



## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ pH НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИДАЛЕННЯ ЙОНІВ НІКЕЛЮ

В. С. Куриленко, Т. І. Обушенко, Н. М. Толстопалова,

О. В. Сангінова, Д.Ю. Яворський

*Національний технічний університет України*

*«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

пр. Перемоги, 37, Київ, 03056, Україна

**e-mail:** vskury@gmail.com

За роки незалежності України, незважаючи на скорочення промислової діяльності, техногенне навантаження на біосферу зростає. Це проявляється у збільшенні викидів шкідливих газів у атмосферу, забрудненні водного басейну, а також зростанні кількості відходів, які утворюються при видобутку корисних копалин, промисловій діяльності, у побуті. В Україні накопичено близько 25 млрд. т відходів, під їх розміщення витрачаються великі площі (майже 50 тис. га), значна частина відходів містить небезпечні речовини.

До числа найнебезпечніших забруднювачів навколишнього середовища належать важкі метали. Гранично допустимі концентрації (ГДК) іонів важких металів, наприклад міді, нікелю у воді водойм **рибогосподарського** призначення, становлять 0,01 мг/дм<sup>3</sup>. Потрапляючи разом зі стічними водами у водойми, важкі метали порушують хід природних процесів і знижують якість природних вод.

Головними джерелами потрапляння вод, які містять **важкі** метали, є стічні води гальванічних виробництв, а також шахтні води. Основні домішки, які знаходяться в таких водах, це Al, Cu, Fe, Zn, Ni, Ti тощо. **Частіше** за все технологія очищення стічних вод включає тільки попереднє освітлення та вилучення механічних домішок і завислих речовин у відстійниках, очищення ж від іонів важких металів майже не здійснюється. Це призводить до їх скидання у водойми в концентраціях, які на порядки перевищують ГДК.

Для видалення іонів важких металів зі стічних вод традиційно використовують застарілі реагентні методи очищення. Основним й істотним недоліком цих методів є безповоротна втрата коштовних компонентів і необхідність утилізації великих кількостей вологого осаду. Тому пошук методів, що дозволяють проводити повернення техногенних домішок з метою подальшого використання їх в технологічних процесах, є одним з основних напрямків розвитку технологій очищення стічних вод від іонів важких металів.

Флотоекстракція – маловивчений метод видалення токсичних домішок, якими безумовно є важкі метали, з води. Однією з багатьох особливостей цього методу є можливість багатократного концентрування іонів металів у невеликих об'ємах органічного розчинника за допомогою поверхнево-активних речовин (ПАР). Це, в першу чергу, й робить метод перспективним для очищення стічних вод, забруднених важкими металами, з вірогідністю подальшої регенерації.

Метою роботи є дослідження процесу флотоекстракції на модельних стічних водах, які містять іони нікелю, а також визначення залежності ефективності видалення поллютанта від рН за різних параметрів (концентрація забруднювача, витрата газу, вид та співвідношення ПАР).

Процес флотоекстракції проводився в скляній колонці 3, виконаній у вигляді циліндра, дном якого служив фільтр Шота 4. Через пористу перегородку подавався газ. Щоб уникнути можливих змін об'єму розчину, газ пропускали через склянку Дрекселя з водою для насичення водяною парою. Витрати газу контролювалися ротаметром 2 на вході й виході з колонки. Проба на аналіз відбиралася піпеткою з верхньої частини колонки. Експериментальна установка зображена на рисунку 1 [1].

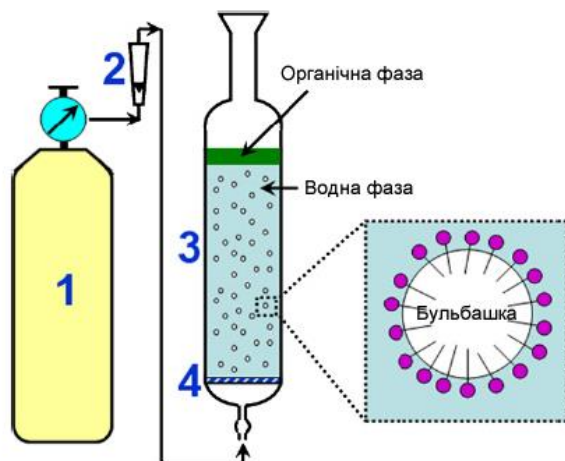


Рисунок 1. Експериментальна установка:

1 – балон з газом; 2 – ротаметр; 3 – флотоекстракційна колонка; 4 – пориста перегородка.

