

УДК 544.77:622.765.061

Е.А. Хромышева, канд. хим. наук,
В.А. Хромышев, канд. техн. наук,
Мелитоп. гос. пед. ун-т

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ СОРБЦИОННОЙ МИКРОФЛОТАЦИИ

О.О. Хромышева, В.О. Хромышев. Вилучення іоногенних поверхнево-активних речовин із водних розчинів методом сорбційної мікрофлотації. Експериментально доведено ефективність використання сорбційної мікрофлотації для вилучення іоногенних поверхнево-активних речовин із водних розчинів із використанням як сорбентів калій-манган гексацианоферату (II), гідроксидів феруму (III) та алюмінію.

Е.А. Хромышева, В.А. Хромышев. Извлечение ионогенных поверхностно-активных веществ из водных растворов методом сорбционной микрофлотации. Экспериментально доказана эффективность использования сорбционной микрофлотации для извлечения ионогенных поверхностно-активных веществ из водных растворов с использованием в качестве сорбентов калий-марганца гексацианоферита (II), гидроксидов ферума (III) и алюминия.

Е.А. Khromysheva, V.A. Khromyshev. The isolation of ionogenic surfactants from aqueous solutions by means of sorption microflotation. Efficiency of utilizing sorption microflotation for isolation of ionogenic surfactants from aqueous solutions by means of potassium-manganese hexacyanoferrate (II), iron (III) hydroxide and aluminium hydroxide sorbates is proved experimentally.

Наибольшее распространение в практике извлечения ионогенных поверхностно-активных веществ (ПАВ) из водных растворов и сточных вод получило пенное фракционирование [1]. Однако, этот метод не позволяет достичь высокой степени концентрирования ПАВ из-за большого уноса жидкой фазы. Исследования показали, что эффективность процесса флотационного извлечения ионогенных ПАВ может быть повышена путем перехода от пенного фракционирования к сорбционной микрофлотации [2, 3].

Объектами исследования служили растворы катионных (ГИПХ-3а, цетазол и пеназолин) и анионных (додецилсульфат натрия (ДДСН) и сульфонол НП-3) ПАВ при концентрациях ниже их критической концентрации мицеллообразования (ККМ): для катионных ПАВ — 50, для анионных — 100 мг/дм³. В качестве сорбентов использовались гексацианоферрат (II) калия-марганца, полученный непосредственно в растворе путем взаимодействия сульфата марганца с гексацианоферратом (II) калия, относящийся к числу искусственных тонкодисперсных сорбентов, с кристаллической структурой и размером частиц 0,01...0,1 мкм; гидроксид железа (III), полученный гидролизом хлорида железа (III) (метод Крекке) [4]; гидроксид алюминия, полученный пептизацией, для чего к 1 %-ному раствору хлорида алюминия добавляли водный раствор аммиака [4].

Флотационную обработку растворов ПАВ осуществляли на пневматической установке, основным элементом которой являлась стеклянная термостатируемая колонна высотой 0,140 м, диаметром 0,045 м. Дном колонны и диспергатором воздуха служила стеклянная пористая пластинка. Объем раствора, заливаемого в колонну, равнялся $3 \cdot 10^{-2}$ дм³.

Об эффективности процесса микрофлотации ПАВ судили по степени извлечения их из раствора α .

$$\alpha = \frac{c_p^0 - c_p}{c_p^0} 100\%,$$

и степени перехода раствора в пену β

$$\beta = \frac{v_p^0 - v_p}{v_p^0} 100\%,$$

где c_p^0 и c_p — концентрации ПАВ в растворе соответственно до и после микрофлотации;

v_p^0 и v_p — объем раствора в колонке соответственно до и после микрофлотации.

Введение добавок сорбента гексацианоферрата (II) марганца-калия ($K_2Mn[Fe(CN)_6]$) в растворы ГИПХ-3а, цетазола (рис.1, кривые 1, 2) и пеназолина (рис. 2, кривая 1) не только заметно (на 10 %) повышает степень их извлечения α из раствора, но и резко (на 40 %) сокращает объем раствора, переходящего в пенную фракцию (рисунок 1, кривые 3, 4). Это обусловлено тем, что введение в растворы ПАВ сорбента существенно увеличивает скорость синерезиса пены $\tau_{1/2}$ (см. рисунки 1, б и 2, б) и тем самым создает необходимые условия для перехода пенной микрофлотации в пеночную, которая более эффективна [5, 6]. Продолжительность микрофлотации при этом 5 мин, рН раствора 5,5.

