

УДК 373.54+543.06+621.35+669.73

Е.Н. ЕВСТИФЕЕВ, Т.Н. САВУСКАН, А.А. НЕСТЕРОВ

ПРИМЕНЕНИЕ КРАСИТЕЛЕЙ ТРИМЕТИНЦИАНИНОВОГО РЯДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АНИОННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ

Приведены результаты экстракционно-фотометрического метода определения анионных синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ) с помощью некоторых красителей триметинцианинового ряда. При оптимальных условиях анализа на содержание анионных синтетических поверхностно-активных веществ (АСПАВ) предложенные реагенты позволяют по сравнению со стандартной методикой увеличить селективность и уменьшить токсичность метода.

Ключевые слова: анионные синтетические поверхностно-активные вещества, красители, экстрагирование, фотометрирование, оптическая плотность, спектры поглощения, ионные ассоциаты.

Введение. Детергенты или синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ) представляют собой обширную группу соединений, относящихся к разным химическим классам. В зависимости от структуры и природы гидрофильной части молекул СПАВ они делятся на анионоактивные, катионоактивные, неионогенные и аморфные. Наибольшее использование в промышленности и быту нашли анионные синтетические поверхностно-активные вещества. Они необходимы для изготовления моющих и чистящих средств. В качестве эмульгаторов они также применяются в сельском хозяйстве [1].

АСПАВ из-за своей способности проникать через почвенный слой земли легко попадают в водоемы с бытовыми, промышленными и сельскохозяйственными стоками и являются одним из основных компонентов, загрязняющих гидросферу. Они переводят в мелкодисперсное состояние жидкие и твердые загрязняющие вещества, нефтепродукты, масла, пестициды, хлорорганические соединения, вызывая тем самым их широкое распространение [2].

Все это делает необходимым определение содержания АСПАВ в природных и сточных водах. Анализ на ПАВ является одним из самых приоритетных показателей при оценке качества воды.

Для количественного определения содержания АСПАВ в природных и сточных водах преимущественно используют экстракционно-фотометрический метод, основанный на образовании ионного ассоциата поверхностно-активного аниона ПАВ с катионом основных красителей (реагентов) с последующей экстракцией органическими растворителями окрашенных ассоциатов из водного раствора и их фотометрированием [3]. Стандартным является метод, использующий в качестве реагента метиленовый синий (МС), который образует с АСПАВ экстрагируемый хлороформом ассоциат, имеющий характерную синюю окраску [4]. Эта методика довольно трудоемка, продолжительна и малоселективна, так как некоторые органические компоненты (фенолы, мочевины) и неорганические ионы (SCN^- , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , S^{2-}) завышают результаты определения.

Сравнительно часто при экстракционно-фотометрическом определении АСПАВ в качестве реагента применяется азор А. Этот краситель образует с ПАВ интенсивно окрашенные соединения, и поэтому он особенно пригоден для определения незначительного количества детергента. Ассоциат азура А с АСПАВ экстрагируется хлороформом. Мешающее влияние оказывают такие ионы, как SCN^- , I^- , Cl^- , а ион S^{2-} – разрушает краситель.

Известны и другие реагенты для этого метода, например: метиловый фиолетовый, фуксин основной, кристаллический фиолетовый, янус зеленый, производные индолена и пирилия [5]. Не все методики с участием перечисленных реагентов технологичны, так как в некоторых из них экстрагентом является бензол, работа с которым опасна и вредна для здоровья человека. Многие из

них обладают либо малой чувствительностью, либо малой селективностью, сложностью и длительностью операций, и поэтому не могут успешно применяться для анализа качества воды.

Отсюда следует, что задача создания чувствительных, избирательных и экспрессных методов определения АСПАВ остается актуальной. Цель исследований – разработка быстрого и простого метода определения АСПАВ с использованием триметинцианиновых красителей.

