

УДК 628.31

КОМПЛЕКСНА СТРАТЕГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВІД ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ ВИСОКОТОКСИЧНИМИ СТОКАМИ

Худоярова О.С.¹, к.т.н., доц.

¹Вінницький державний педагогічний університет імені Михайла Коцюбинського,
Вінниця, Україна

Великі об'єми виробничих стічних вод утворюються на промислових підприємствах хімічної та нафтохімічної галузей і містять серед забруднюючих речовин іони металів, зокрема купруму(II), сполуки сульфуру – сульфіді та гідросульфіді та інші забруднюючі речовини, які перевищують гранично-допустимі концентрації. Надходження таких стічних вод у природні водойми призводить до негативних явищ, таких як підвищення концентрацій у воді водойми і потрапляння в системи водопостачання, внаслідок чого погіршуються якісні показники води, акумуляція іонів купруму(II) в організмі водних рослин і риб, отруєння безхребетних та риб, що створює загрозу здоров'ю людини.

Для очищення промислових стічних вод досить широко використовують метод адсорбції забруднюючих речовин на різноманітних природних та синтетичних сорбентах. З метою підвищення ефективності процесу адсорбції можуть бути використані суміші сорбентів різної хімічної природи, хімічні та фізико-хімічні методи активування їх поверхні, а також хімічне модифікування сорбційної матриці.

При вирішенні проблеми утилізації відходів, які утворюються у виробництві безалкогольних напоїв, при очищенні водних розчинів цукрового сиропу, у вигляді суміші сорбентів: активованого вугілля, кізельгуру різних марок, виникає необхідність вивчення умов проведення процесу регенерації та топомічних перетворень на сорбційній поверхні, яку можна модифікувати сульфід-іонами з метою використання сорбентів для очищення промислових стічних вод, наприклад, гальванічного виробництва від іонів купруму(II).

Отже, актуальним є розроблення сучасних комплексних технологій адсорбційного очищення стічних вод з використанням регенованого сорбенту в гальванічному виробництві, зокрема, в процесі міднення від купрум(II)-іонів, у хімічних і нафтохімічних виробництвах від сульфід- і гідросульфід-іонів, з повторним використанням очищеної води в замкнених виробничих циклах, а також технології регенерації відпрацьованих індустриальних олів машинобудівної галузі з використанням регенованого сорбенту для одержання пластичних мастил.

Досліджено можливість повторного використання відпрацьованого (після стадії очищення цукрового сиропу) промислового сорбенту, що складається з активованого вугілля та кізельгуру. Умовою повторного використання відпрацьованого промислового сорбенту була його регенерація [1]. В результаті досліджень регенерації відпрацьованого сорбенту харчової промисловості були оптимізовані параметри процесу на окремих стадіях: в гідродинамічному режимі при масовому співвідношенні сорбент : вода = 1:4, температурі процесу 50-60 °С, тривалості 45-60 хв.; при обробці реагентами – кип'ятінні в 1%-ому розчині NaOH протягом 45-60 хв і 4%-ому розчині HCl протягом 45-60 хв; фільтрування; промивання; висушування. Показано, що регенерація відпрацьованого сорбенту тільки розчином NaOH дозволяє збільшити сорбційну ємність у порівнянні з нерегенованим со-

рбентом на 29-42%; тільки розчином HCl – збільшує на 23,8-29,0%, 1%-им розчином NaOH і 4%-им розчином HCl – збільшує на 42%. Відновлення після регенерації сорбційної ємності сорбенту пояснювали проходженням, в першу чергу, кислотно-основних хімічних реакцій та відмиванням водою продуктів їх взаємодії.

Визначено мету подальшого використання регеноерованого промислового сорбенту для локального сорбційного очищення стічних вод окремих виробництв. На нашу думку, такий склад регеноерованих сорбентів різної хімічної природи, що характеризується різною питомою поверхнею адсорбції, має забезпечити необхідну глибину та якість очищення стічних вод окремих промислових виробництв.

Встановлено можливість ефективного використання регеноерованого промислового сорбенту для очищення технічних розчинів виробництва безалкогольних напоїв від органічних домішок. Дослідження було проведено на лабораторній установці з використанням багатоступеневого адсорбційного очищення і послідовного введення регеноерованого сорбенту. Розроблено принципову технологічну схему ділянки регенерації відпрацьованого промислового сорбенту та очищення технічної води в замкнутих циклах виробництва безалкогольних напоїв від органічних домішок [2]. Рефрактометричним методом визначено залишкову кількість цукру у водних розчинах після регенерації відпрацьованого промислового сорбенту та встановлено, що кількість органічних домішок за один цикл при трьох ступенях очищення зменшується в 2,9 рази, що свідчить про ефективність запропонованого способу очищення.

