ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Шачнева Е.Ю., кандидат химических наук, профессор РАЕ,
Астраханский государственный университет,
Хентов В.Я., доктор химических наук, профессор,
Южно-Российский государственный политехнический университет

СОРБЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АНИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА В ПРИСУТСТВИИ ОРГАНИЧЕСКОГО РЕАГЕНТА

Аннотация: в статье описана характеристика класса поверхностно-активных веществ и применение веществ в нефтехимической промышленности. Рассмотрена классификация анионных поверхностно-активных веществ. Представлены основные структурные элементы строения веществ рассматриваемого класса. Приведена краткая характеристика наиболее часто используемых методов анализа анионных поверхностно-активных веществ. Описаны преимущества применения для определения анионных поверхностно-активных веществ фотометрического, экстракционно-фотометрического и спектрофотометрического методов анализа с применением трифенилметановых красителей. В ходе исследования содержание анионного поверхностно-активного вещества (сульфанола) в растворе контролировали спектрофотометрическим методом с использованием индикаторной реакции с малахитовым зеленым. Использование рассматриваемого метода для изучения сорбционных процессов в системе поверхностно-активное вещество – обосновывается тем, что поверхностно-активные вещества способны образовывать с органическими реагентами комплексные соединения (ионные ассоциаты), обладающие характерными полосами светопоглощения.

Представлены результаты фотометрического определения анионного поверхностно-активного вещества (сульфанола) с применением органического реагента – малахитового зеленого. Описано влияние кислотности среду на процесс адсорбции компонента в водных растворах. Приведен градуировочный график для определения концентрации компонента.

В ходе исследований определены основные термодинамические параметры процесса адсорбции сульфанола на активном угле, такие как изменение энтальпии (ΔH), изобарно-изотермического потенциала (ΔG) и энтропии (ΔS) сорбции. Полученные результаты исследований могут быть использованы для количественного определения компонента и моделирования механизмов адсорбции.

Рассчитаны основные характеристики кинетики сорбции поверхностно-активного вещества (сульфанола) на активном угле. Приведены изотермы кинетики сорбции. Описана возможность очистки от вышеописанного компонента с применением рассматриваемого сорбента.

Ключевые слова: сорбция, активные угли, сульфанол, очистка

Крупные химические, нефтехимические, приборостроительные и другие предприятия промышленности в ходе работы образуют сточные воды, которые после очистки поступают в водные объекты. Со сточной водой в водоемы часто попадают поверхностно-активные вещества (ПАВ), тяжелые металлы, нефтепродукты, которые являются высокотоксичными веществами кумулятивного и канцерогенного характера, поэтому они должны подвергаться процессу очистки. В нефтепромысловой практике временем первоначального внедрения поверхностно-активных веществ началом применения ПАВ считаются 50-е годы 20 века. Существует множество различных ПАВ, применяющихся для повышения нефтеодачи. Их применение определяется высокой поверхностной активностью веществ, структурой их адсорбционных слоев и объемными свойствами растворов, что позволяет использовать их в качестве диспергаторов при измельчении твердых тел, бурении твердых пород, для улучшения смазочного действия, понижения трения и износа, интенсивности нефтеотдачи пластов и т.д.

Анионные поверхностно-активные вещества (АПАВ) – это дифильные органические соединения, которые, диссоциируя в воде, образуют анион с длинным углеводородным радикалом – носителем поверхностной активности; катион при этом не является поверхностно-активным. К числу основных АПАВ относятся:

- мыла (RCOONa, RCOOK);
- алкилсульфаты и алкилфосфаты ($ROSO_3Me$, $ROPO_3Me$);
- алкиларилсульфонаты (чаще всего алкилбензолсульфонаты $RC_6H_4SO_3Me$);
- алкилсульфосукцинаты;
- алкилэтоксисульфаты и алкилэтоксифосфаты.

Анионные ПАВ (АПАВ) используют как смачиватели, детергенты, пенообразователи. Они являются главными мицеллообразующими поверхностно-активными веществами с наибольшим объемом производства и ассортиментом. Наиболее активно проявляют свои свойства в щелочных средах, хотя могут использоваться и в кислых, например, при обработке металлов кислотами для снятия окисной пленки.

