

УДК 662.765:542.61:546.571

## ФЛОТОЕКСТРАКЦІЯ БАРВНИКА АКТИВНОГО ЯСКРАВО-БЛАКИТНОГО З ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

Нестерчук О.М., Обушенко Т.І., Толстопалова Н.М.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

В роботі досліджено видалення барвника активного яскраво-блакитного. Для утворення сублату використовували гексадецилтриметиламоній бромід. Екстрагент аміловий спирт. Експериментально було досліджено вплив на флотоекстракцію наступних параметрів: молярне співвідношення ПАР: барвник, рН водної фази, тривалість процесу вилучення. Отримані результати підтверджують перспективність запропонованого методу для ефективного видалення барвників з низькоконцентрованих водних розчинів. **Ключові слова:** флотоекстракція, поверхнево-активні речовини, барвник, аміловий спирт, стічні води.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з інтенсивним розвитком промисловості гостро постала проблема скиду великої кількості стічних вод без попереднього очищення, що призводить до того, що самовідновлюваних властивостей водно-ресурсних джерел вже недостатньо для подолання негативних впливів і відтворення порушеної екологічної рівноваги. Тому проблема забезпечення всіх галузей промисловості, сільського господарства доступною прісною водою потребує першочергового вирішення. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є вторинне використання стічних вод, а саме створення замкнутих систем промислового водопостачання, що ґрунтується на багаторазовому використанні очищених стічних вод, що відповідають вимогам якості технічних вод.

У наш час розроблено безліч різноманітних методів очищення стічних вод від токсичних речовин, в основі яких покладено фізико-хімічні або біохімічні процеси. До таких речовин належать ті, які при прямому чи опосередкованому контакті з організмом людини здатні надавати прямий чи віддалений токсичний вплив або ж вплинути на умови проживання людей і навколишнє середовище. Серед таких органічних забруднювачів чільне місце займають барвники, які широко застосовують у різних галузях промисловості та в побуті [1–2].

Недостатність існуючих технологій очищення стічних вод, забруднених сполуками органічного та неорганічного походження, зумовлює необхідність пошуку таких методів, які дозволяють очищати стічні води до норм ГДК та проводити регенерацію коштовних компонентів. Таким перспективним методом очищення води є флотоекстракція.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Органічні барвники потрапляють у воду разом із стічними водами підприємств виробників барвників та фарбувальних цехів. Потрапляючи в гідросферу вони змінюють: 1) фізичні властивості води (прозорість, забарвлення, з'являються запахи та присмаки); 2) кислотність, що безпосередньо впливає на біоценоз та структуру харчових ланцюгів цієї водойми; 3) газовий склад (зменшується кількість розчиненого кисню за рахунок окиснення ним органічних барвників, збільшується кількість  $\text{CO}_2$ ). Тому проблема очищення стічних вод від барвників є достатньо актуальною [1–2].

Флотоекстракція – метод заснований на комбінації методів флотації і екстракції – базується на пропусканні газових бульбашок крізь водну фазу і винесенні речовини забрудника (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 (ПАР), що відіграють роль збирачів, зв'язуючись з іонами барвників у нерозчинні в воді гідрофобні сублати, які внаслідок своїх гідрофобних властивостей, силами адгезії зв'язуються з бульбашками і виносяться з водної фази в органічну [3–7].

Останніми роками ведуться дослідження флотоекстракції як в Україні, так і за кордоном. Отже, беручи до уваги згубний вплив барвників на флору і фауну та недосконалість існуючих технологій з їх вилучення, запропоновано метод флотоекстракції, як ефективну альтернативу. Незважаючи на минулі напрацювання вчених при вивченні даної технології, і досі залишається чимало нерозглянутих аспектів та суперечливих даних, що стосуються флотоекстракційного вилучення барвників, тому є доцільним подальше дослідження даної тематики.

