

УДК 662.765:542.61:546.571

Обушенко Тетяна Іванівна

*старший викладач кафедри технології неорганічних речовин,
водоочищення та загальної хімічної технології
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Обушенко Татьяна Ивановна

*старший преподаватель
кафедры технологии неорганических веществ,
водоочистки и общей химической технологии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Obushenko Tetiana

*Senior Lecturer of Department of Inorganic Compounds Technology,
Water Purification and General Chemical Technology
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Толстопалова Наталія Михайлівна

*кандидат технічних наук, доцент,
завідувач кафедри технології неорганічних речовин,
водоочищення та загальної хімічної технології
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Толстопалова Наталия Михайловна

*кандидат технических наук, доцент,
заведующая кафедрой технологии неорганических веществ,
водоочистки и общей химической технологии
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Tolstopalova Nataliya

*Candidate of Technical Science, Associate Professor of
Department of Inorganic Compounds Technology,
Water Purification and General Chemical Technology
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

Науменко Анна Сергіївна

*магістр
Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Науменко Анна Сергеевна

*магистр
Национального технического университета Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

Naumenko Anna

*Master of the
National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»*

ФЛОТОЕКСТРАКЦІЯ ІОНІВ МІДІ З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

ФЛОТОЭКСТРАКЦИЯ ИОНОВ МЕДИ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ

SOLVENT SUBLIMATION OF COPPER IONS FROM WATER SOLUTIONS

Анотація. В роботі досліджено видалення іонів міді методом флотоекстракції. Згідно з отриманими результатами, найбільшу ступінь видалення (96,4 %) отримано при рН 5,5, молярному співвідношенні Метал: ПАР = 1:1,5 та тривалості процесу 30 хв.

Ключові слова: флотоекстракція, поверхнево-активна речовина, мідь.

Аннотация. В работе исследовано удаление ионов меди методом флотоэкстракции. Согласно полученным результатам, самая высокая степень извлечения (96,4 %) получена при рН 5,5, молярном соотношении Металл: ПАР = 1:1,5 и продолжительности процесса 30 мин.

Ключевые слова: флотоэкстракция, поверхностно-активное вещество, медь.

Summary. Presented work was research removal of copper ions. According to acquired data the highest copper removal ratio (96,4 %) was obtained with рН of 5,5, molar ratio metal: dye = 1:1,5 and time of solvent sublimation process 30 min.

Key words: solvent sublimation, surfactant, copper.

Завданням світового масштабу є охорона навколишнього середовища від забруднення токсичними промисловими відходами. Важкі метали (Me) належать до числа найнебезпечніших у біологічному відношенні забруднювачів біосфери. Потрапляючи разом зі стічними водами у водойми, вони порушують хід природних процесів і знижують якість природних вод. Стічні води, які забруднені важкими металами, утворюються на підприємствах легкої, хімічної та гірничодобувної промисловості, чорної та кольорової металургії, гальванічних виробництвах тощо. Для здійснення очищення води зазвичай використовують такі методи: реагентний, сорбційний, іонообмінний, електрохімічний, біохімічний, мембранний метод. Недосконалість наявних технологій очищення стічних вод зумовлює необхідність пошуку таких методів, які дозволяють очищати стічні води до норм ГДК та регенерувати коштовні компоненти. Технологія флотоекстракції полягає у вилученні речовин їх адсорбцією на поверхні спливаючих бульбашок з подальшим концентруванням на поверхні розділу фаз чи у рідині, що не змішується з водною фазою та знаходиться на її поверхні. Однією з важливих характерних рис цього методу є можливість багатократного концентрування іонів металів у невеликих об'ємах органічного розчинника [1–3].

Метою роботи є вивчення процесу флотоекстракції іонів міді з модельних водних розчинів, вибір збирача та екстрагенту, визначення закономірностей вилучення металів в залежності від молярного співвідношення Me: ПАР та рН вихідного розчину.