Реактивы и методы исследования. Для разработки экстракционно-фотометрического метода определения анионных синтетических ПАВ в качестве экспериментальной модели использовали наиболее известный из них – лаурилсульфат натрия (ЛСNa). Стандартный раствор ЛСNa с концентрацией $3,5 \cdot 10^{-4}$ М готовили растворением точной навески в дистиллированной воде. Рабочий раствор, содержащий 1 мг ЛСNa в 1 мл, – разбавлением стандартного в 10 раз.

Растворы серной кислоты получали разбавлением концентрированной серной кислоты в дистиллированной воде.

Стандартные растворы реагентов триметинцианинового ряда:

бис-(7,8-бензохромилил-2)-триметинцианин перхлорат (R_1) с концентрацией $3,0 \cdot 10^{-5}$ М;

бис-(1-метилхинолил-2)-триметинцианин перхлорат (R_2) с концентрацией $3,5 \cdot 10^{-5}$ М;

бис-(1-метилхинолил-2)(1,3,3-триметилиндоленин-2)-триметинцианин перхлорат (R_3) с концентрацией $7,0 \cdot 10^{-5}$ М (готовили растворением точной навески в водно-ацетоновой смеси).

Для изучения влияния посторонних ионов были приготовлены водные растворы солей со следующими анионами и катионами: NO_3^- , Cl^- , F^- , SCN^- , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , NH_4^+ , Al^{3+} .

При разработке метода определения АСПАВ с реагентами R_1 , R_2 и R_3 для сравнения использовали стандартную методику с применением реагента МС, нейтральные и кислые растворы которого готовили по известной методике [6].

В ходе исследований использовали органические растворители: гексан, ацетон, толуол, бензол, четыреххлористый углерод, хлороформ марок «х.ч.»

Светопоглощение растворов относительно воды и толуола измеряли на фотоколориметре КФК-2 и «Spekol-10».

Результаты исследований и их обсуждение. Изучение состояния триметинцианиновых реагентов R_1 , R_2 и R_3 в растворе дает важную информацию о механизме реакций в системе. Для этого мы оценивали протолитические свойства реагентов R_1 - R_3 .

Реакционной формой красителей R_1 , R_2 и R_3 является однозарядный катион, стабильность которого существенно зависит от кислотности водной фазы. В щелочной среде происходит гидролиз реагентов R_1 и R_2 , а в R_3 он отсутствует, что обусловлено высокой основностью составляющего его гетероцикла.

Константы протонирования (pK_a) определяли по спектрам поглощения исследуемых реагентов при различных значениях кислотности водной фазы. Фотометрирование проводилось относительно воды. Значения pK_a для этих реагентов были рассчитаны спектрофотометрически с использованием функции кислотности Гаммета H_+ по уравнению:

$$pK_a = H_+ + \lg \frac{A_{\max} - A_i}{A_i - A_{\min}},$$

где $A_{\max}$ и $A_{\min}$ – соответственно максимальное и минимальное значения оптической плотности при определенной длине волны.

Значения констант протолитического равновесия для данных реагентов соответственно равны: $pK_a(R_1) = -0,47$; $pK_a(R_2) = 3,52$; $pK_a(R_3) = -1,23$.

Устойчивость их в кислых средах и сохранение реакционной формы в широком интервале кислотности позволили предположить, что триметинцианиновые реагенты могут быть перспективными для определения анионных поверхностно-активных веществ.

Для приготовления растворов реагентов R_1 , R_2 и R_3 использовали такие растворители, например, воду, спирт, водно-ацетоновую смесь. Наиболее устойчивыми являются растворы реагентов в 20%-й водно-ацетоновой смеси. Сняты спектры поглощения их водно-ацетоновых растворов следующих концентраций: $3,0 \cdot 10^{-5}$ М раствор R_1 , $3,5 \cdot 10^{-5}$ М раствор R_2 и $7,0 \cdot 10^{-5}$ М раствор R_3 . В качестве раствора сравнения использовали дистиллированную воду. Максимумы поглощения реагентов R_1 , R_2 и R_3 лежат при длинах волн 580, 600 и 730 нм соответственно.