**Мета статті.** Метою даної роботи є дослідження закономірностей процесу флотоекстракції як методу очищення стічних вод від барвників аніонного типу на прикладі активного яскраво-блакитного, вибір збирача та екстрагенту, визначення оптимальних умов проведення процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: теоретично обґрунтувати вибір методу ефективного очищення стічних вод від барвників, дослідити фізико-хімічні закономірності процесу флотоекстракції; дослідити вплив різних параметрів на ефективність процесу.

**Виклад основного матеріалу.** Процес флотоекстракції проводили в скляному циліндрі, на дні якого знаходився розпилювач, з'єднаний з іншою частиною установки скляною трубкою, через яку подавалося повітря. Вихідна концентрація барвника –  $10 \text{ мг/дм}^3$ . Об'єм модельного розчину –  $200 \text{ см}^3$ , об'єм органічної фази –  $10 \text{ см}^3$ . Процес флотоекстракції відбувався до встановлення постійної залишкової концентрації барвника, яку визначали фотометричним методом. Мірою ефективності процесу флотоекстракції слугував показник ступеня вилучення барвника  $X, \%$ .

В якості ПАР експериментально (з ряду відомих катіонних ПАР) було обрано гексадецилпіридиній бромід (ГПБ)  $C_{21}H_{38}BrN$  та гексадецил(цетіл)триметиламоній бромід (ЦТАБ)  $C_{19}H_{42}BrN$ . ПАР разом з барвником утворює гідрофобний комплекс, який взаємодіє з бульбашками газу і піді-

ймається до границі розподілу фаз «вода-органічний шар» і поглинається органічною фазою.

Досліджувалась ефективність флотоекстракції барвника для виявлення найбільш ефективного екстрагенту серед спиртів нормальних та розгалужених форм: пентанол, н-аміловий спирт, октанол, ізооктанол, бутанол, ізобутанол, бутилацетат, гексанол, гептанол, ундеканол та деяких естерів. За результатами обрано н-аміловий спирт (рис. 1).

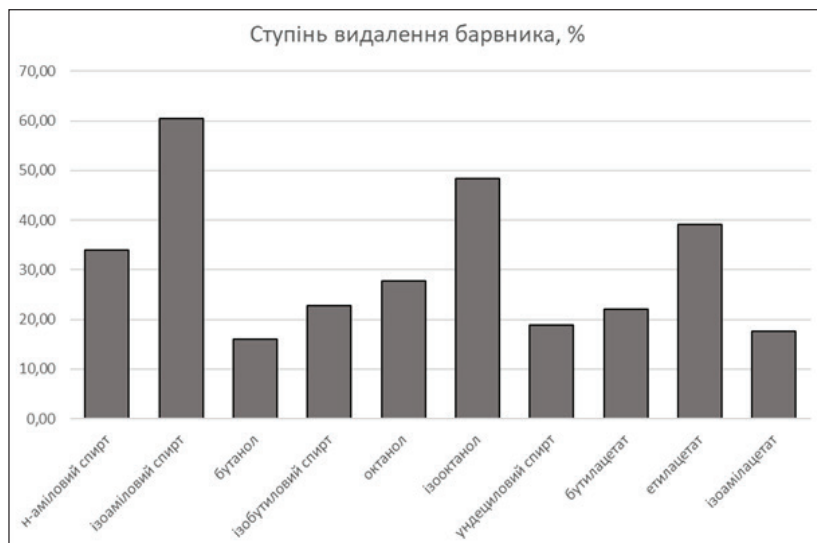


Рис. 1. Вплив органічного екстрагенту на ступінь видалення активного яскраво-блакитного

