

УДК 541.183

Е. А. Стрельцова, Е. А. Хромышева

Одесский национальный университет, кафедра физической и коллоидной химии,  
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65026, Украина

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕННОГО ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ НЕКОТОРЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАВ

Рассмотрены закономерности процесса пенного фракционирования технических ПАВ катионного (ГИПХ-3а, цетазол, пеназолин) и анионного (додецилсульфат натрия (ДДСН), сульфенол НП-3) типов. Показано, что выделение ГИПХ-3а, цетазола и пеназолина целесообразно проводить в области концентраций 5-30 мг/л, а ДДСН и сульфенола НП-3 в области концентраций 5-150 мг/л. Скорость процесса пенного фракционирования исследуемых технических ПАВ зависит от их природы и химического строения. Наиболее эффективно процесс пенного фракционирования технических ПАВ протекает в кислой и щелочной средах.

**Ключевые слова:** поверхностно-активное вещество, пенное фракционирование, флотация, кинетика

Увеличение содержания поверхностно-активных веществ (ПАВ) в бытовых и промышленных сточных водах, наблюдающееся в последнее время, усиливает опасность загрязнения ими поверхностных водоёмов. В связи с этим крайне остро стоит проблема очистки сточных вод, загрязнённых ПАВ [1,2].

Преимущества применения пенного фракционирования, описание различных способов его проведения для выделения многих ПАВ из сточных вод обсуждены в [3-5]. Вместе с тем некоторые закономерности пенного фракционирования ПАВ остаются нераскрытыми до конца, что в значительной степени затрудняет выбор оптимальных условий проведения процесса.

Ниже изложены результаты опытов, направленных на выяснение закономерностей процесса пенного фракционирования катионных и анионных ПАВ, применяемых в промышленности.

Объектами исследования служили технические ПАВ катионного типа: ГИПХ-3а, содержащий 80% основного вещества (смесь хлоридов моноалкиламмония с длиной углеводородного радикала от  $C_{16}$  до  $C_{18}$ ); цетазол, содержащий 75% основного вещества (смесь бромидов N-алкилпиридиния с длиной углеводородного радикала от  $C_{16}$  до  $C_{20}$ ); пеназолин – смесь алкилимидазолинов с длиной углеводородного радикала от  $C_7$  до  $C_9$  и анионного типа: додецилсульфат натрия (ДДСН), содержащий 98,8% основного вещества; сульфенол НП-3, содержащий 30% додецилбензолсульфоната натрия.

Флотационную обработку растворов осуществляли на установке подробно описанной в работе [6]. Расход воздуха равнялся  $0,1 \cdot 10^{-5}$ –  $6,0 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>/с, объём раствора, заливаемого в колонку —  $3 \cdot 10^{-5}$  м<sup>3</sup>, время флотации, кроме специально оговоренных случаев, составляло 1200 с.

Об эффективности флотационного выделения ПАВ судили по степени выделения их из раствора  $\alpha$  и степени перехода раствора в пену  $\beta$

$$\alpha = \frac{C_p^0 - C_p}{C_p^0} \cdot 100 \%, \quad (1) \quad \beta = \frac{V_p^0 - V_p}{V_p^0} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где  $C_p^0$  и  $C_p$  – концентрация ПАВ в растворе,  $V_p^0$  и  $V_p$  – объём раствора в колонке соответственно до и после флотации.

Значения рН растворов ПАВ, подаваемых на флотационную обработку, измеряли с помощью универсального иономера ЭВ-74. Для регулирования значения рН использовали 1 М растворы HCl или NaOH. В процессе флотации растворы периодически анализировали на содержание в них ПАВ. Анализ проводили по стандартным методикам [7].

