

ФЛОТАЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ РАЗЛИЧНОЙ ПРИРОДЫ ИЗ СМЕШАННЫХ РАСТВОРОВ, СОДЕРЖАЩИХ ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ РЕАГЕНТЫ

Е. А. Стрельцова¹, А. А. Мазурик^{1}, Е. А. Хромышева²*

¹Одесский национальный университет имени И.И. Мечникова, кафедра физической и коллоидной химии, г. Одесса, Украина, *e-mail: mazuryk_alina@ukr.net

²Мелитопольский государственный педагогический университет имени Богдана Хмельницкого, г. Мелитополь, Украина

Поступила в редакцию 01.04.2018 г.

Установлена принципиальная возможность, целесообразность и высокая эффективность флотационного извлечения поверхностно-активных веществ (ПАВ) анионной (додецилсульфат натрия) и неионогенной (Твины) природы из их смешанных водных растворов в присутствии высокомолекулярных реагентов (поливиниловый спирт и полиакриламид). Показано, что в присутствии поливинилового спирта Твины целесообразно извлекать из водных растворов во всем интервале значений рН среды, а додецилсульфат натрия – в сильноокислой и сильнощелочной средах. Определены оптимальные значения соотношения компонентов растворов, а также необходимого количества полиакриламида с точки зрения максимального флотофлокуляционного извлечения исследованных ПАВ. Показана возможность избирательного увеличения скорости процесса флотационного извлечения додецилсульфата натрия и Твинов в зависимости от природы добавленных реагентов и природы ПАВ.

Ключевые слова: поверхностно-активные вещества, флотация, Твины, додецилсульфат натрия, высокомолекулярные реагенты.

ВВЕДЕНИЕ

Среди многочисленных загрязнителей воды, используемой в промышленности и в быту, особое место занимают поверхностно-активные вещества (ПАВ). Повышенное содержание ПАВ приводит к значительному ухудшению органолептических свойств и санитарно-химических показателей качества воды. Неблагоприятно влияют ПАВ и на процессы самоочищения водоемов, образуя на их поверхности устойчивую пену, а также усиливают токсикологическую активность других, одновременно присутствующих в воде, загрязняющих веществ. Аккумулируясь в объектах окружающей среды, ПАВ оказывают пагубное действие на животных и обитателей водоемов, вызывая необратимые патологические процессы в их организме [1-3].

Вследствие возрастающей тенденции использования смешанных систем ПАВ/ПАВ и ПАВ/высокомолекулярное соединение во многих

производственных процессах (для обеспечения стабильности, реологических и других специфических эксплуатационных свойств композиционных продуктов) возникают трудности в процессе очистки воды от ПАВ [4-6]. Каждый из компонентов смеси при взаимодействии с водой и донными отложениями проявляет индивидуальные свойства, а при концентрациях, близких к пороговым, происходит суммирование токсического действия веществ, что значительно ухудшает состояние водных объектов [7].

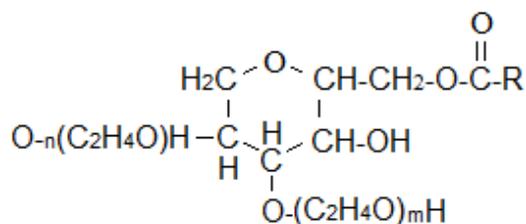
Исходя из вышесказанного, неудивительно, что содержание ПАВ регламентируется как в водных источниках питьевого и хозяйственного водопользования, так и в сточных водах, поступающих на биологическую очистку. Предельно допустимая концентрация (ПДК) многих широко используемых ПАВ в воде централизованных систем питьевого водоснабжения находится в пределах 0,05-0,5 мг/дм³ [8]. Учитывая недостаточное, а иногда и практически полностью отсутствующее биологическое разложение ПАВ, для достижения концентрации последних, близкой к ПДК, применяются различные методы очистки промышленных сточных вод. Обеспечение необходимой глубины очистки воды от ПАВ – сложная задача, которая решается соответствующим способом в каждом конкретном случае. Одним из наиболее эффективных и экономически целесообразных способов очистки воды на практике оказывается метод флотации [9, 10].