Полярная группа может содержаться не только в конце углеводородной цепи. Кроме того, в молекуле могут быть и другие полярные группы, которые увеличивают дифильность молекулы. К таким группам относят карбамидную – $CONH_2$, сульфамидную – OSO_2NH_2, простую эфирную – C-O-C и сложноэфирную связь -COO-.

Наибольшее распространение среди анионных ПАВ получили соединения, включающие от 10 до 20 атомов углерода в алифатической цепи. Если в алифатической цепи в качестве заместителя содержится бензольное кольцо, то минимальное число атомов углерода снижается до 8-14.

Анионные ПАВ составляют более 60% всех производимых ПАВ для СМС. Наибольшее применение нашли натриевые, калиевые, этаноламиновые и аммониевые соли алкилкарбоновых кислот. Кроме вышеперечисленных ПАВ широко применяются сульфаты глицеридов алифатических кислот, например, касторового масла и сульфопроизводные моно- и диэтаноламидов алифатических кислот. Большой интерес представляют соли полуэфиров сульфоянтарной кислоты – сульфосукцинаты. Сульфосукцинаты служат активной основой туалетных мыл, синтетических кусковых и пастообразных моющих средств, шампуней и пенных препаратов для ванн. Алкиларенсульфонаты представляют собой соли сульфокислот алкилароматических соединений. В составах СМС применяют алкилбензолсульфонаты натрия – сульфонолы. Доля сульфонолов в общем производстве СМС до недавнего времени составляла около 80%.

Это говорит о необходимости контроля за их содержанием в различных объектах, поэтому разработка новых и усовершенствование уже известных методов определения поверхностно-активных веществ остается одной из задач современной химии. Определение ПАВ после выделения их из пробы проводят методами спектрофотометрии по образованию комплексов с соответствующими красителями, УФ-спектроскопии, флуориметрии, полярофафии и некоторыми другими. Все применяемые методы отличаются по чувствительности, точности, селективности определения.

Содержание анионных ПАВ обычно определяется двухфазным титрованием с использованием в качестве титранта хлорида бензотониума. При таком титровании анионные ПАВ взаимодействуют с катионным ПАВ с образованием ионной пары. В результате образования ионной пары образуется незаряженное соединение, которое можно экстрагировать с помощью неполярного растворителя (как правило, это четыреххлористый углерод, хлороформ или метиленхлорид). Контроль данной реакции ведется с использованием растворимых в воде катионных красителей, обычно метиленового синего, либо смеси анионных и катионных красителей, таких как дисульфиновый синий и димидиуминовый синий. Иногда используются и другие красители (нейтральный красный, бенгальский розовый, бромкрезоловый голубой и тимолфталеин). При использовании этого метода возникает новая проблема – содержание анионного ПАВ, может не совпадать со значениями, полученными в случае двухфазного титрования.

В последнее время широко используются спектральные методы анализа анионных ПАВ. ИК-спектроскопия была признана эффективной для исследования анионных ПАВ в общем, и алкилбензолсульфонатов в частности. В этом методе анализа используются химические реакции, сопровождающиеся изменением цвета раствора, в котором определяется концентрация анализируемого элемента. Так как существует зависимость между интенсивностью окраски раствора (оптической плотностью) и содержанием в этом растворе окрашенного вещества, то при массовых фотоколориметрических анализах для определения концентрации испытуемого раствора предварительно строят так называемый калибровочный график. Для этого используют серию эталонных растворов различной концентрации. Имея такую кривую, при определении концентрации исследуемого раствора достаточно измерить с помощью фотоколориметра его оптическую плотность и по калибровочной кривой найти величину концентрации, соответствующую найденной оптической плотности.

Однако, несмотря на низкую чувствительность по сравнению с вышеописанными методами, для определения поверхностно-активных веществ наиболее часто применяются фотометрический, экстракционно-фотометрический и спектрофотометрический методы. Заметное число публикаций посвящено определению содержания анионных ПАВ посредством образования окрашенных соединений. Ассоциаты с АПАВ, растворимые в органических растворителях, образуют многие трифенилметановые красители, такие, как метиловый зеленый, кристаллический фиолетовый, бриллиантовый зеленый, основной фуксин родамин Ж и другие [1-6].