Проведенные исследования, результаты части которых представлены на рис. 1, 2 и в таблице, показали, что технические ПАВ катионного типа целесообразно выделять из растворов методом пенного фракционирования в области концентраций 5-30 мг/л, а технические ПАВ анионного типа – в области концентраций 5-150 мг/л (рис. 1). При более высоких концентрациях исследуемых технических ПАВ в растворе наблюдается резкое увеличение объёма раствора, переходящего в пену, что делает использование пенного фракционирования нецелесообразным.

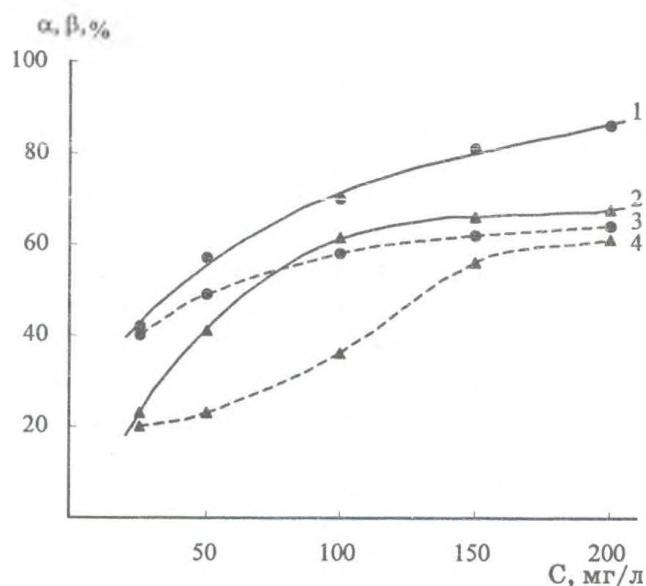


Рис. 1. Влияние концентрации растворов ДДСН (1), сульфанола НП-3 (2) на степень их флотационного выделения ( $\alpha$ ) и степень перехода раствора в пену ( $\beta$ ) ДДСН (3), сульфанола НП-3 (4).

При выборе оптимальных технологических параметров проведения пенного фракционирования необходимо учитывать кинетику процесса.

Кинетика процесса пенного фракционирования исследуемых технических ПАВ описывается уравнением, аналогичным уравнению реакции первого порядка

Таблица

Влияние электролитов на степень флотационного выделения ( $\alpha$ ) и степень перехода раствора в пену ( $\beta$ ) ДДСН и сульфанола НП-3 из модельных растворов (продолжительность флотации 20 мин)

NaCl: Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) С, мг/л	ДДСН		Сульфанол НП-3	
	$\alpha$ , %	$\beta$ , %	$\alpha$ , %	$\beta$ , %
0	70	40	60	20
50	73	38	70	15
100	75	35	72	15
150	78	33	75	15
200	80	30	78	14
500	82	23	80	14
1000	88	15	85	14

$$\lg(a-x) = \lg a - \frac{K}{2,3}t,$$

где  $x$  – количество ПАВ, флотируемое за время  $t$ ;  $a$  – максимальное (при данных условиях опытов) количество ПАВ, которое переходит в пену;  $K$  – константа скорости процесса.

Константы скорости процесса пенного фракционирования технических ПАВ достаточно велики (константа скорости процесса пенного фракционирования ГИПХ-3а равна  $4,7 \cdot 10^{-1}$ , цетазола —  $4,1 \cdot 10^{-1}$ , пеназолина —  $1,7 \cdot 10^{-1}$ , ДДСН —  $1,25 \cdot 10^{-1}$  и сульфанола НП-3 —  $1,17 \cdot 10^{-1}$  мин<sup>-1</sup>). Скорость выделения технических ПАВ катионного типа больше скорости выделения технических ПАВ анионного типа. Различия существуют и в скоростях пенного фракционирования технических ПАВ одного типа (как катионного, так и анионного), которые зависят от их химического строения. Так, например, ГИПХ-3а, представляющий собой смесь хлоридов моноалкиламмония с неразветвленными углеводородными радикалами, выделяется методом пенного фракционирования более полно и с большей скоростью, чем пеназолин, в состав которого входят 2-алкилимидазолины.