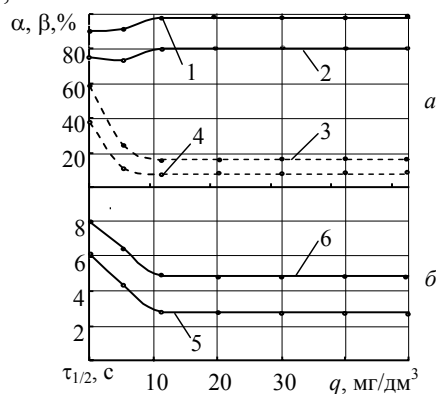


Рис. 1. Влияние добавок q гексацианоферрата (II) калия-марганца на: а — степень микрофлотационного извлечения α ГИПХ-3а (1), цетазола (2) и степень перехода раствора β ГИПХ-3а (3), цетазола (4) в пену; б — скорость синерезиса пены $\tau_{1/2}$ ГИПХ-3а (5), цетазола (6)

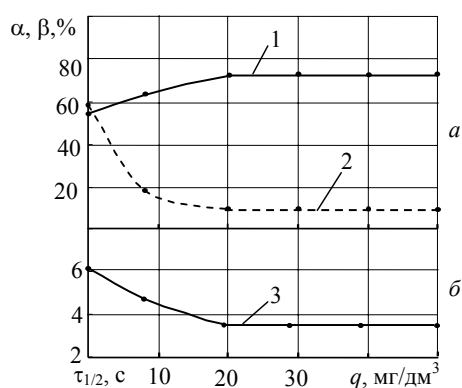


Рис. 2. Влияние добавок q гексацианоферрата (II) калия-марганца на: а — степень микрофлотационного извлечения α пеназолина (1) и степень перехода раствора β пеназолина в пену (2); б — скорость синерезиса $\tau_{1/2}$ пены пеназолина (3)

Для повышения эффективности процесса микрофлотационного извлечения ДДСН и сульфанола НП-3 в растворы анионных ПАВ вводили гидроксиды железа (III) и алюминия, традиционно применяемые при очистке сточных вод методом коагуляции. Использование добавок сорбентов уже при 10 мг/дм^3 позволяет достичь наибольшего концентрирования ПАВ в пене — до 85...98 % при извлечении ДДСН (рис. 3, кривые 1, 2) и до 78...83 % при извлечении сульфанола НП-3 (рисунок 3, кривые 3, 4). Кроме того, существенно сокращается объем раствора, переходящего в пенную фракцию, в 1,5...2 раза по сравнению с безреагентной микрофлотацией. Использование сорбентов позволяет значительно увеличить скорость микрофлотации. Действительно, согласно нашим исследованиям, кинетика микрофлотационного извлечения ПАВ как в отсутствие, так и в присутствии сорбентов описывается уравнением, аналогичным уравнению реакции первого порядка

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

где K — константа скорости, мин^{-1} ;

a — максимальная концентрация веществ в пене, %.

Продолжительность микрофлотации при этом 20 мин.

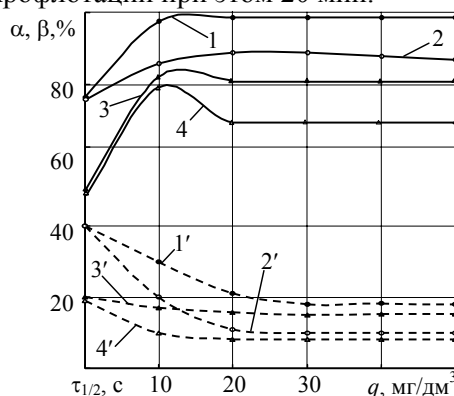


Рис. 3. Влияние добавок $q \text{ Fe(OH)}_3$ (1, 1', 3, 3') и Al(OH)_3 (2, 2', 4, 4') на степень микрофлотационного извлечения α додецилсульфата натрия (1, 2), сульфанола НП-3 (3, 4) и степень перехода раствора β додецилсульфата натрия (1', 2'), сульфанола НП-3 (3', 4') в пену