Відомо що, в сильно кислому середовищі (рН 2 ÷ 4) нікель існує в розчині переважно у вигляді іонів  $Ni^{2+}$ , які не можуть безпосередньо вилучатися в органічну фазу (рисунок 2). Були проведені дослідження ефективності видалення нікелю від рН за різних умов.

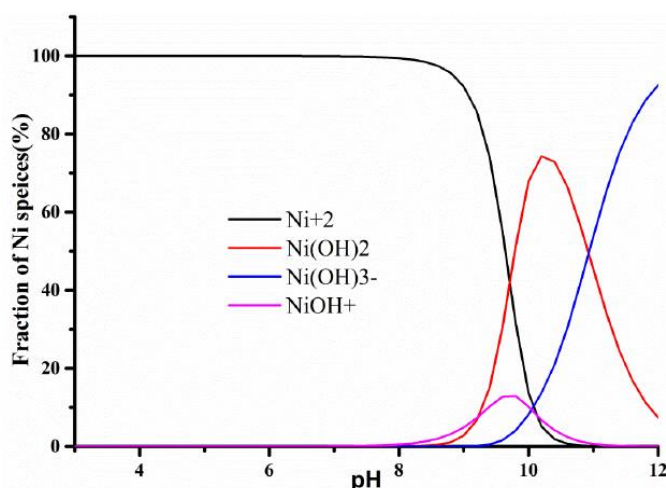
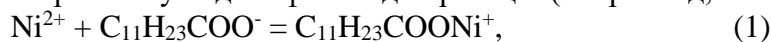


Рисунок 2. Розподіл форм нікелю в залежності від рН [2]

Зважаючи на незначний ступінь вилучення нікелю (II) в кислому середовищі, можна зробити висновок, що  $\text{Ni}^{2+}$  видаляється в органічну фазу у вигляді середніх солей, утворення яких протікає у водній фазі згідно реакцій (наприклад, в системі  $\text{Ni}^{2+} - \text{C}_{11}\text{H}_{23}\text{COONa}$ ):



Утворення середньої солі нікелю за реакцією (2) ускладнене просторовими перешкодами, що виникають внаслідок взаємної орієнтації аніонів ПАР і катіонів  $\text{Ni}^{2+}$ . Це знижує ймовірність утворення такої солі за реакцією (2).

При  $\text{pH } 9 \div 10$  у водній фазі утворюються молекули гідроксиду  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ . Утворені молекули  $\text{Ni}(\text{OH})_2$  прилипають до бульбашок газу за рахунок адгезії. Роль ПАР зводиться до стабілізації поверхні бульбашок і зниження поверхневого натягу на границі розподілу фаз вода – розчинник, що полегшує перехід сублату до органічної фази.

Першим етапом досліджень обрано наступні реагенти: розчинник – ізоаміловий спирт, у якості ПАР розчинні солі насичених кислот із вмістом вуглецю в ланцюжку від C7 до C15. Залежність видалення іонів нікелю від  $\text{pH}$  для вказаних систем наведено на рисунку 3.

