

2. *Jornandes, D.S.* Mathematical Modelling for the Adsorption Process of CO₂ in Nanopores of Catalytic Particles in a Fixed Bed Reactor Using Numerical Inverse Laplace Transform / D.S. Jornandes, C.O. Cláudio // The Italian Association of Chemical Engineering . - 2013. - Vol. 35. - P. 829-834.

3. *Cosoli, P.* Hydrogen sulphide removal from biogas by zeolite adsorption Part I. GCMC molecular simulations / C. Paolo, M. Ferrone, S. Pricl, M. Fermeglia // Chemical Engineering Journal. – 2008. – 145. – P. 86-92.

4. *Passos, C.N.* Simulation of stationary, stream-less, multiconnected equilibrium-stage gas adsorption process / C.N. Passos, J.L. de Medeiros // Latin American Applied Research. – 2010. – 31. – P. 539-546.

5. *Terzyk, A.P.* What kind of pore size distribution is assumed in the Dubinin–Astakhov adsorption isotherm equation? / A.P. Terzyk, P.A. Gauden, P. Kowalczyk // Carbon. – 2002. – 40. – P. 2879-2886.

6. *Pandey, P.K.* A Non-Classical Finite Difference Method for Solving Two Point Boundary Value Problems / P.K. Pandey // The Pacific Journal of Science and Technology. -2013. - 14(2).

7. *Грег, С.* Адсорбция, удельная поверхность, пористость [Текст] / С. Грег, К. Синг // Пер. с англ. М., 1984.

УДК 622.765:542.61:546.571

ВИДАЛЕННЯ СИНТЕТИЧНИХ БАРВНИКІВ ЗІ СТІЧНИХ ВОД

Обушенко Т.І., Астрелін І.М., Толстопалова Н.М.

УДАЛЕНИЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ КРАСИТЕЛЕЙ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД

Обушенко Т.И., Астрелин И.М., Толстопалова Н.М.

THE REMOVAL OF SYNTHETIC DYES FROM WASTEWATERS

Obushenko T., Astrelin I., Tolstopalova N.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», Україна, Київ
tio63@mai.ru**

Досліджено закономірності видалення зі стічних вод барвників за допомогою флотоекстракції. На основі проведених експериментів встановлено вплив рН середовища, часу проведення процесу, мольного співвідношення реагуючих речовин та визначені раціональні умови проведення флотоекстракції.

Ключові слова: флотоекстракція, поверхнево-активні речовини, барвник, стічні води

Исследованы закономерности удаления из сточных вод красителей методом флотоекстракции. На основе проведенных экспериментов установлено влияние рН среды, времени проведения процесса, мольного соотношения реагирующих веществ и определены рациональные условия проведения флотоекстракции.

Ключевые слова: флотоекстракция, поверхностно-активные вещества, краситель, сточные воды

The main characteristics of removal dyes from wastewater by solvent sublation were investigation. The influence of pH, time, molar ratio of reactants was studied and the reasonable conditions of the process were determined.

Keywords: solvent sublation, surfactant, dye, wastewater

Вступ

Водоресурсний потенціал України є основою соціального, екологічного благополуччя та її економічного розвитку. В даний час водогосподарські і гідроекологічні проблеми набули загальнодержавного значення і стали одним з головних факторів національної безпеки. Тому в період загострення водноекологічних проблем та обмеженості коштів у підприємств на водоохоронні заходи важливе місце при виборі найбільш оптимальної технології очищення стічних вод займає оцінка її ефективності. Відходи хімічної та целюлозно-паперової галузей промисловості є основними джерелами забруднень стічних вод органічними речовинами, зокрема поверхнево-активними речовинами та барвниками. Виробництво барвників пов'язане з використанням великої кількості води. В середньому на виробництво 1 т барвників витрачається близько 100-225 т води. При фарбуванні тканин в залежності від типу барвника, який використовується, а також способу фарбування в стічні води попадає від 10 до 40 % використаних барвників. Наявність великої кількості органічних речовин призводить до загибелі риб та кормових ресурсів в водоймищах, погіршує присмак та запах води і м'яса риб та гальмує процеси самоочищення водоймищ. На жаль, наявні технології очищення стічних вод від цих речовин досить часто недосконалі та неефективні [1]. Тому актуальним є пошук шляхів видалення цих шкідливих і небезпечних поліютантів.