Опытным путем установлено, что из всех использованных экстрагентов (гексан, хлороформ, толуол, четыреххлористый углерод) наиболее подходящим является толуол. Все дальнейшие исследования проводились с использованием толуола в качестве экстрагента.

Были сняты также спектры поглощения соединений ЛСNa с реагентами. Для этого готовили растворы следующим образом: в делительную воронку на 100 мл помещали 5 мл реагента, 5 мл ЛСNa, 5 мл 3 н серной кислоты и экстрагировали 5 мл толуола. Максимумы на кривых светопоглощения экстрактов лежат соответственно при длинах волн 590, 610 и 740 нм. Небольшой сдвиг полосы поглощения в длинноволновую область спектра соединений ЛСNa с R_1 , R_2 и R_3 относительно поглощения самих реагентов делает возможным предположения, что эти соединения – ионные ассоциаты. Дальнейшие исследования проводились при $\lambda=590, 610$ и 740 нм для первого, второго и третьего реагентов соответственно.

Известно, что на реакционную способность ионных ассоциатов влияет кислотность среды, поэтому изучалась зависимость их оптической плотности от концентрации серной кислоты. С этой целью в ряд делительных воронок помещали по 5 мл $3,5 \cdot 10^{-5}$ М раствора ЛСNa, 5 мл раствора реагента, добавляли по 5 мл серной кислоты различных концентраций и экстрагировали растворы 5 мл толуола. Растворы реагентов R_1 и R_2 имели одинаковую концентрацию $3,5 \cdot 10^{-5}$ М, раствор R_3 – $7,0 \cdot 10^{-5}$ М. Измерения проводились относительно растворов сравнения, в качестве которых использовались экстракты реагентов R_1 , R_2 и R_3 при соответствующей кислотности среды. Фотометрировали растворы при указанных выше значениях длин волн.

Данные измерений представлены в табл.1.

Таблица 1

Оптическая плотность экстрактов ионных ассоциатов
ЛСNa с реагентами в зависимости от концентрации серной кислоты

Концентрация серной кислоты, М, для реагентов:		Оптическая плотность толуольных экстрактов для ионных ассоциатов:		
R_1 и R_2	R_3	ЛСNa + R_1	ЛСNa + R_2	ЛСNa + R_3
0,033	0,1	0,030	0,155	0,130
0,17	0,2	0,088	0,163	0,171
0,33	0,3	0,132	0,182	0,225
0,66	0,4	0,165	0,211	0,238
1,00	0,5	0,188	0,224	0,243
1,33	0,6	0,200	0,217	0,241
1,66	0,7	0,197	0,208	0,240
2,66	0,8	0,172	0,192	0,237

Из данных табл.1 следует, что максимальные значения оптической плотности ионных ассоциатов достигаются в случае прибавления 1,33 М H_2SO_4 к R_1 , 1,00 М H_2SO_4 к R_2 и 0,5 М кислоты к R_3 .

Полнота перевода окрашенного ассоциата из водной фазы в органическую, а, следовательно, и интенсивность окраски экстракта зависит от времени контактирования двух фаз. Поэтому была изучена также зависимость оптической плотности соединения ЛСNa с реагентами от времени созревания окраски ионного ассоциата. Для исследования этой зависимости в делительные воронки помещали 5 мл реагента, 5 мл серной кислоты соответствующей концентрации, 5 мл

0,01 н раствора ЛСNa, добавляли 5 мл толуола и интенсивно встряхивали смесь. При этом в каждом последующем опыте время экстракции увеличивали. Экстракты фотометрировали при соответствующей длине волны для каждого реагента. Толуольный экстракт ионного ассоциата ЛСNa с R_1 окрашен в синий цвет, с R_2 – в сине-фиолетовый, с R_3 – в сиренево-фиолетовый.