Время флотационной обработки, необходимое для практически полного выделения ГИПХ-3а (97%) и цетазола (87,0%) составляет 10 мин, пеназолина (92%) – 15 мин, ДДСН (87,0%) – 35 мин, сульфанола НП-3 (60%) – 40 мин при скорости подачи воздуха  $1,0 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>/с.

Область значений рН, оптимальных для пенного фракционирования исследуемых технических ПАВ (обеспечивающих их максимальное выделение), совпадает с областью наибольшей поверхностной активности ПАВ. По этой причине наиболее эффективно они выделяются из растворов в кислых и щелочных средах [8-10].

Результаты опытов, проведенных для выяснения влияния температуры на эффективность процесса пенного фракционирования технических ПАВ показали (рис. 2), что увеличение температуры от 20 до 50°С повышает степень выделе-

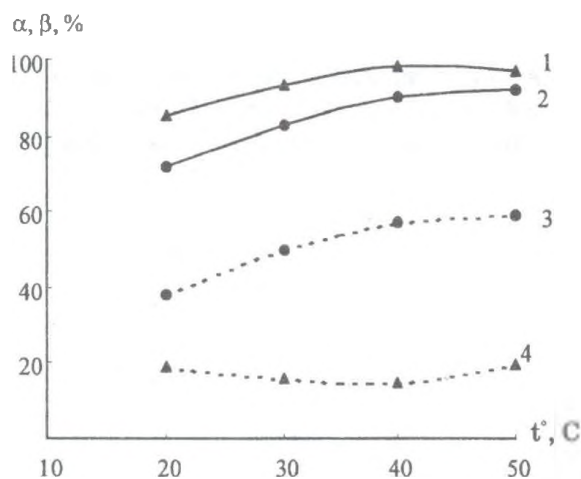


Рис. 2. Влияние температуры растворов пеназолина (1), ДДСН (2) на степень их флоатационного выделения ( $\alpha$ ) и степень перехода раствора в пену ( $\beta$ ) ДДСН (3), пеназолина (4).

вещества (с ростом температуры поверхностное натяжение растворов ПАВ уменьшается, подвижность частиц ПАВ возрастает, их адсорбция на поверхности пузырьков воздуха увеличивается и эффективность выделения повышается).

Установленные закономерности были использованы при проведении опытов по выделению технических ПАВ анионного типа из модельных растворов, содержащих NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> с концентрацией 50-1000 мг/л. Выбор концентрационного предела электролитов NaCl и Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> максимально приближен к их содержанию в реальных сточных водах промышленных предприятий (текстильных, кожевенных) [11]. По данным, представленным в таблице, видно, что из хлоридно-сульфатных растворов можно выделять до 88% ДДСН и до 85% сульфанола НП-3. Продолжительность флоатационной обработки сокращается и составляет 20 мин, а образующаяся пена содержит небольшое количество жидкости.

Таким образом, используя полученные результаты исследований, можно обеспечить оптимальное выделение исследуемых технических ПАВ из сточных вод промышленных предприятий методом пенного фракционирования.

## Литература

1. Державні санітарні правила і норми "Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного постачання. №333 від 23.12.96.
2. ДСТУ 3812-98. Охорона довкілля та раціональне поводження з ресурсами. Контроль оперативних стічних вод очисних споруд міст і промислових підприємств: Загальні положення. – Введ. 1999.07.01. – Офіц. вид. — К.: Держстандарт України, 1999. — IV, 6 с, V 6 с.
3. Когановский А. М., Клименко Н. А. Физико-химические основы извлечения поверхностно-активных веществ из водных растворов и сточных вод. – Киев: Наук. думка, 1978. — 176 с.
4. Стрельцова О. О. Фізико-хімічні основи флоатационного виділення іоногенних поверхнево-активних речовин із водних розчинів та стічних вод. — Одеса: Астропринт, 1997. — 140 с.
5. Пушкарев В. В., Трофимов Д. И. Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ. – М.: Химия, 1975. – 144 с.
6. Скрылев Л. Д., Стрельцова Е. А., Тымчук А. Ф. Интенсификация процесса флоатационного выделения анионных ПАВ с помощью тонкоэмульгированных аполярных реагентов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. – 1993. — Т. 36, № 7. – С. 41-46.