Основними джерелами міді в стічній воді є гальванічні цехи, наявні майже на всіх машинобудівних і приладобудівних підприємствах, а також стоки гір-

ничозбагачувальної та шахтні води гірничодобувної мідної промисловості. Сполуки міді володіють яскраво вираженою токсичною дією на живі організми, тому їх ГДК для скидання у водойми рибогосподарського призначення становить 0,01 мг/дм³, а вміст міді в питній воді не більше 1 мг/дм³. Концентрація міді в техногенних СВ мідно-колчеданних родовищ за даними відділів охорони природи підприємств досягає 1 г/дм³, концентрація міді в техногенних стоках гальванічних виробництв коливається в межах від 10 до 50 мг/дм³.

Процес флотоекстракції проводили в скляній колонці, виконаній у вигляді циліндра (двн. = 34 мм, Н = 375 мм). В колону подавали повітря за допомогою компресора. Концентрація міді в модельних розчинах становила 100 мг/дм³. Витрату повітря контролювали ротаметром. Процес флотоекстракції відбувався до встановлення постійної залишкової концентрації міді, яку визначали за стандартними методиками [4].

На ефективність протікання процесу флотоекстракції впливає низка факторів: збирач, екстрагент, молярне співвідношення Me: ПАР, рН, вихідна концентрація металу, розмір бульбашок газу, об'єм органічної фази, тривалість процесу [5–7].

Експериментально були обрані наступні поверхнево-активні речовини: лаурат натрію (C₁₁H₂₃COONa) та каприлат натрію (C₇H₁₅COONa) (солі вищих карбонових насичених кислот).

Було здійснено підбір органічного екстрагенту і виявлено, що найвищий ступінь вилучення досягається при використанні в якості органічної фази ізоамілового спирту.

Як видно з наведених на рис. 1 даних, ступінь вилучення міді найбільший при молярному співвідношенні Cu²⁺: ПАР = 1: 1,5.

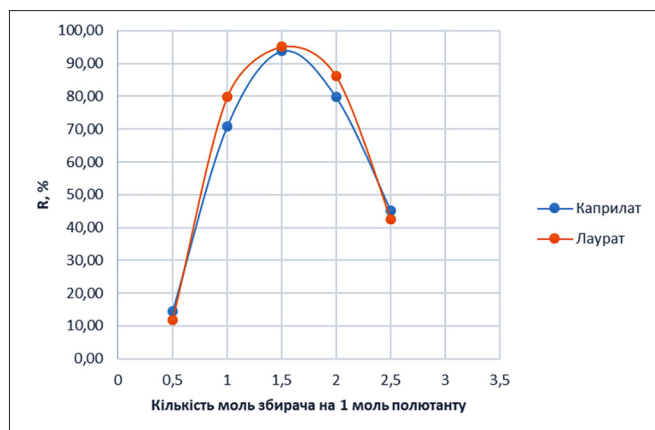


Рис. 1. Залежність ступеня вилучення міді від молярного співвідношення метал: ПАР

При додаванні більшої кількості збирача ступінь вилучення металу спадає через появу надлишкової кількості аніонів ПАР. Згідно з даними, в діапазоні молярних співвідношень Cu^{2+} : ПАР від 1:0,5 до 1:1, ступінь вилучення міді не досягає максимуму, і, наприклад, в системі Cu^{2+} — $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COONa}$ зростає відповідно від 38,38 % до 58,03 %. Це можна пояснити нестачею ПАР для повного зв'язування міді в сублат. Максимальна кількість утворення сублату та насичення молекулами ПАР межі розділу фаз водний розчин — органічна фаза, а також максимальний ступінь вилучення міді спостерігається в системі Cu^{2+} — $\text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COONa}$ при співвідношенні 1:1,5 ($X_{\text{Cu}^{2+}} = 95,13$ %). Подальше зростання кількості ПАР в розчині (Cu^{2+} : ПАР = 1:2 і т.д.) призводить до того, що у водній фазі з'являється надлишкова кількість аніонів ПАР та ступінь вилучення металу спадає.

На ефективність перебігу процесу флотоекстракції впливає показник рН (рис. 2). Початковий показник рН стандартного розчину міді (Cu^{2+}) з концентрацією міді 100 мг/дм³ рівний 5. Після додавання до цього розчину каприлату натрію в співвідношенні Cu^{2+} : $\text{C}_7\text{H}_{15}\text{COONa} = 1:1,5$ показник рН досягає значення 5,2 та візуально можна спостерігати утворення чималої кількості сублату яскраво-блакитного кольору.