Ранее нами было показано, что, используя различные виды флотации, например, пенное фракционирование, флотоэкстракцию, осадительную, сорбционную и флокуляционную флотацию, можно достичь глубокой очистки промышленных сточных вод машиностроительных, маслоэкстракционных и других предприятий от ПАВ, увеличив при этом скорость процесса и значительно снизив количество флоташлама [11-13]. В продолжение наших предыдущих работ, в связи с широким практическим применением смешанных систем ПАВ/высокомолекулярное соединение, важным представляется исследование процесса флотационного извлечения подобных смесей из водных растворов и сточных вод.

Цель данной работы – изучение закономерностей извлечения ПАВ анионного (додецилсульфат натрия) и неионогенного типа (Твины) из их смешанных водных растворов в присутствии реагентов (поливинилового спирта и полиакриламида) флотационным методом, и разработка на основе полученных данных эффективных способов очистки техногенных растворов и сточных вод, содержащих ПАВ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве ПАВ использовали анионное поверхностно-активное вещество (АПАВ) – додецилсульфат натрия (ДДСН) $[C_{12}H_{25}OSO_3]Na$, в качестве неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) – Твины (Tween): Твин-40, Твин-80, имеющие следующее строение:



и содержащие в своем составе суммарно по 20 оксиэтильных группировок $(m + n)$ с длиной углеводородного радикала $R = C_{15}H_{31}$ и $C_{17}H_{33}$, соответственно.

Бинарные растворы ДДСН и Твина получали смешиванием индивидуальных растворов ПАВ, которые готовили из препаратов фирмы «Acros Organic» марки «ч. д. а.» без дополнительной очистки на дистиллированной воде с последующим их разбавлением. Величину pH растворов ПАВ контролировали с помощью универсального иономера АНИОН 4101 со стеклянным электродом и изменяли прибавлением растворов HCl и NaOH с концентрацией 0,1 М. Мольная доля (n) Твинов в бинарных растворах составляла 0,2; 0,5 и 0,8.

В качестве высокомолекулярных реагентов (ВМР) использовали неионогенное соединение – поливиниловый спирт (ПВС) и флокулянт катионного типа – полиакриламид (ПАА), которые добавляли в виде 0,15 - 1% водного раствора в количестве 0,5-2,0 см³ на 25-50 см³ смешанного раствора ПАВ.

Флотационную обработку смешанных растворов анионного ПАВ (ДДСН) с неионогенными (Твины) ПАВ ($C_0 = 50$ мг/дм³) в присутствии реагентов (ПВС и ПАА), осуществляли на лабораторной пневматической установке, основным элементом которой была стеклянная колонка [14]. Дном колонки и одновременно диспергатором воздуха служила пористая стеклянная пластинка. В качестве газовой фазы использовали воздух, который подавали в колонку снизу через пористую перегородку под определенным давлением, измеряемым манометром, со скоростью $(3,3 - 8,3) \cdot 10^{-7}$ м³/с, контролируемой с помощью ротаметра.

Объем раствора ПАВ, заливаемого в колонку, равнялся 50 см³. При коэффициенте надежности 0,95 погрешность результатов измерения степени флотационного извлечения ПАВ не превышала 3-5%.

Для определения остаточной концентрации ДДСН и Твинов в отработанном смешанном растворе пробу, содержащую два разных вида ПАВ, разделяли при помощи экстракции с добавлением гексана, далее анализ каждого ПАВ проводили фотоколориметрическим методом по соответствующим стандартным методикам [15, 16].

Эффективность проведения процесса флотации оценивали по степени извлечения ПАВ из водных растворов (α , %) и степени перехода раствора ПАВ (β , %) в пенную фракцию

$$\alpha = [(C_0 - C) / C_0] \cdot 100, \quad (1)$$

$$\beta = [(V_0 - V) / V_0] \cdot 100, \quad (2)$$

где C_0 , C и V_0 , V – концентрация ПАВ в растворе и объем раствора, соответственно, до (C_0 , V_0) и после (C , V) флотационной обработки.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Среди факторов, влияющих на флотационное извлечение ПАВ, особое значение имеет концентрация ионов водорода (рН), поскольку технологические водные растворы и сточные воды разных предприятий, содержащие ПАВ, имеют различные значения рН. Выяснить характер этого влияния является достаточно сложной задачей. Распространено мнение, что флотация ПАВ, находящихся в растворе, в молекулярном или электронейтральном состоянии, протекает лучше, чем флотация ПАВ, находящихся в растворе в ионной форме [17, 18], хотя это и не всегда так.