В связи с чем, разработка принципиально новых методов как идентификации, так и количественного веществ в объектах окружающей среды является весьма актуальным вопросом. Одним из эффективных методов удаления поверхностно-активных веществ из вод различного происхождения является сорбция. О применении этих методов и идет речь в данной работе [7-9].

Сульфанол – сульфонол, смесь натриевых солей алкилбензолсульфокислот – это поверхностно-активное вещество с общей формулой C_nH_{2n+1}–C_6H_4–SO_2ONa (рис. 1).

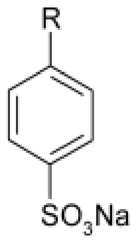

Рис. 1. Структурная формула сульфанола

Количество ПАВ (сульфанола) в растворе контролировали спектрофотометрическим методом с использованием индикаторной реакции с малахитовым зеленым. Использование рассматриваемого метода для изучения сорбционных процессов в системе поверхностно-активное вещество – обосновывается тем, что поверхностно-активные вещества способны образовывать с органическими реагентами (индикаторами) в присутствии комплексные соединения (ионные ассоциаты), обладающие характерными полосами светопоглощения.

Малахитовый зеленый (синонимы: бензоилгрюн, малахитгрюн) – синтетический трифенилметановый краситель, который относится к кислотно-основным индикаторам: в водной среде при рН 0.1-2,0 переход окраски от желтой к зеленовато-голубой, при рН11,6-13,6 от зеленовато-голубой к бесцветной; в неводной – к голубой (рис. 2).

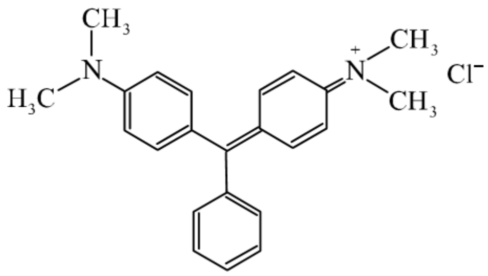

Рис. 2. Структурная формула малахитового зеленого

Применяется как реагент для экстракционно-фотометрического определения металлов, сульфитов, как реактив в микробиологии [10].

Экспериментальная часть

Реагенты и аппаратура. Модельные растворы, приготовленные на дистиллированной воде с использованием химически чистых реактивов; поверхностно-активное вещество – сульфанол (сульфонол) ($C - 1 \cdot 10^{-3} M$); малахитовый зеленый ($C = 1 \cdot 10^{-3} M$), х.ч.; сорбент (активный уголь марки БАУ); буферные растворы от 1 до 10; фотоэлектроколориметр ПЭ5400В; центрифуга; оборудование лабораторное – нагреватели, встряхиватели, посуда мерная и керамическая, дистиллированная вода.

Определение сульфанола в присутствии реагента малахитового зеленого спектрофотометрическим методом. Для разработки методики определения анионного поверхностно-активного вещества использовали трифенилметановый краситель – малахитовый зеленый. В предварительных испытаниях были исследованы спектры поглощения раствора малахитового зеленого и двойной системы «малахитовый зеленый – сульфанол». В ходе исследований, основываясь на литературных данных [10] был получен спектр реагента малахитового зеленого, на основании которого и определены величины оптимальной длины волны. Для изучения оптимальной длины волны двойной системы «сульфанол – малахитовый зеленый» были приготовлены растворы вышеописанной системы. Результаты, полученные в ходе исследования, приведены на рис. 3.