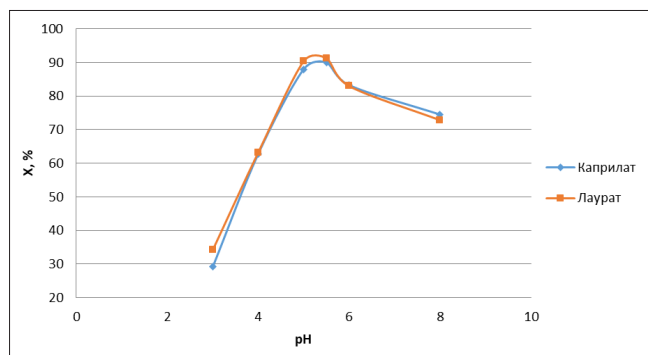


Рис. 2. Залежність ступеня вилучення іонів міді від рН розчину

Корегування показника рН відбувалося за допомогою 0,1М розчинів HNO_3 та 0,2М NaOH . Так зміна рН розчину в будь-яку сторону зашкоджує повноцінному утворенню сублату, відповідно змінюється ступінь вилучення міді. В кислому середовищі ступінь вилучення вкрай низький. Більшість простих негідролізованих катіонів легко гідратуються. Тому при низьких значеннях рН ($\text{pH} 2 \div 3$), коли гідроліз мінімальний, гідратована форма іону є більш стійкою, ніж продукт взаємодії зі збирачем. При збільшенні показника рН, в результаті гідролізу починає змінюватися характер взаємодії катіонів міді. Максимальний ступінь вилучення міді (II) при рН 5,5.

Тривалість процесу флотоекстракції варіювалась від 10 до 35 хвилин з використанням збирача лаурату натрію. Максимальний перехід сублату в органічну фазу спостерігався при тривалості флотоекстракції 30 хв.

Отже, досліджено закономірності вилучення іонів Cu^{2+} (концентрація 100 мг/дм³) з водних розчинів методом флотоекстракції. В результаті експериментів (в постійних умовах: об'єм органічної фази (ізоаміловий спирт) — 10 см³, робочий об'єм колонки — 200 см³, тривалість проведення процесу — 30 хвилин) було встановлено наступні закономірності: слід проводити процес при молярному співвідношенні метал: ПАР = 1:1,5 та рН 5,5. Ступінь вилучення іонів міді за цих умов складає $X_{\text{Cu}^{2+}} = 93,9\text{--}96,4$ %.

Література

1. Bi P., Dong H., Dong J. The recent progress of solvent sublation. *Journal of Chromatography*. — 2010. — № 1217. — P. 2716–2725.
2. Астрелін І. М., Обушенко Т. І., Толстопалова Н. М., Таргонська О. О. Теоретичні засади та практичне застосування флотоекстракції: огляд / І. М. Астрелін // Вода і водоочисні технології. — 2013. — № 3. — С. 3–23.
3. Obushenko T. I., Astrelin I. M., Tolstopalova N. M., Varbanets M. A., Kondratenko T. A. Wastewater treatment from toxic metals by flotoextraction / *Journal of Water Chemistry and Technology*, 2008. — V. 30. — № 4. — P. 241–245.
4. Набиванець Б. Й., Сухан В. В., Калабіна Л. В. Аналітична хімія природного середовища: Підручник. К.: Либідь, 1996. — 304 с.
5. Толстопалова Н. М., Обушенко Т. И., Болелый А. С. Флотоэкстракционное удаление ионов тяжелых металлов из сточных вод / *Водные ресурсы и климат: материалы докладов V Международного Водного Форума*: в 2 ч. — Минск: БГТУ, 2017. — Ч. 2. — С. 90–95.
6. Obushenko T., Tolstopalova N., Bolielyi O. The removal of heavy metal (Nickel) ions from waste waters / *Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті*, 2017. — № 1(21). — С. 24–30.
7. Обушенко Т. І., Толстопалова Н. М., Баранюк Н. В. Флотоекстракція іонів цинку з водних розчинів / *International Scientific Journal «Internauka»*. — 2017. — № 6. — Т. 28. — С. 101–104.