В дослідженнях сорбційного очищення сульфідно-лужних стічних вод підприсмств хімічної (нафтохімічної) промисловості від сульфід та гідросульфід-іонів було використано модельні розчини, які за концентрацією загального сульфур у були наближені до стічних вод Кременчуцького НПЗ, та регеноерований промисловий сорбент [3, 4]. Було встановлено залежність ступеня вилучення сульфурвмісних сполук із модельних розчинів різної концентрації – 9 та 12% мас., від часу адсорбції за фіксованої маси сумішевого сорбенту. Показано, що при співвідношенні розчин : сорбент = 100:40 за температури 20–25 °C і часу експозиції 24 год ступінь вилучення загального сульфур у із розчинів складає 96,6 %, що підтверджує ефективне використання регеноерованого сорбенту та можливість його практичного використання. Встановлено, що величина адсорбції сульфід- і гідросульфід-іонів на дослідженому регеноерованому сорбенті суттєво залежить від вихідної концентрації натрію сульфід у розчині. У випадку більш концентрованого розчину окрім адсорбції на поверхні сорбенту має місце адсорбція, що пов'язана із внутрішньодифузійними процесами. Рентгенофазовим аналізом поверхні сорбенту підтверджено аморфний склад активованого вугілля та наявність основного кристобаліту SiO₂, 4,02, а також цілої низки піків різних модифікацій (кубічної, орторомбічної) Na₂S. Визначено характер ізотерм адсорбції цих іонів на дослідженому сорбенті. Досліджено поверхню сорбенту за допомогою рентгенофазного аналізу. Характер рентгенівської дифрактограми показав аморфний склад активованого вугілля та наявність у лівій частині дифрактограми основного піка кристобаліту SiO₂, а також низки піків різних модифікацій Na₂S.

Дослідження очищення промивних вод електрохімічного міднення від купрум(II)-іонів з використанням регеноерованого сорбенту показали їх низьку ефективність щодо видалення іонів купруму(II) [5]. Тому, було зроблено висновок про необхідність модифікації матричної поверхні сорбенту. В дослідженнях комплексного очищення промислових стічних вод від іонів купруму, сульфід та гідросульфід-іонів було проведено модифікування сорбційної поверхні регеноерованого сорбенту сульфідно-лужними розчинами. Це дозволило підвищити ступінь вилу-

чення іонів купруму(II) з 23,3% до 83,2%. Методами ІЧ-спектроскопії дифузного відбиття, рентгенофазового аналізу досліджено послідовність взаємодії іонів купруму, сульфід та гідросульфід-іонів на матричній поверхні сорбенту, що дозволило запропонувати механізми утворення кінцевого купрум(II) сульфід.

Адсорбційне очищення відпрацьованих індустріальних олив з використанням регенованого сорбенту було пов'язано з отриманням складових нових карбонсульфурвмісних пластичних мастил [6]. Введення очищених індустріальних олив в кількості 7-14% мас. забезпечує їх необхідну гомогенізацію, фізико-хімічні та трибологічні властивості. Відпрацьовані індустріальні оливи (ВІО) очищали від води, механічних домішок та продуктів окиснення. При цьому були встановлені такі раціональні технологічні параметри регенерації ВІО: швидкість перемішування 1000-1200 об/хв; співвідношення сорбент: ВІО = 1:10 – 1:20; температура процесу адсорбції 20-25°C; час процесу адсорбції 30-60 хв.

Запропоновано механізм сумісного очищення промислових стічних вод від сульфід-, гідросульфід-іонів та іонів купруму(II). Отриману модифіковану поверхню регенованого промислового сорбенту [сорбент + CuS + S] використовували як кінцевий промисловий продукт, а саме як активний компонент пластичних мастил спеціального призначення [3].

Результати проведених наукових досліджень дають можливість використовувати комплексну адсорбційну технологію очищення промислових стічних вод різних галузей промисловості – харчової (виробництва безалкогольних напоїв), гальванічних виробництв (процесу міднення), хімічної та нафтохімічної (сульфідно-лужних розчинів).

ЛІТЕРАТУРА

1. Ranskiy A. P., Khudoyarova O. S., Gordienko O. A., Titov T. S., Kryklyvyi R. D. Regeneration of Sorbents Mixture after the Purification of Recycled Water in Production of Soft Drinks. *Journal of Water Chemistry and Technology*. 2019. Vol. 41, No 5. P.318-321.
2. Khudoyarova O., Gordienko O., Ranskiy A. Technology of complex sorption treatment of industrial wastewater from sulphide and Copper (II)-iones. *Water and Water Purification Technologies. Scientific and Technical News*. 2021. Vol. 30, No 2. P.18–26.
3. Khudoyarova O., Gordienko O., Blazhko A., Sydoruk T., Ranskiy A. Desulfurization of industrial water-alkaline solutions and receiving new plastic oils. *Journal of Ecological Engineering*. 2020. Vol. 21, No 6. P.61–66.
4. Khudoyarova O., Gordienko O., Sydoruk T., Titov T., Prokopchuk S. Adsorptive desulfurization of sewage of industrial. *Environmental problems*. 2020. Vol. 5, No 2. P.102–106.
5. Khudoyarova O., Gordienko O., Sydoruk T., Titov T., Ranskiy A. Surface modification of mixed sorbents with sulfide ions for purification of galvanic wash water of copper plating process. *Proceedings of the NTUU "Igor Sikorsky KPI". Series: Chemical engineering, ecology and resource saving*. 2020. No 2. P.36-46.
6. Спосіб регенерації відпрацьованих мінеральних олив: пат. 146975 Україна. № 202007009; заявл. 02.11.2020; опубл. 31.03.2021, Бюл. №13. 4 с.