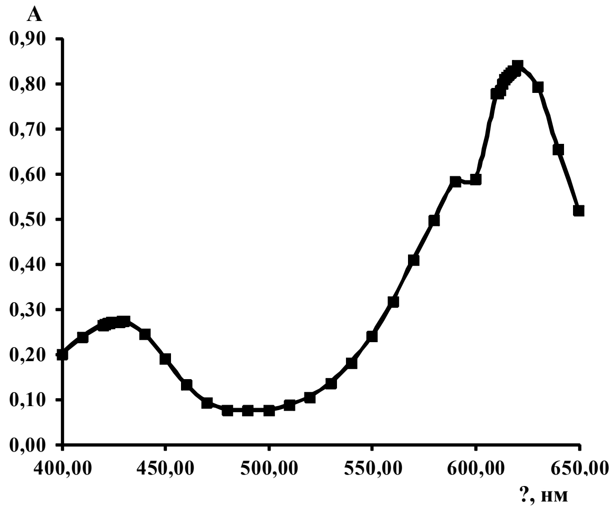

Рис. 3. Спектр поглощения водного раствора сульфанола в присутствии малахитового зеленого (С=$1\cdot10^{-4}$ М, рН=5, l=0,5 см)

Длины волн, которые бы соответствовали бы максимальному значению оптической плотности, составили λ_1=430 нм и λ_2=620 нм, что говорит об образовании достаточно устойчивой двойной системы.

Влияние рН на адсорбцию сульфанола

1. В серию из 10 пробирок (10 см^3) вносят по 1 см^3 раствора сульфанола и малахитового зеленого с концентрацией $1\cdot10^{-3}$ М в соотношении 1:1 и доводят объемы растворов до 10 см^3 буферными растворами с рН от 1 до 10. Измеряют оптическую плотность растворов при λ=620 нм в кювете на 0,5 см относительно воды.

2. В серию из 10 пробирок (10 см^3) вносят по 1 см^3 раствора сульфанола с концентрацией $1\cdot10^{-3}$ М и доводят объемы растворов до 10 см^3 буферными растворами с рН от 1 до 10 и добавляют по 0,1 г активного угля БАУ в каждую пробирку. Полученные растворы перемешивают 3 минуты и центрифугируют, затем растворы декантируют и вносят необходимое количество реагента и измеряют оптическую плотность растворов при λ=620 нм в кювете на 0,5 см относительно воды.

Результаты полученных исследований влияния рН на адсорбцию сульфанола на активном угле БАУ приведены на рис. 4.

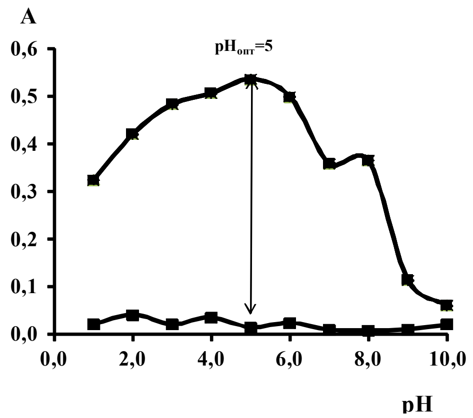

Рис. 4. Влияние рН раствора на адсорбцию сульфанола на активном угле БАУ (λ_1=620 нм): -◆- до сорбции; -■-после сорбции

В связи с полученными результатами, все исследования проводились при значении рН=5 и λ=620 нм.

Построение градуировочного графика. В серию из 10 пробирок вводили возрастающие количества реагента – раствора анионного поверхностно-активного вещества (сульфанола) с концентрацией равной С=$1\cdot10^{-3}$ М, к содержимому растворов добавляли по 1 см^3 раствора органического реагента малахитового зеленого с концентрацией С=$1\cdot10^{-3}$ М и доводили объем полученных растворов буферным раствором рН=5 до объема 10 см^3.

В ходе дальнейших исследований проводили измерение оптических плотностей растворов при длине волны 620 нм кюветой толщиной 0,5 см относительно воды. На основании полученных данных проводили построение градуировочного графика, приведенного на рис. 5 [11, 12].