Данные определений представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оптическая плотность экстрактов ионных ассоциатов
ЛСNa с реагентами в зависимости от времени экстракции

Время экстракции, мин	Оптическая плотность толуольных экстрактов для ионных ассоциатов:		
	ЛСNa + R_1	ЛСNa + R_2	ЛСNa + R_3
0,25	0,178	0,238	0,225
0,50	0,183	0,245	0,232
1,00	0,197	0,241	0,230
2,00	0,190	0,236	0,228
3,00	0,176	0,235	0,224
5,00	0,164	0,224	0,220

Из данных табл.2 можно сделать вывод, что для полной экстракции необходимо затратить 1 мин в случае использования первого реагента и достаточно 0,5 мин со вторым и третьим реагентами. Замечено, что окраска первого экстракта, как и самого реагента R_1 , крайне неустойчива и постоянно изменяется в течение 30 мин. Это делает невозможным использование реагента R_1 для определения ЛСNa. Окраска же толуольных экстрактов со вторым и третьим реагентами устойчива длительное время.

Изучение зависимости оптической плотности экстракта ионного ассоциата ЛСNa + R от концентрации ЛСNa проводили при оптимальных условиях, выявленных ранее. С этой целью в ряд делительных воронок с растворами реагентов и серной кислоты добавляли различное количество ЛСNa. Данные определения представлены в табл.3, откуда следует, что закон Бугера – Ламберта – Бера соблюдается в пределах 1-15 мкг/мл для реагента R_1 и в пределах 1-20 мкг/мл для R_2 и R_3 . Для оценки точности и воспроизводимости результатов определения лаурилсульфата натрия реагентами R_1 , R_2 и R_3 данные эксперимента обработаны методом математической статистики. Результаты свидетельствуют о достаточной точности и воспроизводимости определений.

Таблица 3

Оптическая плотность экстрактов ионных ассоциатов
в зависимости от концентрации ЛСNa в растворе

Концентрация ЛСNa, мкг/мл	Оптическая плотность толуольных экстрактов для ионных ассоциатов:		
	ЛСNa + R_1	ЛСNa + R_2	ЛСNa + R_3
2	0,104	0,076	0,157
4	0,132	0,114	0,170
6	0,156	0,165	0,194
8	0,167	0,211	0,210
10	0,205	0,248	0,230
15	0,223	0,260	0,253
20	0,234	0,281	0,276

Коэффициент распределения и процент экстракции определяли методом повторного экстрагирования. С этой целью готовили ряд растворов реагентов с переменной концентрацией ЛСNa. Экстракцию проводили 5 мл толуола. После расслаивания водную фазу переносили во вторую воронку, приливали такое же количество растворителя и повторно экстрагировали. Затем водную

фазу экстрагировали в третий раз. Считается, что после трехкратной экстракции исследуемое соединение ЛСNa + R перешло в органическую фазу. Измеряли оптическую плотность экстрактов, раствором сравнения служил толуол.

После этого проводили однократную экстракцию 5 мл толуола и разбавляли этим же растворителем до объема 15 мл. Измеряли оптическую плотность толуольных экстрактов по отношению к толуолу. По градуировочному графику, построенному по данным трехкратной экстракции, находили содержание извлеченного ЛСNa и рассчитывали коэффициент распределения по формуле:

$$E = \frac{C_o}{C_{об} - C_o},$$

где E – коэффициент распределения; C_o – концентрация ЛСNa в органической фазе после однократного экстрагирования; $C_{об}$ – первоначальная концентрация ЛСNa в водной фазе.

Расчет показал, что коэффициент распределения равен 8,11 для ионного ассоциата лаурилсульфата натрия с R_1 , 6,88 – для R_2 и 2,05 – для R_3 .