Экспериментальные зависимости влияния кислотности среды (значения рН растворов изменяли в диапазоне от 2 до 12) на процесс флотационного извлечения Твина-40, Твина-80 и ДДСН из смешанных эквимольных растворов в присутствии ПВС, показали, что НПАВ, в данном случае Твин-40, Твин-80, не являются чувствительными к изменению кислотности среды (рис. 1, кривые 1). Их поверхностная активность с изменением значения рН раствора меняется незначительно. Степень флотационного извлечения Твинов из смешанных растворов с ДДСН в присутствии ПВС достигает 98-99% (это на ~5-7% выше, чем в отсутствии ПВС) и высока во всем интервале значений рН среды.

Характер изменения степени флотационного извлечения ДДСН в присутствии ПВС аналогичен характеру изменения его степени извлечения из индивидуальных и смешанных водных растворов с Твинами в зависимости от значений рН среды. Максимум флотационного извлечения ДДСН (как соль сильного основания и сильной кислоты он практически не гидролизует) из смешанных водных растворов с Твинами в присутствии ПВС наблюдается в сильноокислой ($C_{12}H_{25}OSO_3H$) и сильнощелочной ($C_{12}H_{25}OSO_3^-$) средах, совпадая с областью наибольшей поверхностной активности АПАВ. Последнее обусловлено тем, что адсорбция коллоидных частиц на поверхности пузырьков воздуха носит обычно необратимый характер (вследствие поверхностной или ламинарной коагуляции коллоидных частиц), а адсорбция частиц молекулярной степени дисперсности протекает, как правило, обратимо. Минимум флотационного извлечения для ДДСН наблюдается в интервале значений рН среды 6 – 8 (рис. 1, кривые 2).

В этих условиях уменьшается и время, необходимое для их извлечения, а образующаяся пена содержит небольшое количество жидкости.

В случае смеси Твин-80/ДДСН, добавление ПВС приводит к некоторому уменьшению (на 2–5%) степени перехода раствора в пенную фракцию при смещении значений рН среды в щелочную область (рис. 1б, кривые 3), а для смеси Твин-40 – ДДСН подобного явления не наблюдается.