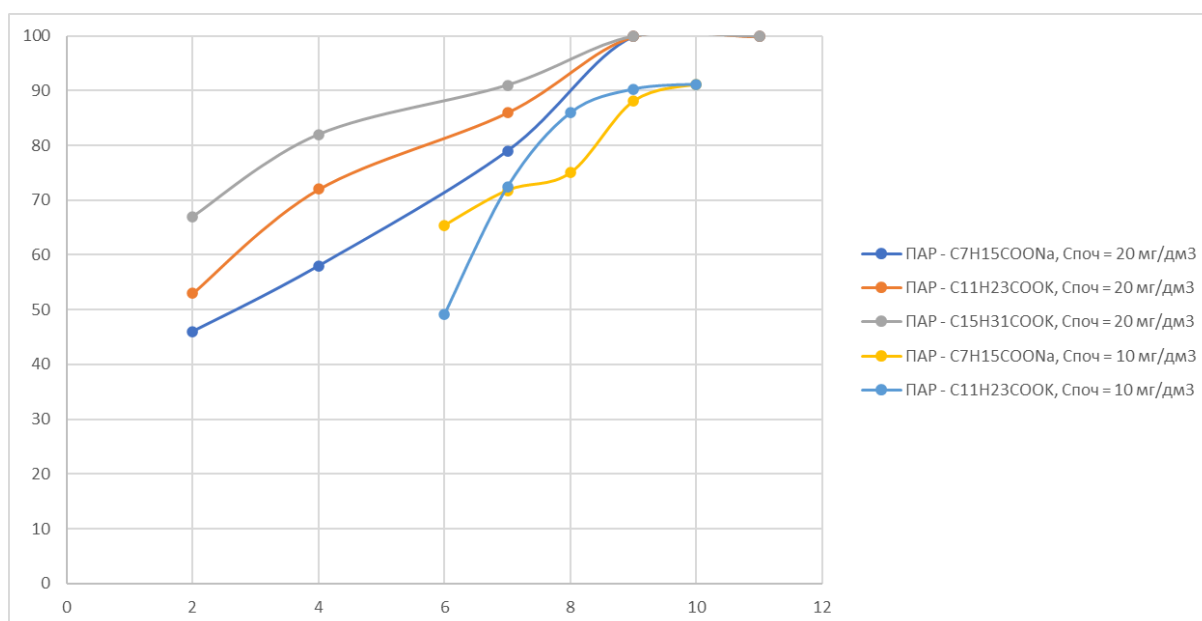


Рисунок 3. Залежність ступеня вилучення нікелю від  $\text{pH}$  з використанням різних ПАР

Ефективність видалення нікелю в системах залежить від довжини вуглеводневого радикалу ПАР і найбільш ефективним для початкової концентрації  $20 \text{ мг/дм}^3$  є  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COOK}$  на всьому діапазоні  $\text{pH}$ . Залежність ефективності видалення речовин від довжини вуглеводневого радикалу ПАР також знайшло відображення в [3]. Слід відмітити, що використання ПАР з вуглеводневими радикалами довжиною більше 12 атомів карбону сприятиме зменшенню витрати самого ПАР.

В наступній серії досліджень було використано суміш різних ПАР, наприклад, додавали тетрабутиламоній бромід (ТВА).

Припускається, що ТВА буде мати позитивний вплив на процес видалення іонів нікелю із модельних розчинів (рисунок 4).

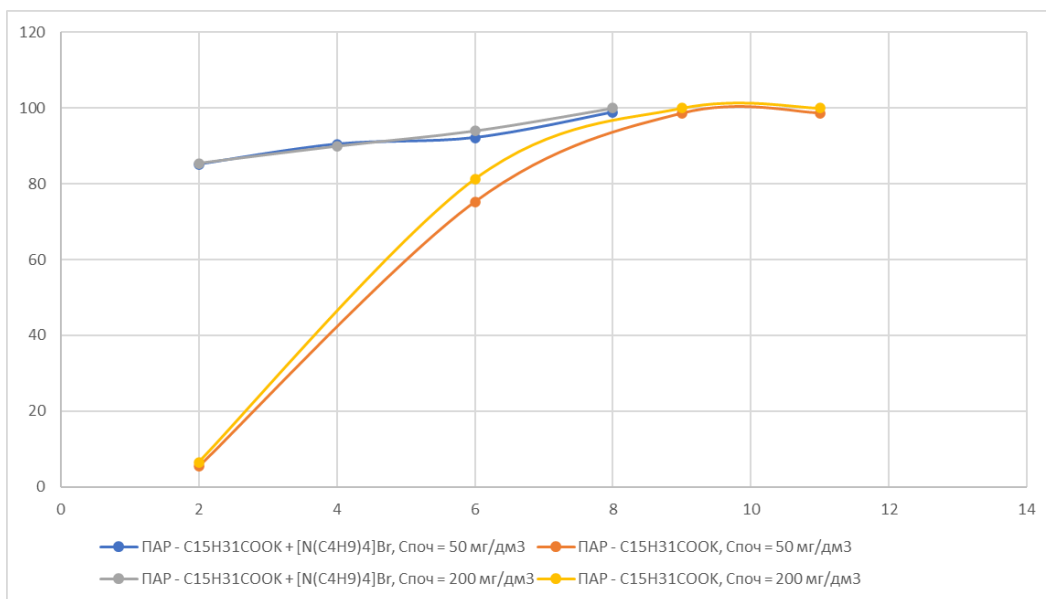


Рисунок 4. Залежність ступеня вилучення нікелю від рН з використанням різних ПАР та їх комбінацій та початкових концентрацій

Отримані результати свідчать, що присутність ТВА дозволяє досягти ступінь вилучення нікелю (вихідна концентрація 10, 20 мг/дм<sup>3</sup>) майже 80% навіть за рН 2, що можливо без додаткового підлугування середовища; тоді як у відсутності ТВА за цим значенням рН ступінь вилучення не перевищує 5-6%. Також проведені дослідження впливу виду газу (азот, повітря) та розміру пухирців на процес флотоекстракції нікелю (рисунок 5).