Зная коэффициент распределения, можно рассчитать процент однократной экстракции по формуле:

$$R = \frac{100E}{E + V_B / V_{общ}}.$$

Процент экстракции равен 33,48% для R_1 , 89,0% – для R_2 и 93,5% – для R_3 . Из этих данных следует, что для полного извлечения ионного ассоциата ЛСNa с R_1 недостаточно однократной экстракции, а для соединений R_2 и R_3 с ЛСNa удовлетворительные результаты дает однократная экстракция.

Коэффициенты молярного светопоглощения рассчитывали по формуле:

$$\varepsilon_E = \frac{\varepsilon(E+1)}{E},$$

где ε – коэффициент молярного поглощения без учета коэффициента распределения.

Для реагента R_1 : $\varepsilon=1112$, $\varepsilon_E=1128$; для R_2 : $\varepsilon=35302$, $\varepsilon_E=35474$, а для R_3 : $\varepsilon=33840$, $\varepsilon_E=34046$. Рассчитанные коэффициенты молярного поглощения свидетельствуют о достаточно высокой чувствительности разработанного экстракционно-фотометрического метода определения лаурилсульфата натрия предлагаемыми реагентами R_2 и R_3 . В случае использования R_1 значение коэффициента молярного поглощения низкое, т.е. реагент недостаточно чувствителен, и его использование неэффективно.

При образовании ионного ассоциата ЛСNa с красителями триметинцианинового ряда в реакцию вступают однозарядный анион лаурилсульфата и однозарядный катион реагента, поэтому можно предположить, что в образующемся соединении соотношение компонентов будет 1:1. Это предположение было проверено несколькими методами: Остромысленского – Жоба, Бента – Френча и Асмуса.

По методу Остромысленского – Жоба на кривой зависимости оптической плотности ассоциатов от соотношения молярных концентраций ЛСNa и R определяли положение максимумов поглощения, которые характеризуют долю компонентов в соединении.

Метод Бента – Френча основан на измерении углового коэффициента наклона ($\operatorname{tg} \alpha$) прямой зависимости логарифма оптической плотности от логарифма концентрации реагента. Принято считать, что $\operatorname{tg} \alpha$ равен стехиометрическому соотношению реагирующих веществ.

Для определения стехиометрического соотношения реагирующих компонентов методом Асмуса также используют графический прием. Суть его в том, что для соединения MR_n (где M – центральный ион, R – молекула реагента) имеет место зависимость между объемом прибавленно-

го раствора и его оптической плотностью. Строят график зависимости $1/V_R^n = \varphi(1/m_D)$, где n – целое число, которое задается произвольно, m_D – модуль оптической плотности.

Получают серию кривых для различных задаваемых величин n . Удовлетворяя требованию прямолинейности, находят искомый коэффициент n .

Данные, полученные по всем трем методам, показывают, что лаурилсульфат натрия реагирует с реагентами R_1 , R_2 и R_3 в соотношении 1:1.

Устойчивость ионных ассоциатов оценивали с помощью метода разбавления Бабко. Для этого использовали растворы со стехиометрическим соотношением концентраций ЛСNa и реагента 1:1. Этот раствор разбавляли в p раз. При этом увеличивается степень диссоциации комплекса:

$$\alpha = \frac{\Delta}{\sqrt{p-1}},$$

где Δ – отклонение от основного закона светопоглощения, $\Delta = A - A_p / A$; A и A_p – оптические плотности исходного и разбавленного растворов.

По степени диссоциации комплекса легко рассчитать константу устойчивости соединения:

$$\beta = \frac{1-\alpha}{\alpha^2 C}.$$

Определение проводилось в определенной последовательности: в делительные воронки помещали 10 мл реагента рабочей концентрации и 10 мл рабочего раствора лаурил сульфата натрия, создавали необходимую кислотность, добавляя различное количество серной кислоты. Экстрагировали 5 мл толуола. Экстракт фотометрировали в кювете с толщиной рабочего слоя $b=1$ см при соответствующей длине волны. Затем экстракт разбавляли в p раз. Измеряли оптическую плотность в кюветах с толщиной поглощающего слоя такой, чтобы произведение концентрации ЛСNa на толщину кюветы оставалось величиной постоянной ($C_{\text{ЛСNa}}b = \text{const}$). Данные определений приведены в табл.4.