Постановка задачі

Перспективним методом вилучення барвників може бути флотоекстракція [2-3]. Цей метод заснований на комбінації методів флотації і екстракції, що базується на пропусканні газових бульбашок крізь водну фазу і винесенні речовини забруднику (сублату) в органічну фазу. При цьому органічна фаза повинна бути легшою, ніж водна, і не розчинятися в ній. В процесі флотоекстракції застосовуються поверхнево-активні речовини, що відіграють роль збирачів, зв'язуючись з іонами поліютантів у нерозчинні у воді гідрофобні сублати, які внаслідок своїх гідрофобних властивостей, силами адгезії зв'язуються з бульбашками і виносяться з водної фази в органічну. Оскільки процес флотоекстракції здійснюється за невеликий проміжок часу (15 – 20 хвилин), органічна фаза, яка повинна незалежно від геометрії флотоекстракційної колонки мати товщину 7-10 мм, не встигає повністю вичерпати свою ємність як екстрагента. Тому, ефективність флотоекстракції не залежить від коефіцієнта розподілу. Останніми роками ведуться дослідження флотоекстракції як в Україні, так і за кордоном. До переваг флотоекстракції відносять: можливість багатократного концентрування іонів забрудників у невеликих об'ємах органічного розчинника; можливість регенерації цінних компонентів; використовується значно менша кількість органічного розчинника (у порівнянні з методом екстракції); процес не лімітується константою розподілу; відсутність піни (у порівнянні з методом флотації); відсутність великих кількостей вологого осаду. На сьогоднішній час

вважається, що механізм флотоекстракції складається із двох основних стадій: перенесення речовини усередині й на поверхні бульбашок та між двома рідкими фазами, викликаному градієнтом концентрацій. На додаток до цього бульбашки, що піднімаються, захоплюють із собою у вигляді плівки, воду з розчищеною у ній речовиною. В такий спосіб також відбувається екстракція речовини в органічний шар, при цьому саме така екстракція є рівноважною. Вода ж з органічної фази, у свою чергу, повертається у вигляді крапель у водну фазу, захоплюючи з собою й частину речовини.

Як відомо, розміри часток сублату при флотоекстракції можуть змінюватися від молекулярної до декількох мікрометрів. Цей фактор значною мірою впливає на внесок тієї або іншої складової процесу. У випадку, якщо речовина перебуває в молекулярному розчиненому вигляді, є гідрофобною і здатна сольватуватися розчинником, то внески обох складових можуть бути порівнянні. Якщо ж розміри сублату перевищують 10^{-3} мкм, то варто розглядати процес флотації як основний, роль же розчинника буде полягати в утриманні спливаючої гідрофобної речовини за рахунок змочуваності. У літературі відсутні систематичні дослідження умов проведення флотоекстракції як при очищенні стічних вод від барвників, так і в дослідницьких аналітичних цілях. Такі параметри процесу як кислотність середовища, кількість реагентів, вибір екстрагенту, тривалість процесу, визначаються властивостями барвника. ПАР вводиться в систему для того, щоб додати новоутвореним комплексам гідрофобності. Основний принцип вибору збирача полягає в нейтралізації заряду катіона або аніона відповідним іоногенним ПАР. Метою роботи було дослідження флотоекстракційного видалення барвника катіонного типу кристалічного фіолетового (КФ) із модельних розчинів, що імітують стічні води. Визначення ефективності видалення барвника вивчали в залежності від: типу органічного розчинника, вихідної концентрації барвника, молярного співвідношення ПАР:Барвник, рН вихідного розчину. В якості ПАР експериментально було обрано натрій лаурилсульфат (НЛС).

Аналіз досліджень

Методика проведення досліджень та схема лабораторної установки описано в роботі [4]. Вихідна концентрація барвника 10 мг/дм^3 . Витрата газу $40 \text{ см}^3/\text{хв}$.

Вплив органічного екстрагенту на ступінь вилучення барвника кристалічного фіолетового.

При виборі органічної фази слід враховувати наступні особливості:

- органічна фаза повинна не змішуватися з водою;
- не повинна розчинятися у воді;
- проявляти здатність утримуватися на поверхні води й не утворювати емульсії;
- мати густину в межах $0,75 - 0,90 \text{ г/см}^3$;
- повинна бути нелеткою за кімнатної температури.

В загальному випадку, ефективність процесу тим вище, чим вище розчинність комплексу (Барвник-ПАР) в органічному розчиннику.

В даній роботі досліджувалась ефективність флотоекстракції з різними екстрагентами, для виявлення найбільш ефективного для досліджуваних барвників. Використовували наступні екстрагенти (рис. 1):

- Полярні: бутанол, ізобутанол, пентанол, ізопентанол, гексанол, октанол, ізооктанол, деканол, ундецинол;

- Неполлярні: Гексан, гептан, октан, ізооктан;
- Етери: Етилацетат, бутилацетат, петролеїновий ефір.