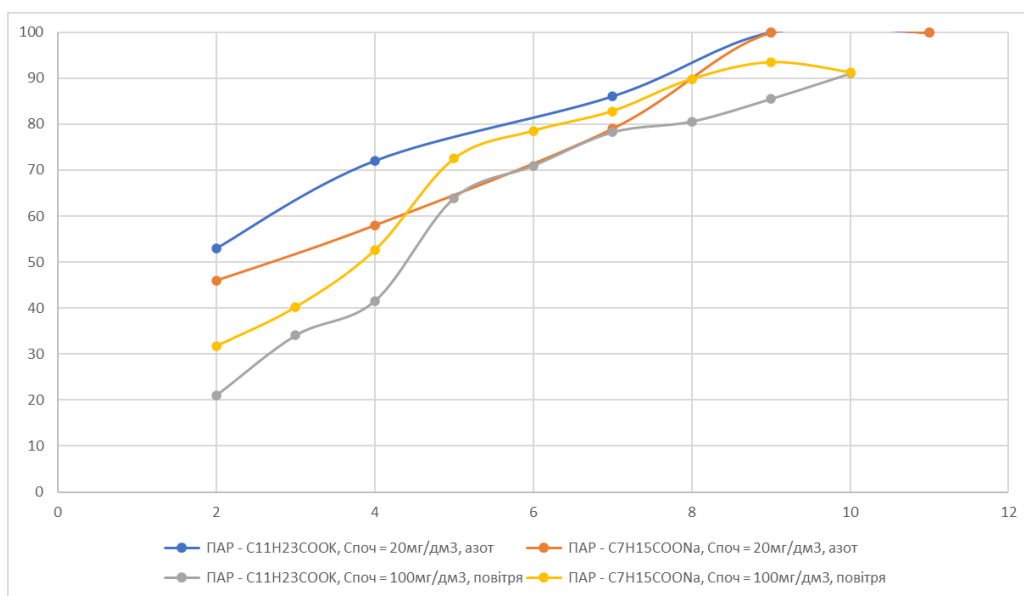


Рисунок 5. Залежність ступеня вилучення нікелю від рН з використанням різних ПАР та виду газу

В залежності від виду газу, який використовується у процесі, утворюються різні за розміром пухирці: азот із балону проходить фільтр Шотта, а повітря подається компресором і проходить диспергатор. Пухирці азоту дозволяють досягати майже 100 %-вого ступеня вилучення нікелю за рахунок утворення більшої кількості менших за розміром бульбашок, які рівномірно насичують водний об'єм.

Узагальнюючи, можна зробити висновок, що вилучення  $\text{Ni}^{2+}$  слід проводити в сильнолужному середовищі (рН 9 ÷ 10), коли сублат нікелю вилучається в органічну фазу у вигляді нейтральної молекули складу  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ . Це підтверджується графіками, де більшість кривих набувають максимумів при значеннях рН 9 ÷ 10, також можна відмітити, що при використанні повітря замість азоту знижується ефективність процесу очищення.

#### **Література:**

1. Астрелін, І. М., Обушенко, Т. І., Толстопалова, Н. М., & Таргонська, О. О. (2013). Теоретичні засади та практичне застосування флотоекстракції: огляд. Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті, 13(3), 3-23.
2. Fang, Liping & Li, Wentao & Chen, Huimin & Xiao, Feng & Huang, Lizhi & Holm, Peter & Hansen, Hans & Wang, Dongsheng. (2015). Synergistic effect of humic and fulvic acids on Ni removal by the calcined Mg/Al layered double hydroxide. RSC Adv.. 5. 10.1039/C4RA15406A.
3. Воробьев, Н. И. Обогащение полезных ископаемых : пособие для вузов по специальности 1-48 01 01 "Химическая технология неорганических веществ, материалов и изделий" специализации 1-48 01 01 01 "Технология производства минеральных удобрений, солей и щелочей" / Н. И. Воробьев, Д. М. Новик. - Минск : БГТУ, 2008. - 172 с.