Таблица 4

Данные для расчета константы устойчивости
ионных ассоциатов реагентов с ЛСNa

Реагент	Объем раствора ЛСNa, мл	Концентрация раствора ЛСNa, М	Толщина кюветы, см	Оптическая плотность ассоциата	Константа устойчивости ассоциата
R_1	10	$3,50 \cdot 10^{-5}$	1	0,54	$2,98 \cdot 10^6$
	5	$1,75 \cdot 10^{-5}$	2	0,50	
	3,3	$1,15 \cdot 10^{-5}$	3	0,49	
	2	$0,70 \cdot 10^{-5}$	5	0,48	
R_2	10	$3,50 \cdot 10^{-5}$	1	0,43	$2,35 \cdot 10^7$
	5	$1,75 \cdot 10^{-5}$	2	0,42	
	3,3	$1,15 \cdot 10^{-5}$	3	0,40	
	2	$0,70 \cdot 10^{-5}$	5	0,38	
R_3	10	$7,00 \cdot 10^{-5}$	1	0,41	$1,67 \cdot 10^7$
	5	$3,50 \cdot 10^{-5}$	2	0,40	
	3,3	$2,33 \cdot 10^{-5}$	3	0,39	
	2	$1,40 \cdot 10^{-5}$	5	0,38	

Данные табл.4 свидетельствуют о том, что ионные ассоциаты достаточно устойчивы в растворах и позволяют работать в широком интервале концентраций АСПАВ.

В природных и сточных водах могут находиться различные ионы и органические соединения, способные влиять на реакцию образования ионных ассоциатов СПАВ с предлагаемыми реагентами. Поэтому было изучено также влияние на определение ЛСNa различных ионов и органических веществ: NO_3^- , Cl^- , F^- , SCN^- , CO_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cd^{2+} , NH_4^+ , Al^{3+} ; аминокислот, аспаргиловой, гуминовых кислот.

Результаты исследований позволяют сделать вывод, что предложенные реагенты обладают достаточной селективностью и их можно использовать для определения детергентов в природных и сточных водах.

Для анализа на содержание анионных СПАВ в природных водах рек Дон и Темерник использовали следующую методику: в делительные воронки помещали 50 мл водной пробы, 5 мл 3 н серной кислоты, 5 мл реагента R_3 с концентрацией раствора $7,0 \cdot 10^{-5}$ М. Экстрагировали 5 мл толуола в течение 0,5 мин. После расслоения органическую фазу переносили в кювету с толщиной поглощающего слоя $b=1$ см. Раствор сравнения – толуол. По градуировочному графику находили количество АСПАВ в пробе воды. Результаты сравнивали с данными, полученными при анализе водной пробы с реагентом метиленовым синим по стандартной методике (табл.5).

Таблица 5

Содержание АСПАВ в природных водах рек Дон и Темерник

Источник пробы воды	Реагент	Концентрация АСПАВ, мкг/л
Река Дон	Метиленовый синий	44,5
	R_3	53,2
Река Темерник	Метиленовый синий	18,0
	R_3	23,6

Известная методика мало избирательна и довольно трудоемка, так как требует трехкратной экстракции соединения бензолом, что повышает токсичность определения. Предложенный метод определения АСПАВ с красителями R_2 и R_3 триметинцианинового ряда является более селективным, быстрым, требующим затрат небольших количеств органических растворителей. Соединения, образуемые АСПАВ с этими реагентами, устойчивы. Чувствительность определения реагентами R_2 и R_3 несколько выше, чем определение ЛСNa метиленовым синим.