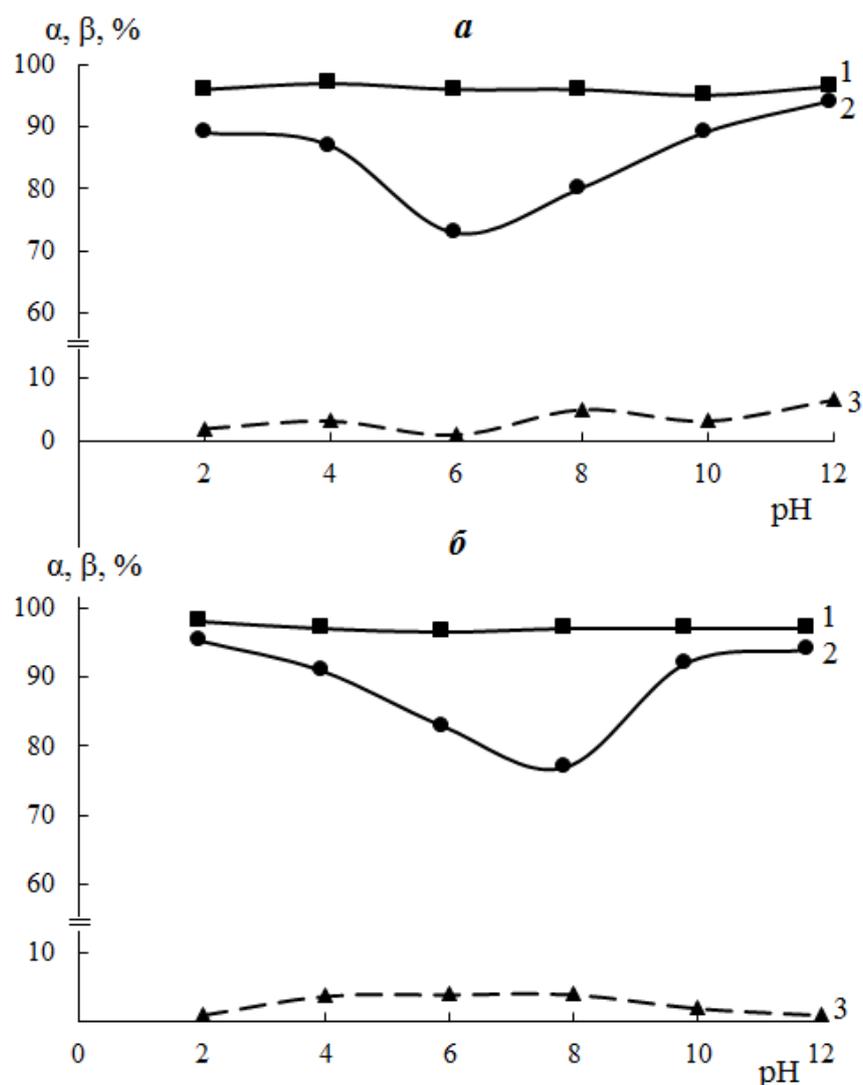


Рис. 1. Влияние pH среды на степень (α) флотационного извлечения: Твина (1), ДДСН (2) из их смешанных эквимольных растворов, содержащих ПВС, и степень перехода раствора (β) в пену (3) (а – смесь Твин-40 – ДДСН, б – смесь Твин-80 – ДДСН).

Наиболее вероятный механизм взаимодействия между ДДСН и Твинами состоит в ассоциации НПАВ противоионов АПАВ – ионов натрия. Оксиэтиленовые цепочки НПАВ являются аналогами макроциклических полиэфиров, но в отличие от них имеют незамкнутую линейную структуру, и способны связывать в растворе различные катионы. «Оборачивая» катионы натрия, Твины превращаются в «ассоциированные катионные ПАВ», которые способны к электростатическому взаимодействию с АПАВ, в данном случае с додецилсульфат-анионом. Известно [19], что минимальная длина оксиэтиленовой цепочки, необходимая для оборачивания, например, иона Na^+ , равняется 5-6 звеньям. И поэтому каждая молекула Твина может взаимодействовать не с одной, а с двумя молекулами (ионами) ДДСН, так как суммарная длина двух оксиэтиленовых цепочек Твина равна 20 звеньям.

Данное взаимодействие сводится к образованию водородной связи между полярными группами, гидрофобному взаимодействию за счет неполярных

фрагментов ПАВ и образованию поверхностно-активных в сравнении с индивидуальными ПАВ «комплексов» $[\text{Me}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_n]^+$ и $[\text{Me}(\text{C}_2\text{H}_4\text{O})_m]^+$ (при условии, что $n + m = 20$). Константы устойчивости «комплексов» [ион металла – полиоксиэтиленовая цепочка] обычно невелики, но возрастают при образовании смешанных мицелл и смешанных адсорбционных слоев за счет кооперативной ассоциации гидрофобного и электростатического взаимодействия между полярными группами ПАВ.

Этот факт подтвержден рассчитанными данными энергетических характеристик – параметров межмолекулярного взаимодействия Твинов с ДДСН в смешанных мицеллах и адсорбционных слоях на границе раздела фаз раствор – воздух [20].

Введение в растворы небольшого количества ПВС, когда он является реагентом – добавкой, а не флокулянт, приводит к незначительным структурным изменениям образующихся ассоциатов, которые, в свою очередь, приводят к незначительным изменениям их коллоидно-химических свойств. Следовательно, это существенным образом не влияет и на степень извлечения Твинов и ДДСН из их смешанных растворов (хотя степень извлечения несколько увеличивается, достигая 98 – 99%).