Рис. 1. Вплив органічного екстрагенту на ступінь видалення кристалічного фіолетового

Серед полярних органічних розчинників найвищі ступені вилучення досягаються при використанні пентанолу, гексанолу і октанолу. З неполярними розчинниками процес проходить майже з тими показниками, проте в неполярних КФ розчиняється значно гірше. Можна зробити висновок, що комплекс погано розчинний в неполярних екстрагентах. Етери є гарною альтернативою органічним спиртам, їх також можна використовувати як екстрагенти. Вони не поступаються спиртам досягнутими ступенями вилучення. Однак вони більш інтенсивно випаровуються і частина органічного шару в процесі перебігу флотоекстракції втрачається, що призводить до значних втрат реагенту.

Дослідження залежності ступеня видалення барвника кристалічного фіолетового від молярного співвідношення ПАР:Барвник.

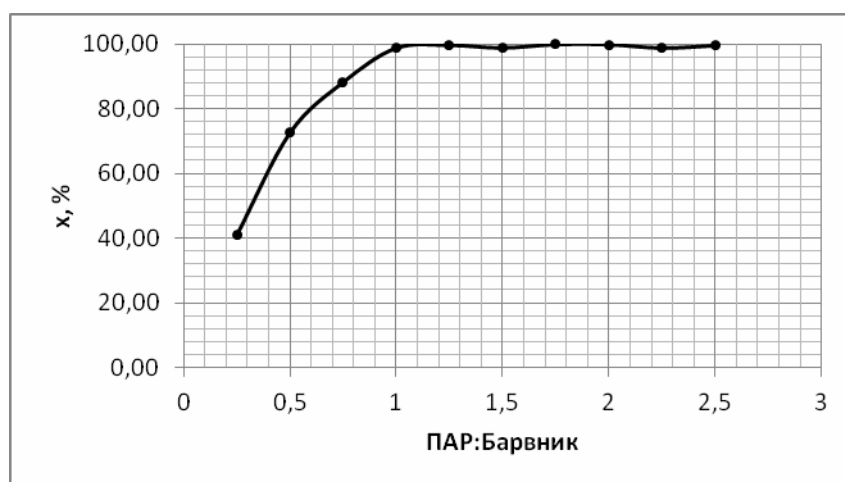


Рис. 2. Залежність ступеня видалення барвника від співвідношення ПАР:Барвник

Згідно рис. 2 найбільша швидкість видалення та менша залишкова концентрація КФ досягається при співвідношенні ПАР:Барвник=1:1. При менших значеннях має місце неповне утворення комплексу ПАР-КФ.

Дослідження залежності ступеня видалення барвника кристалічного фіолетового від тривалості флотоекстрагування.

Досліди проводили в інтервалі від 2 хв до 25 хв. (рис.3).

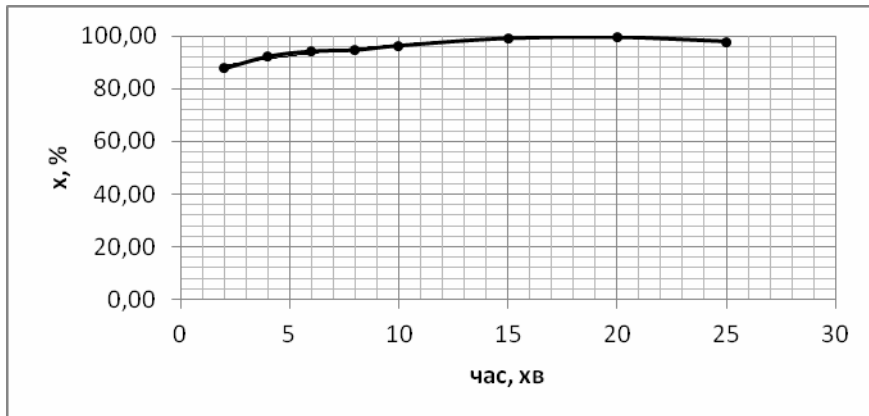


Рис. 3. Залежність ступеня вилучення кристалічного фіолетового барвника від часу проведення процесу

З наведеної залежності видно, що зі збільшенням тривалості процесу від 5 до 15 хв збільшується ступінь вилучення барвника. При подальшому проведенні процесу ступінь вилучення не зростає, а після 25 хв ступінь вилучення починає зменшуватись – сублат починає переходити знову у водну фазу.

Вплив вихідної концентрації на ступінь вилучення барвника кристалічного фіолетового.

При зменшенні вихідної концентрації ступінь вилучення, зазвичай, зменшується, оскільки чим менша кількість забруднювача, тим важче він видаляється.

