. *The Journal of Supercritical Fluids*, 88, 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2014.01.004>
8. Elnenay, M., Nassef, E., Farouk, G. & Abdel Magid, M. (2017). Treatment of drilling fluids wastewater by electrocoagulation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(1), 203-208. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2016.03.005>
9. Pereira, Laine B., Sad, Cristina M.S., Rayane, Mayara da Silva, Corona, R.B. & Lacerda V. (2019). Oil recovery from water-based drilling fluid waste. *Fuel*, 237, 335-343. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.10.007>
10. Guo, B., Zhang, S., Xu, X., Gao, B., Li, Q. & Yue, Q. (2023). An enhanced coagulation using ferric chloride and poly-ferric chloride coagulant assisted by polyamidine: Performance and mechanisms. *Chinese Chemical Letters*, 108379, <https://doi.org/10.1016/j.ccllet.2023.108379>
11. DSTU 4173-2003. (2004). Water quality. Determination of acute lethal toxicity to *Daphnia magna* Straus and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 6341:1996, MOD). Kyiv: *Derzhspozhivstandard of Ukraine*, (In Ukrainian)
12. Kraynyukova, A. M., Kraynyukov, O. M., & Kryvytska, I. A. (2021). The use of biotesting techniques to assess the ecological status of surface waters. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University, series "Ecology"*, 24, 103-116. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09> (In Ukrainian)
13. Ablieieva, I.Y. (2020). Assessment of environmental safety of solid phase of drilling sludge after centrifusion separation. *Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»*, 8, 3–11. DOI: [10.5281/zenodo.4300735](https://doi.org/10.5281/zenodo.4300735)
14. Adamenko, Y.O., Kundelska, T.V., & Nikolyyk, M.M. (2005). Assessment of the impact of the development of oil and gas condensate deposits on the environment. *Exploration and development of oil and gas deposits*. 3(16), 53-58. (In Ukrainian)

The article was received by the editors 11.05.2023

The article is recommended for printing 15.06.2023