При добавлении ПВС в смешанные растворы НПАВ с небольшим содержанием АПАВ, эффективность извлечения Твина-40 возрастает (α увеличивается на 8%), а для Твина-80 – остается прежней (рис. 2, кривые 1). Дальнейшее изменение состава смешанного раствора в сторону увеличения содержания ДДСН приводит к незначительному ухудшению эффективности процесса флотационной обработки раствора: степень извлечения Твинов снижается на ~3-5%. Степень перехода раствора в пену остается практически неизменной при всех мольных соотношениях компонентов раствора. В отсутствие же ПВС картина несколько иная.

НПАВ (Твин-40, Твин-80) в большей степени способствуют извлечению ДДСН из их смешанных растворов, содержащих ПВС. Степень флотационного извлечения ДДСН даже при соотношениях ПАВ – n (Твин) : n (ДДСН) = 0,2 : 0,8 увеличивается на 10-20%, а при n (Твин) : n (ДДСН) = 0,5 : 0,5 достигает максимума (~96%). Однако в пенную фракцию полнее переходят Твины, обладающие большей поверхностной активностью.

О полной совместимости компонентов при всех мольных соотношениях ПАВ в растворе свидетельствует характер зависимости степени флотационного извлечения ПАВ от состава смешанных растворов Твин-40 – ДДСН, Твин-80 – ДДСН в присутствии ПВС (рис. 2, кривые 1, 2). Учитывая тот факт, что в диапазоне мольных соотношений исследуемых ПАВ – n (Твин) : n (ДДСН) – 0,2 : 0,8; и 0,5 : 0,5 степень их флотационного извлечения из смешанных растворов, содержащих ПВС, мало изменяется (α увеличивается на ~4-7%), можно утверждать, что в таких растворах образуются смешанные агрегаты (мицеллы) постоянного состава, возможно отличающиеся от состава раствора [21]. Исключение составляют смеси с большим содержанием НПАВ в растворе (n Твина = 0,8).