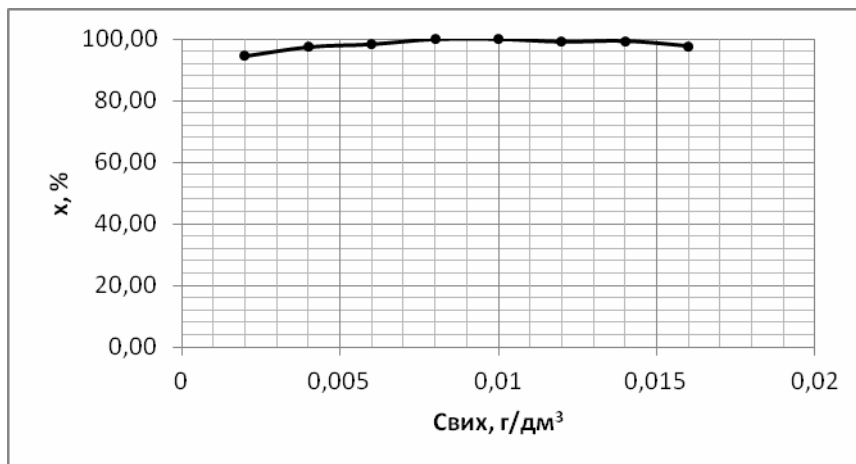


Рис. 4. Вплив вихідної концентрації на ступінь видалення кристалічного фіолетового

Результати дослідження приведені на графічній залежності (рис. 4), яка не має яскраво виражених спадів чи підйомів при збільшенні вихідної концентрації. Отримані результати знаходяться в межах похибки дослідження. Тобто вихідна концентрація барвника майже не впливає на перебіг процесу, в досліджених умовах експерименту.

Вплив значення рН середовища на ступінь вилучення барвника кристалічного фіолетового.

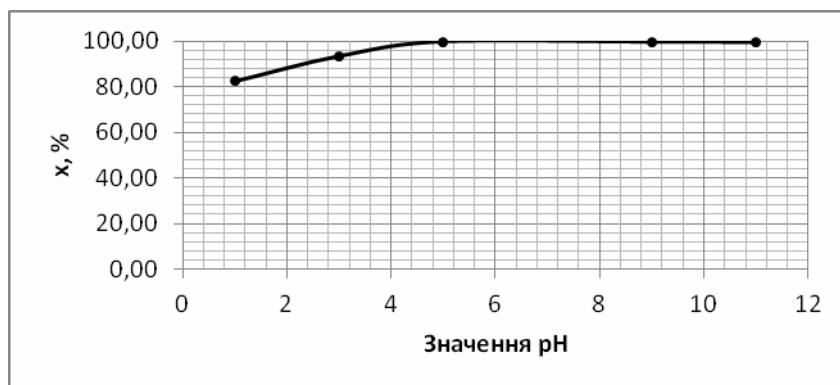


Рис. 5. Вплив рН середовища на ступінь видалення кристалічного фіолетового

Як видно з рис. 5, при збільшенні значення рН ступінь видалення барвника збільшується. Але і без корегування рН ступінь видалення поллютанта досить значна і складає 99,8 % при рН=5.

Висновки

Досліджено флотоекстракційне видалення катіонного барвника кристалічного фіолетового з імітацій стічних вод. Експериментально підібрано ПАР для утворення гідрофобного комплексу – натрію лаурилсульфат та флотоекстрагент – ізопентанол. Встановлено раціональні умови видалення барвника: рН 5, стехіометричне молярне співвідношення 1:1, тривалість процесу 15 хв. За цих умов ступінь видалення КФ складає 99,8 %.

Література

1. Ягольник, С. Г. Очищення стічних вод від прямих барвників активованим клиноптилолітом: автореф. дис. ... канд. техн. наук : спец. 21.06.01 "Екологічна безпека" [Текст] / С.Г. Ягольник; Нац. ун-т "Львівська політехніка". – Львів, 2008. – 19 с.
2. Bi, P. The recent progress of solvent sublation/ H. Dong, J. Dong //Journal of Chromatography. – 2010.– V.1217.– P. 2716-2725.
3. Bi, P. Solvent sublation of dyes / P. Bi, H. Dong, N. Wang // Chin. Chem. Lett. – 2007.–V. 18.– P. 1293.
4. Обушенко, Т.И. Очистка сточных вод от токсических металлов флотоэкстракцией [Текст]/ Обушенко Т.И., Астрелин И.М., Толстопалова Н.М., Варбанец М.А., Кондратенко Т.А.// Химия и технология воды. - 2008. - Т.30. - № 4 - С.429-436.