При введении сорбента скорость микрофлотационного извлечения ДДСН и сульфанола НП-3 повышается в 1,5...2 раза по сравнению с безреагентной микрофлотацией (см. таблицу). Так, например, константа скорости процесса микрофлотационного извлечения ДДСН в присутствии Fe(OH)_3 составляет $2,25 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$, Al(OH)_3 — $2,20 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$, а константа скорости процесса микрофлотационного извлечения сульфанола НП-3 в присутствии Fe(OH)_3 равняется $1,95 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$ и Al(OH)_3 — $1,70 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$. Константы скорости извлечения катионных ПАВ при введении в их растворы $\text{K}_2\text{Mn}[\text{Fe(CN)}_6]$ равняются для ГИПХ-3а — $5,90 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$, цетазола — $5,40 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$ и пеназолина — $3,20 \cdot 10^{-1} \text{ мин}^{-1}$.

Значения констант скорости процесса микрофлотационного извлечения ионогенных ПАВ

ПАВ	ГИПХ-3а	Цетазол	Пеназолин	ДДСН	Сульфанола НП-3
Константы скорости $K \cdot 10, \text{мин}^{-1}$	4,70	4,10	1,70	1,25	1,17

Результаты ранее полученных исследований показали, что применение гексацианоферрата (II) калия-марганца при извлечении катионных ПАВ и гидроксидов железа (III) и алюминия при извлечении анионных ПАВ сопровождается уменьшением свободной энергии Гиббса адсорбции $\Delta G_{\text{адс}}^0$ по сравнению с газообразными сорбентами, что свидетельствует о высокой эффективности применяемых сорбентов [7, 8].

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что применение гексацианоферрата (II) калия-марганца, гидроксидов железа (III) и алюминия значительно повышают степень извлечения исследуемых ПАВ из водных растворов и снижают степень перехода раствора ПАВ в пену. Введение сорбентов в растворы ПАВ позволяет сократить продолжительность микрофлотации, что значительно интенсифицирует процесс извлечения ионогенных ПАВ. Таким образом, проведенные исследования позволяют рекомендовать предложенные сорбенты для очистки сточных вод промышленных предприятий от ионогенных ПАВ.

Литература

1. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении / [А.М. Когановский, Н.А. Клименко, Т.М. Левченко и др.] — М.: Химия, 1983. — 286 с.
2. Стрельцова, Е.А. Флотационное выделение катионных ПАВ / Е.А. Стрельцова, Е.А. Хромьшева // Химия и технология воды. — 2000. — Т. 22, № 3. — С. 259 — 267.
3. Стрельцова, Е.А. Закономерности пенного фракционирования некоторых технических ПАВ / Е.А. Стрельцова, Е.А. Хромьшева // Вісн. Одес. націон. ун-ту. Серія "Хімія". — 2001. — Т. 6, вип. 5. — С. 123 — 127.
4. Практикум по коллоидной химии: Учеб. пособие для хим.-технол. спец. вузов / [Баранова В.И., Бибик Е.Е., Кожевникова Н.М. и др.]; под ред. Лаврова И.С. — М.: Высш. школа. — 1983. — 216 с.
5. Свиридов, В.В. Физико-химические основы процессов микрофлотации / В.В. Свиридов, А.В. Свиридов, А.Ф. Никифоров. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГЛТУ: ГОУ ВПО УГТУ — УПИ, 2006. — 578 с.
6. Стрельцова, О.О. Фізико-хімічні основи процесу флотаційного виділення іоногенних поверхнево-активних речовин із водних розчинів та стічних вод / О.О. Стрельцова; Одес. держ. ун-т. — Одеса: Астропринт, 1997. — 140 с.
7. Streltsova, E.A. The Adsorption of anionic surfactants by Iron (III) and Aluminium Hydroxides / E.A. Streltsova, E.A. Hromisheva, A.F. Tymchuk // Adsorption Science and Technology. — 2002. — Vol. 20, № 8. — P. 757 — 765.
8. Influence of the Hydrocarbon Chain Length of Alkylammonium Chlorides of their Adsorption by Flotation Carriers / [E.A. Streltsova, L.D. Skrylev, A.F. Tymchuk, E.A. Hromisheva] // Adsorption Science and Technology. — 2000. — Vol. 18, № 10. — P. 865 — 872.

Рецензент д-р хим. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Эрайзер Л.Н.

Поступила в редакцию 22 октября 2008 г.