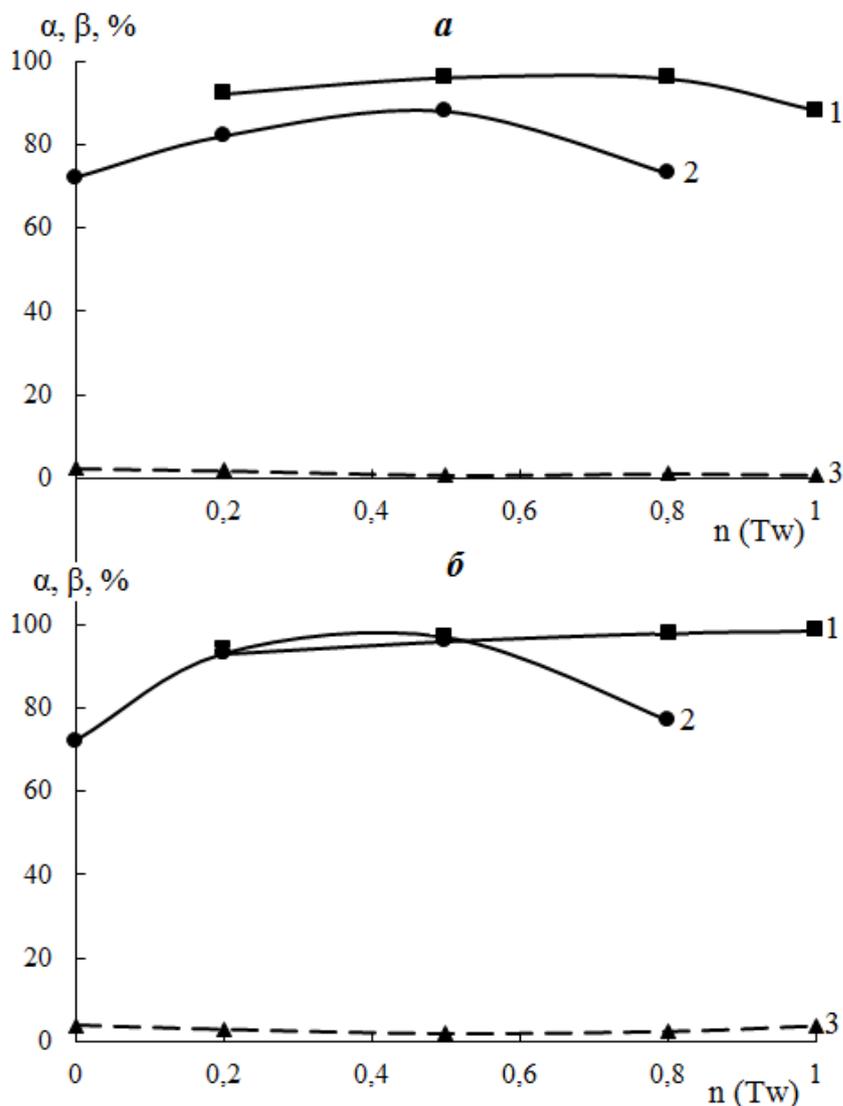


Рис. 2. Влияние состава смешанного раствора Твин – ДДСН, содержащего ПВС на: степень (α) флотационного извлечения Твина (1), ДДСН (2); степень перехода раствора (β) в пену (3) (а – смесь Твин-40 – ДДСН, б – смесь Твин-80 – ДДСН).

Возможность повышения эффективности флотационного извлечения Твинов и ДДСН из смешанных эквимольных растворов была показана при изучении влияния добавок флокулянта (катионная форма ПАА) и проведение процесса в режиме флотофлокуляции, который сводится к предварительному связыванию ПАВ частицами флокулянта путем адсорбции и последующей флотации образованных флокулов.

При введении ПАА в эквимольные смешанные растворы Твин – ДДСН степень извлечения НПАВ незначительно меняется, а ДДСН – возрастает на 5% (рис. 3, кривые 1, 2, соответственно). Однако на объем раствора, переходящего в пенную фракцию, присутствие ПАА оказывает существенное влияние (рис. 3, кривая 3). Так, при добавлении ПАА в количестве 4 - 16 мг на 1 мг ПАВ степень перехода раствора в пену увеличивается. Оптимальное количество ПАА, необходимое для максимального флотационного извлечения Твина-40, Твина-80 и ДДСН, составляет 8 мг на 1 мг ПАВ.

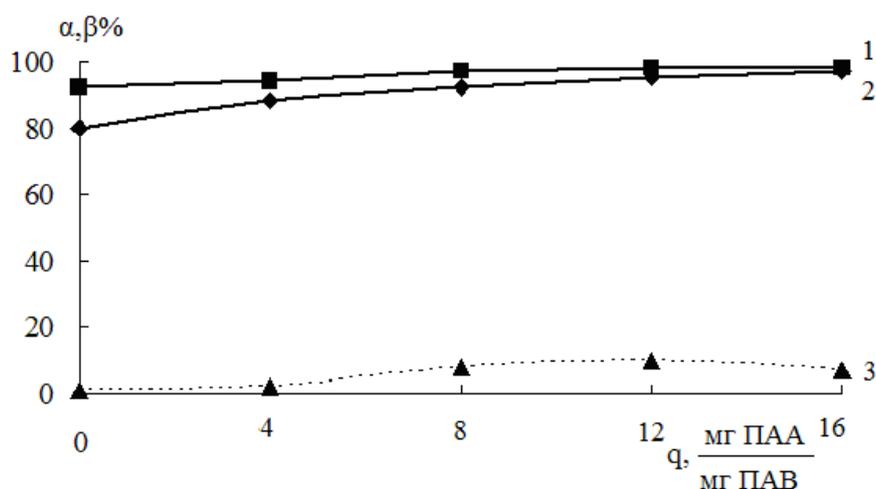


Рис. 3. Влияние расхода (q) ПАА на степень (α) флотационного извлечения Твина-80 (1) и ДДСН (2) из их эквимольных смешанных растворов и степень перехода раствора (β) в пену (3).