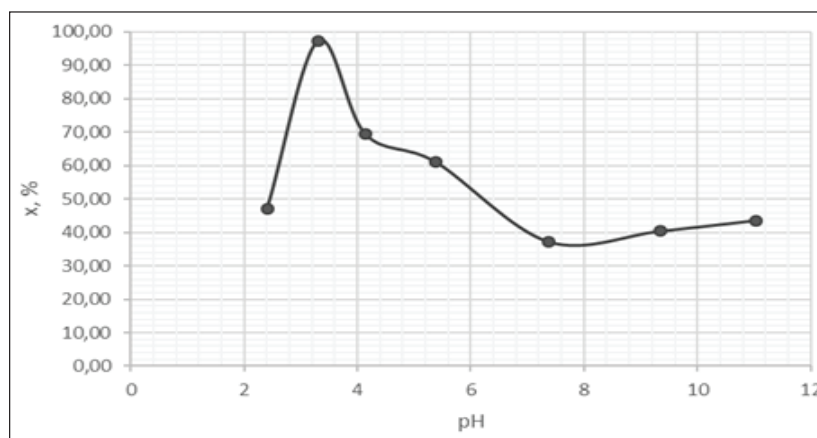


Рис. 2. Вплив рН на ступінь видалення активного яскраво-блакитного

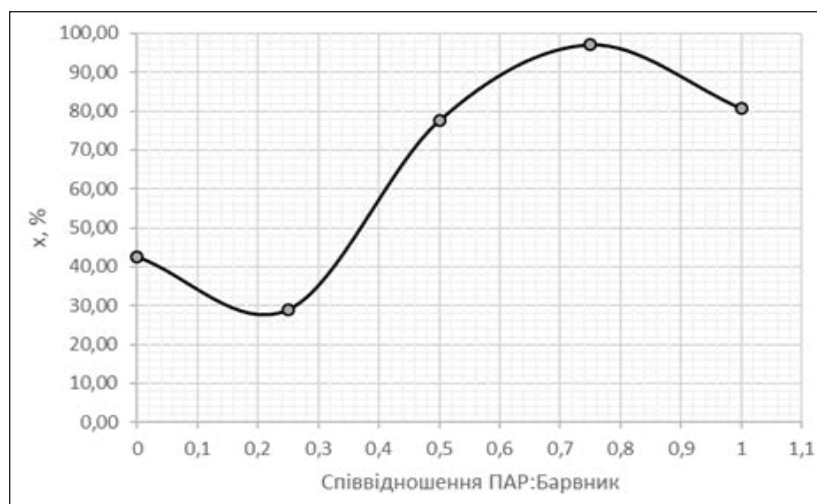


Рис. 3. Залежність ступеню видалення барвника від співвідношення ПАР: Барвник при оптимальному рН

Досліджено вплив рН на процес флотоекстракційного вилучення барвника активного яскраво-блакитного (рис. 2). За різних значень рН ПАР та барвник можуть утворювати різні сполуки, які мають різну гідрофобність та різну розчинність у органічній фазі.

Чіткий максимум спостерігається при рН 3-3,5, що можна пояснити утворенням іншої форми барвника, яка володіє більшою гідрофобністю, що полегшує видалення.

Проведено дослідження впливу мольного співвідношення ПАР: Барвник для активного яскраво-блакитного з урахуванням оптимального значення рН (рис. 3).

Збирачем обрано цетилтриметиламоній бромід, оскільки попередні експерименти показали, що ступінь вилучення з цим ПАР більший, ніж з ГПБ. При збільшенні співвідношення ПАР:Барвник від 0,25 до 0,5 спостерігається зростання ступеня очищення води, але значення не максимальні, що пояснюється нестачею ПАР для утворення сублату.

При співвідношенні Барвник: ПАР 1:0,75 ступінь вилучення максимальна.

При подальшому збільшенні співвідношення, ступінь вилучення барвника зменшується, оскільки починає в органічну фазу переходити ПАР, а не сублат.

Досліджено характер зміни ступеня вилучення барвника у часі (рис. 4). Від 2 до 15 хвилин спостерігається збільшення ступеня вилучення, а при 20 хв досягається максимальне значення. Надалі ступінь очищення знижується через повернення сублату з органічної фази у водну.

Проведено дослідження ступеня вилучення барвника від початкової концентрації барвника при об'ємі водної фази  $100\text{ см}^3$  та  $200\text{ см}^3$  (рис. 5). При зменшенні вихідної концентрації спостерігається зниження ступеня очищення. При збільшенні концентрації можна побачити зменшення ступеня очищення лише при очищенні  $100\text{ см}^3$  вихідного розчину.