Что касается реагента R_1 , то он уступает метиленовому синему в чувствительности и селективности, поэтому с его помощью нельзя определять малые концентрации АСПАВ, что делает его непригодным для анализа природных и сточных вод. Сам реагент R_1 малоустойчив, что также является его недостатком.

Выводы. 1. Исследованы протолитические свойства реагентов триметинцианинового ряда и для них рассчитаны константы протолитического равновесия: $pK_a(R_2)=3,52$, $pK_a(R_3)=-1,23$ и $pK_a(R_1)=-0,47$.

2. Найдены оптимальные условия определения анионных СПАВ с помощью бис-(1-метилхинолил-2)-триметинцианин перхлората (R_2), бис-(1-метилхинолил-2)(1,3,3-триметилин-доленин-2)-триметинцианин перхлората (R_3) и бис-(7,8-бензохромилил-2)-триметинцианин перхлората (R_1).

В сравнении со стандартной методикой определения АСПАВ реагентом метиленовым синим определение анионных СПАВ с предлагаемыми реагентами требует затрат меньшего количества органических экстрагентов, что уменьшает токсичность определения.

3. Рассчитаны коэффициенты молярного поглощения для ионных ассоциатов ЛСNa с реагентами. В случае R_2 и R_3 ε составляет 35302 и 33840 соответственно, что говорит о достаточно высокой чувствительности определений. Рассчитаны коэффициенты распределения и проценты экстракции для соединений ЛСNa с реагентами R_1 , R_2 и R_3 . Они показывают, что в случае применения R_2 и R_3 достаточно однократной экстракции для образования ионного ассоциата с ЛСNa.

4. Изучено влияние посторонних ионов на определение лаурилсульфата натрия реагентами R_2 и R_3 . Определение ЛСNa данными реагентами более селективно, чем определение ЛСNa реагентом метиленовым синим.

5. Разработана методика определения АСПАВ в природной речной воде. Результаты хорошо согласуются с результатами, полученными при использовании в качестве реагента на АСПАВ метиленового синего.

Библиографический список

1. Неволин Ф.В. Химия и технология синтетических моющих средств / Ф.В. Неволин. – М.: Пищевая пром-сть, 1971. – 425 с.
2. Черняева Л.Е. Гидрохимия СПАВ / Л.Е. Черняева, А.М. Черняев, Ш.Ш. Шаманаев, Н.А. Яковлева. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 318 с.
3. Семенов А.Д. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши / А.Д. Семенов. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 457 с.
4. Экспрессное определение анионных ПАВ улучшенным спектрофотометрическим методом с использованием метиленового синего / К. Масаари, Я. Ясиши, Н. Ясийо // РЖХим. – 1999. – №6. – С.563-568.
5. Субботина Е.И. Физико-химические особенности очистки сточных вод от ПАВ / Е.И. Субботина, Ю.М. Дедков. – М.: Химия, 1975. – 368 с.
6. Дорохова Е.И. Определение синтетических поверхностно-активных веществ в поверхностных водах / Е.И. Дорохова, Ю.Ю. Лурье, Ю.М. Дедков // Методы анализа природных и сточных вод / под ред. М.М. Сенявина – М.: Изд-во АН СССР, 1976 – С.442-458.