Кинетика процесса флотации исследуемых ПАВ, как в присутствии, так и в отсутствии ВМР [22] описывается уравнением, аналогичным уравнению химической реакции I порядка:

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

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

Время флотационной обработки смешанных водных растворов Твинов (Твин-40, Твин-80) и ДДСН, необходимое для максимально возможного их извлечения, в присутствии ВМР (ПВС и ПАА) составляет ~5-7 мин. Длительность процесса флотации растворов Твин – ДДСН разного состава не превышает 15 мин.

Значения констант скорости процесса извлечения Твина-40, Твина-80 и ДДСН из смешанных водных растворов, содержащих ПВС и ПАА, зависят от природы ПАВ и типа ВМР (табл. 1). Так, при добавлении неионогенного соединения – ПВС в растворы ПАВ, константы скорости (K) извлечения ДДСН и Твина-40 возрастают в 2,5 и 1,5 раза, соответственно, а в случае Твина-80 – K практически не изменяется. Присутствие флокулянта катионного типа – ПАА в смешанных растворах исследуемых ПАВ наоборот приводит к существенному увеличению скорости процесса флотации Твинов – константа скорости их извлечения возрастает в 1,9 раз, а для ДДСН – увеличение константы незначительно.

Таблица 1. Значения констант скорости процесса флотационного извлечения ДДСН и Твинов из их смешанных эквимольных водных растворов, содержащих ПВС и ПАА

Тип смеси	ПАВ	$K \cdot 10^1, \text{мин}^{-1}$
Смесь ДДСН – Твин-40	ДДСН	5
	Твин-40	7,5
Смесь ДДСН – Твин-40 + ПВС	ДДСН	12,1
	Твин-40	11,5
Смесь ДДСН – Твин-40 + ПАА	ДДСН	6,6
	Твин-40	14
Смесь ДДСН – Твин-80	ДДСН	5
	Твин-80	7,1
Смесь ДДСН – Твин-80 + ПВС	ДДСН	12,4
	Твин-80	7,4
Смесь ДДСН – Твин-80 + ПАА	ДДСН	5,4
	Твин-80	13,1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, установлены физико-химические закономерности извлечения АПАВ – ДДСН и НПАВ – Твинов (Твин-40, Твин-80) из их смешанных водных растворов, содержащих высокомолекулярные реагенты (ПВС и ПАА), методом флотации. Установлено, что в присутствии ПВС Твины не чувствительны к изменению рН среды: степень их флотационного извлечения остается постоянной во всем диапазоне рН раствора. ДДСН лучше извлекается из кислой (85%) и щелочной (95%) сред. Показано, что для оптимального извлечения Твинов из смешанных водных растворов с ДДСН, содержащих ПВС, подходят все исследованные соотношения компонентов, а для ДДСН рекомендуются следующие: Твин : ДДСН : ПВС = 0,5 : 0,5 : 1; 0,2 : 0,8 : 1. Оптимальное количество ПАА, необходимое для максимального флотационного извлечения Твинов и ДДСН из смешанных растворов, составляет 8 мг на 1 мг ПАВ. Показана возможность избирательного увеличения скорости процесса флотационного извлечения ДДСН и Твинов в зависимости от природы добавленных ВМР и природы ПАВ. Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что ПВС и ПАА создают необходимые условия для эффективного флотационного извлечения анионного (ДДСН) и неионогенных (Твины) поверхностно-активных веществ из их смешанных водных растворов и сточных вод промышленных предприятий.