Але при збільшенні висоти водної фази (200 см<sup>3</sup> вихідного розчину) ступінь вилучення трохи падає, але має вищі значення, ніж при меншій висоті водного шару.

**Висновки і пропозиції.** Для флотоекстракції барвника активного яскраво-блакитного, в інтервалі концентрацій 5–100 мг/дм<sup>3</sup> з водних розчинів експериментально підібрано поверхнево-активну речовину катіонного типу – гексадецилтриметиламоній бромід і флотоекстрагент – ізоаміловий спирт. Встановлено раціональні умови видалення барвника: рН 3–3,5; молярне співвідношення ПАР:Барвник = 0,75 : 1; тривалість процесу 20 хв. За цих умов ступінь видалення барвника складає  $97,2 \pm 0,18\%$ , а залишкова концентрація барвника – 0,26 мг/дм<sup>3</sup>.

Отримані результати підтверджують перспективність запропонованого методу для ефективного видалення барвників з низькоконцентрованих водних розчинів. Метод має ряд переваг:

- можливість роботи з великими об'ємами водних об'єктів;
- активна речовина виносить бульбашками газу і надходить у шар гідрофобної рідини без змішування фаз;
- процес не є рівноважним і не лімітується константою розподілу;
- неможливість утворення емульсій;
- багаторазове концентрування іонів у невеликих об'ємах органічного розчинника;
- потребує невеликої кількості екстрагенту у порівнянні з рідиною екстракцією.

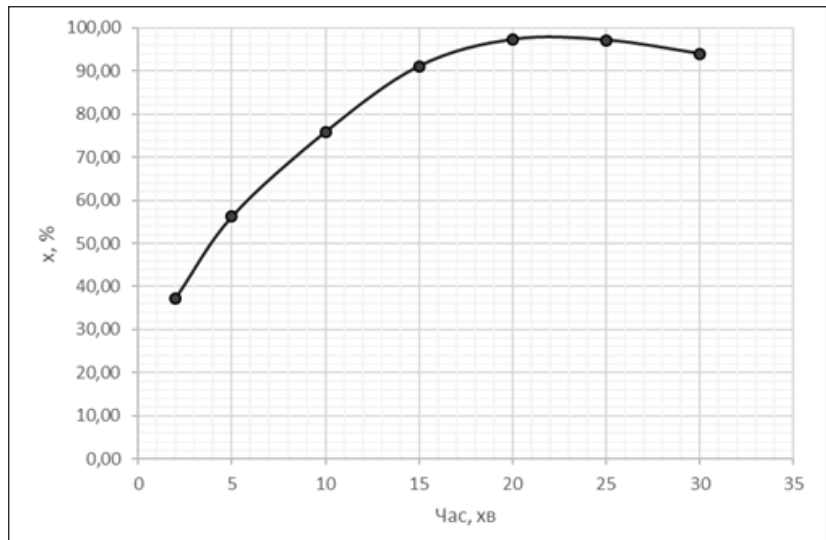


Рис. 4. Залежність ступеня вилучення активного яскраво-блакитного барвника від тривалості процесу