Материал поступил в редакцию 20.10.10

References

1. Nevolin F.V. Himiya i tehnologiya sinteticheskikh moyuschih sredstv / F.V. Nevolin. – M.: Pischevaya prom-st', 1971. – 425 s. – In Russian.
2. Chernyaeva L.E. Gidrohimiya SPAV / L.E. Chernyaeva, A.M. Chernyaev, Sh.Sh. Shamanaev, N.A. Yakovleva. – L.: Gidrometeoizdat, 1982. – 318 s. – In Russian.
3. Semenov A.D. Rukovodstvo po himicheskomu analizu poverhnostnyh vod sushi / A.D. Semenov. – L.: Gidrometeoizdat, 1977. – 457 s. – In Russian.
4. Ekspressnoe opredelenie anionnyh PAV uluchshennym spektrofotometricheskim metodom s ispol'zovaniem metilenovogo sinego /K. Masaari, Ya. Yasishi, N. Yasiio // RJHim. – 1999. – №6. – S.563-568. – In Russian.
5. Subbotina E.I. Fiziko-himicheskie osobennosti ochistki stochnyh vod ot PAV / E.I. Subbotina, Yu.M. Dedkov. – M.: Himiya, 1975. – 368 s. – In Russian.
6. Dorohova E.I. Opredelenie sinteticheskikh poverhnostno-aktivnyh veschestv v poverhnostnyh vodah / E.I. Dorohova, Yu.Yu. Lur'e, Yu.M. Dedkov // Metody analiza prirodnyh i stochnyh vod / pod red. M.M. Senyavina – M.: Izd-vo AN SSSR, 1976. – S.442-458. – In Russian.

E.N. EVSTIFEYEV, T.N. SAVUSKAN, A.A. NESTEROV

APPLICATION OF TRIMETHADIONE CYANIN DYESTUFF FOR DETERMINATION OF ANIONIC SYNTHETIC SURFACE-ACTIVE SUBSTANCES IN SEWAGE AND NATURAL WATERS

The results of extraction-photometric method of determining anionic synthetic surface-active substances (SAS) by some trimethadione cyanic dyestuff are described. Under optimal conditions of determining anionic synthetic surface-active substances the suggested reagents allow to increase selectivity and to decrease toxicity of the method compared to the standard technique.

Key words: anionic synthetic surface-active substances, dyestuff, extraction, photometric method, optical solidity, spectra of absorption, ionic associates.

ЕВСТИФЕЕВ Евгений Николаевич (р. 1949), профессор кафедры «Химия» Донского государственного технического университета, кандидат химических наук (1976), доктор технических наук (2007), доцент (1997), член-корреспондент Российской академии естественных наук (2010). Окончил Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (1971).

Область научных интересов: малотоксичные связующие материалы и стержневые смеси для различных технологий изготовления литейных стержней.

Автор более 250 публикаций.

САВУСКАН Татьяна Наумовна, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета, кандидат химических наук (1976), доцент (2003). Окончила Ростовский государственный университет (1969).

Область научных интересов: экологическая безопасность окружающей среды.

Автор более 90 публикаций.

НЕСТЕРОВ Алексей Анатольевич (р. 1948), профессор кафедры «Общая и неорганическая химия» Южного федерального университета, кандидат химических наук (1978), доктор технических наук (1998), профессор (2000). Окончил Ростовский государственный университет (1971).

Область научных интересов: химия твердого тела, технология неорганических веществ, химия и технология функционального материала.

Автор более 300 публикаций. Имеет 17 авторских свидетельств (СССР) и 4 патента (РФ).

doc220649@mail.ru

Evgeny N. EVSTIFYEV (1949), Professor of the Chemistry Department, Don State Technical University. Candidate of Science in Chemistry (1976), PhD in Science (2007), Associate Professor (1997), Correspondent Member of Russian Academy of Natural Sciences (2010). He graduated from Mordovian State University named after N.P. Ogarev (1971).

Research interests: low-toxic bonding materials and core mixtures for various core processing techniques.

Author of over 250 publications.

Tatyana N. SAVUSKAN, Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University. Candidate of Science in Chemistry (1976), Associate Professor (2003). She graduated from Rostov State University (1969).

Research interests: ecological safety of environment.

Author of over 90 publications.

Aleksey A. NESTEROV (1948), Professor of the General and Inorganic Chemistry Department, South Federal University. Candidate of Science in Chemistry (1978), PhD in Science (1998), Professor (2000). He graduated from Rostov State University (1971).

Research interests: chemistry of solids, mineral substances technology, chemistry and functional materials technology.

Author of over 300 publications, 17 certificates of authorship (USSR) and 4 patents (RF).