Список литературы

1. *Остроумов С.А.* Биологические эффекты при воздействии поверхностно-активных веществ на организмы. М.: МАКС-Пресс, 2001.
2. *Купман Н.Б.* // Гигиена и санитария. 1974. № 4. С. 79.
3. *Tanaka Y.* // Chemosphere. 2003. V. 53, No. 4. P. 423.
4. *Холмберг К., Йенссон Б., Кронберг Б., Линдман Б.* Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.
5. *Jardak K., Drogué P., Daghrir R.* // J. Environ. Sci. and Pollution Res. 2016. V. 23. No. 4. P. 3197.
6. *Алексеев Е.В.* // Безопасность жизнедеятельности. 2006. № 11. С. 18.
7. *Волков В.А., Смирнова В.А., Миташова Н.И., Агеев А.А.* // Евразийский союз ученых. 2014. № 8-5. С. 39.
8. *Питьевая вода.* Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. СанПиН 2.1.4.1074-01 от 26.09.2001 г. (ред. от 28.06.2010 г.).
9. *Ксенофонтов Б.С., Москалев С.В.* // Инженерная защита окружающей среды. 2001. № 1. С. 118.
10. *Колесников В.А., Капустин Ю.И., Малючева О.И., Гречина М.С.* // Химическая промышленность сегодня. 2005. № 12. С. 53.
11. *Стрельцова Е.А., Хромышева Е.А., Тымчук А.Ф.* // Изв. ВУЗов. Сер. Химия и хим. технология. 2007. Т. 50. № 1. С. 34.
12. *Хромышева Е.А., Хромышев В.А.* // Труды Одесского политех. ун-та. 2008. № 2. С. 248.
13. *Стрельцова Е.А., Хромышева Е.А.* // Вестник ОНУ. Химия. 2004. Т. 9. № 2-3. С. 85.
14. *Стрельцова Е.А., Хромышева Е.А.* // Вопросы химии и химической технологии. 2000. № 1. С. 234.
15. *Лурье Ю.Ю.* Унифицированные методы анализа вод. М.: Химия, 1973.
16. *Штыков С.Н., Сумина Е.Г., Чернова Р.К., Лемешкина Н.В.* // Журн. аналит. химии. 1985. Т. 11. № 5. С. 909.
17. *Пушкарев В.В., Трофимов Д.И.* Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ. М.: Химия, 1975.
18. *Свиридов В.В.* Дис. ... канд.хим.наук. Одесса: Одес. гос. ун-т им. И.И. Мечникова, 1974.
19. *Плетнев М.Ю.* // Коллоидн. журн. 1987. Т. 49. № 2. С. 185.
20. *Стрельцова Е.А., Волювач О.В., Пузырева И.В., Герасимчук Е.В.* // Тез. докл. IV междунар. конф. «Современные проблемы физической химии – 2009». Донецк, 2009. С. 160.
21. *Стрельцова Е.А., Мунтян О.Г., Волювач О.В.* // Укр. хим. журн. 2002. Т. 68. № 4. С. 92.
22. *Мазурик А.А., Стрельцова Е.А., Менчук В.В.* // Вестник ОНУ. Химия. 2017. Т. 22. Вып. 3(63). С. 37.

FLOTATION EXTRACTION OF SURFACTANTS OF DIFFERENT NATURE FROM MIXED SOLUTIONS CONTAINING HIGH-MOLECULAR REAGENTS

E. A. Strel'tsova¹, A. A. Mazuryk^{1}, and E. A. Khromysheva²*

¹Odessa Mechnikov National University, Department of Physical and Colloid Chemistry, Odessa, Ukraine, *e-mail: mazuryk_alina@ukr.net

²Bogdan Khmelnytsky Melitopol State Pedagogical University, Melitopol', Ukraine

Received April 1, 2018

Abstract – Flotation extraction studies of anionic (sodium dodecyl sulphate) and non-ionic (Tweens) surfactants from their mixed aqueous solutions in the presence of high-molecular reagents (polyvinyl alcohol and polyacrylamide) revealed possibility, feasibility, and high efficiency of the procedure applied. It was found that in the presence of polyvinyl alcohol, Tweens could be extracted from aqueous solutions throughout the whole range of pH values, while sodium dodecyl sulphate could be extracted only in highly acidic and highly alkaline media. Optimal extraction of Tweens could be carried out for all the investigated ratios of the components of the mixture, whereas for sodium dodecyl sulphate the following ratios could be recommended - Tween: sodium dodecyl sulphate: polyvinyl alcohol = 0.5: 0.5: 1; 0.2: 0.8: 1. The optimum amount of polyacrylamide required for maximum flotoflocculation of Tweens and sodium dodecyl sulphate from mixed solutions accounted for 8 mg per 1 mg of surfactant. A possibility for selective increase in the rate of flotation extraction of sodium dodecyl sulphate and Tweens was demonstrated, which depended on both the nature of the added reagents and surfactant nature.

Keywords: surfactants, flotation, Tweens, sodium dodecyl sulphate, high-molecular reagents.