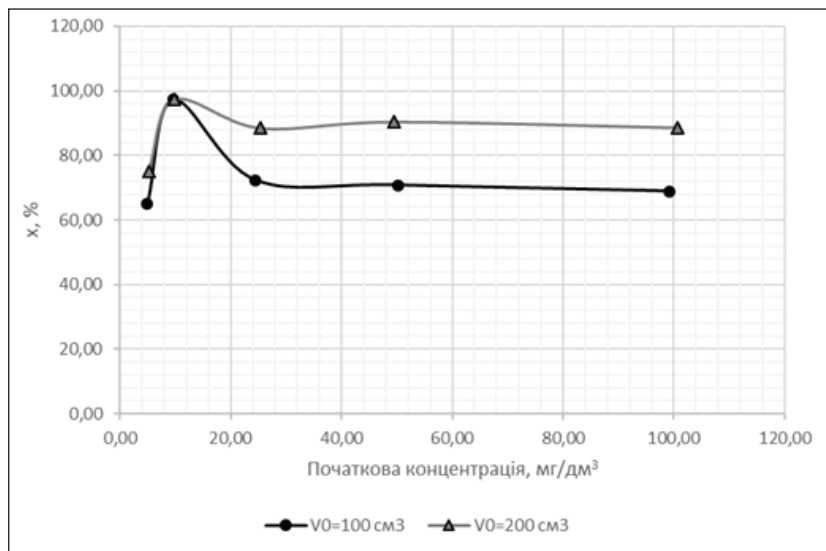


Рис. 5. Залежність ступеня вилучення активного яскраво-блакитного барвника від початкової концентрації барвника при різних об'ємах водної фази

## Список літератури:

1. Нестерова Л.А., Сарібєков Г.С. Эффективность использования оборотных систем водопотребления на текстильных предприятиях // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. – Т. 4.– № 8(46). – С. 25–28.
2. Леськів Г.З. Очищення стічних вод від барвників шляхом адсорбції на природних дисперсних сорбентах: автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: 21.06.01. Львів: Національний університет "Львівська політехніка", 2008. – 20 с.
3. Bi P., Dong H., Dong J. The recent progress of solvent sublation. Journal of Chromatography. 2010, № 1217, p. 2716–2725.
4. Астрелін І.М. Теоретичні засади та практичне застосування флотоекстракції: огляд / І.М. Астрелін, Т.І. Обушенко, Н.М. Толстопалова, О.О. Таргонська // Вода і водоочисні технології. – 2013. – № 3. – С. 3–23.
5. Obushenko T. Thermodynamic Studies of Bromphenol Blue Removal from Water Using Solvent Sublation/ T. Obushenko, N. Tolstopalova, O. Kulesha, I. Astrelin //Chemistry & Chemical Technology.– 2016. – Vol. 10 – № 4. – P. 515–518.
6. Обушенко Т.І., Толстопалова Н.М., Астрелін І.М. Видалення синтетичних барвників зі стічних вод // Science Rise.– 2016. – Т. 5.– № 2(22). – С. 47–53.
7. Obushenko T. The Removal of indigo carmine from water by solvent sublation / T. Obushenko, N. Tolstopalova, Y. Kholmetska // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – № 1(21). – 2017. – С. 31–38.

**Нестерчук О.Н., Обушенко Т.И., Толстопалова Н.М.**

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

## **ФЛОТОЭКСТРАКЦИЯ КРАСИТЕЛЯ АКТИВНОГО ЯРКО-ГОЛУБОГО ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

### **Аннотация**

В работе исследовано удаление красителя активного яркоголубого. Для образования сублата использовали гексадецилтриметиламмоний бромид. Экстрагент амиловый спирт. Экспериментально было исследовано влияние на флотоэкстракцию следующих параметров: молярное соотношение ПАВ: краситель, рН водной фазы, продолжительность процесса извлечения. Полученные результаты подтверждают перспективность предложенного метода для эффективного удаления красителей из низкоконцентрированных водных растворов.

**Ключевые слова:** флотоэкстракция, поверхностно-активные вещества, краситель, амиловый спирт, сточные воды.

**Nesterchuk O.N., Obushenko T.I., Tolstopalova N.M.**

National Technical university of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kiyv Politechnical Institute»

## **SOLVENT SUBLATION OF ACTIVE BRILLIANT BLUE DYE FROM WATER SOLUTIONS**

### **Summary**

Presented work was research removal of active brilliant blue dye. The surfactants hexadecyltrimethylammonium bromide were used to form sublata. Amyl alcohol was used as an extragent. The effects of the following parameters on the solvent sublation process were experimentally studied: molar ratio of surfactant:dye, pH of aqueous phase, duration of removal process. The obtained results confirm the prospects of the proposed method for the effective removal of dyes from low-concentration aqueous solutions.

**Keywords:** solvent sublata, surfactant, dye, amyl alcohol, wastewater.