6. *Абрамзон А. А., Зайченко Л. П., Файнгольд С. И.* Поверхностно-активные вещества. — Л.: Химия, 1988. — 200 с.
8. *Стрельцова Е. А., Хромьшева Е. А.* Флотационное выделение катионных ПАВ // Химия и технология воды. — 2000. — Т. 22, № 3. — С. 259-267.
9. *Стрельцова Е. А., Хромьшева Е. А.* Флотационное выделение пеназолина из водных растворов и сточных вод // Вопросы химии и хим. технологии. — 2000. — № 1. — С. 233-235.
10. *Стрельцова Е. А., Хромьшева Е. А.* Флотационное выделение анионных ПАВ / Сучасні проблеми хімічної технології неорганічних речовин. Збірник наук. праць: Матеріали міжнародної конференції "Сучасні проблеми хімічної технології неорганічних речовин". — Одеса: Астропринт. — 2001. — Т. 2. — С. 222-225.
11. *Яковлев С. В., Кондратовичус В. И.* Исследования по очистке сточных вод кожевенных заводов // Водоснабжение и санитарная техника. — 1969. — № 8. — С. 11-14.

**О.О. Стрельцова, О.А. Хромишева**

Одеський національний університет ім. І.І. Мечникова,  
кафедра фізичної та колоїдної хімії,  
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65026, Україна

#### **ЗАКОНОМІРНОСТІ ПІННОГО ФРАКЦІОНУВАННЯ ДЕЯКИХ ТЕХНІЧНИХ ПАВ**

##### **Резюме**

Розглянуті закономірності процесу пінного фракціонування технічних ПАВ катіонного (ГПХ-3а, цетазол, піназолін) і аніонного (додecilсульфат натрію (ДДСН), сульфонол НП-3) типів. Показано, що виділення ГПХ-3а, цетазолу та піназоліну доцільно проводити в межах концентрацій 5-30 мг/л, а ДДСН і сульфонолу НП-3 в межах концентрацій 5-150 мг/л. Швидкість процесу пінного фракціонування досліджуваних технічних ПАВ залежить від їх природи та хімічної будови. Найбільш ефективно процес пінного фракціонування технічних ПАВ перебігає в кислому та лужному середовищах.

**Ключові слова:** поверхнево-активна речовина, пінне фракціонування, флотація, кінетика

**E.A. Streltsova, E.A. Khromisheva**

I.I. Mechnikov Odessa National University,  
Faculty of Physical and Colloidal Chemistry,  
Dvoryanskaya St., 2, Odessa, 65026, Ukraine

#### **THE REGULARITIES OF FOAM FRACTIONATING PROCESS OF TECHNICAL SURFACTANS**

##### **Summary**

The regularities of foam fractionating process of technical cationic (GIPCh-3a, tsetasol, penasolinium) and anionic (sodium dodecylsulfate and sulfanole NP-3) surfactants have been considered. It was shown that the isolation of GIPCh-3a, tsetasol and penasolinium most effective in the range of concentrations 5-30 mg/l, sodium dodecylsulfate and sulfanole NP-3 in the range of concentrations 5-150 mg/l. The rate of foam fractionating process of investigated technical surfactants depends on their nature and chemical structure. The foam fractionating process of technical surfactants is most effective in acid and alkaline media.

**Keywords:** surfactant, foam fractionating, flotation, kinetic.