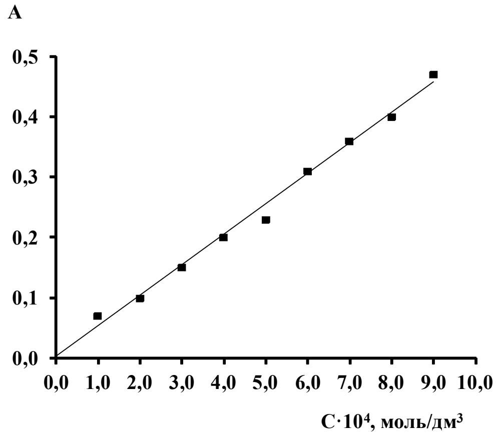

Рис. 5. Зависимость оптической плотности от концентрации сульфанола ($C=1\cdot10^{-4}$ M, pH=5, l=0,5 см)

Изучение адсорбции сульфанола на активном угле БАУ. В серию пробирок вводили возрастающее количество раствора определяемого компонента с концентрацией равной $C=1\cdot10^{-3}$ M. Объемы полученных растворов доводили до 10 см^3 буферным раствором (pH=5). В образованные системы вводили 0,1 г активного угля, встряхивали около 10 мин. Полученные растворы отстаивали и центрифугировали при 3000 об./мин. Отделяли жидкую фазу в отдельную серию пробирок, в которые вносили по 1 см^3 раствора малахитового зеленого с концентрацией $C=1\cdot10^{-3}$ M. Далее производили определение оптических плотностей растворов при λ=620 нм в кювете на 0,5 см относительно воды (рис. 6) [11, 12].

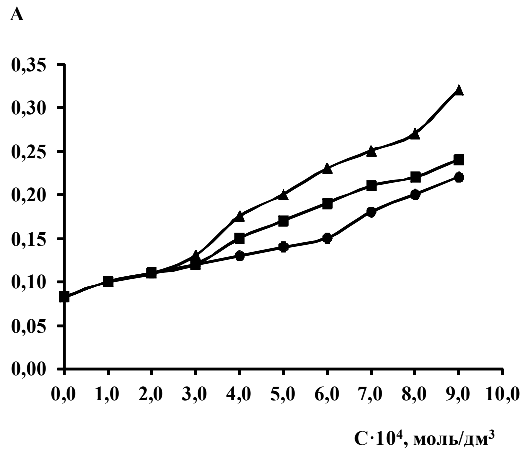

Рис. 6. Зависимость оптической плотности от концентрации сульфанола после сорбции на активном угле БАУ при: Δ- 277 К; □- 298 К; ○- 313 К

На основании градуировочного графика проводили определение равновесных концентраций вещества. В ходе дальнейших исследований производили построение изотерм адсорбции в координатах «сорбция (***Г***) – равновесная концентрация ***[c]***». Величину адсорбции (***Г***) определяли согласно выражению (1):

$$\boldsymbol{\Gamma = \frac{(C_{исх} - c)\cdot V \cdot M}{1000 \cdot m}}, \quad (1)$$

где C_0 – исходная концентрация сорбата, моль/дм^3; V – объем исследуемого раствора, см^3; $[C]$ – остаточная (равновесная) концентрация сорбата, моль/дм^3; M – молярная (или атомная) масса сорбата, г/моль; m – масса сорбента, г.

Рассчитанные на основе полученных данных изотермы процесса сорбции для рассматриваемого компонента на активном угле БАУ представлены на рис. 7.

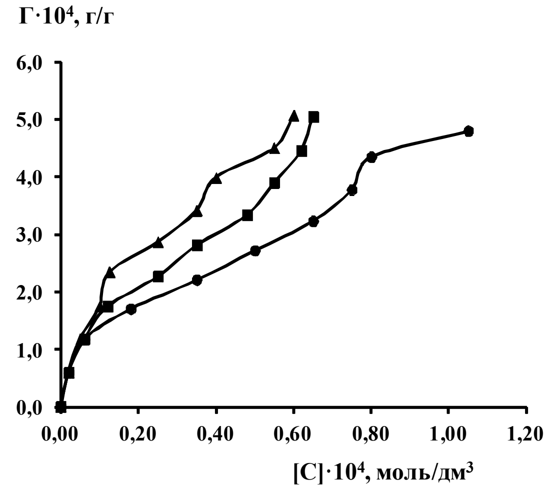

Рис. 7. Влияние температуры на адсорбцию сульфанола из водных растворов активным углем БАУ: ∆- 277 К; □- 298 К; ○- 313 К

Полученные данные были представлены в форме изотерм Ленгмюра, на основании которых были определены величины константы процесса сорбции (***K***) и величины предельной сорбции (Γ_∞) при трех температурах (рис. 8).

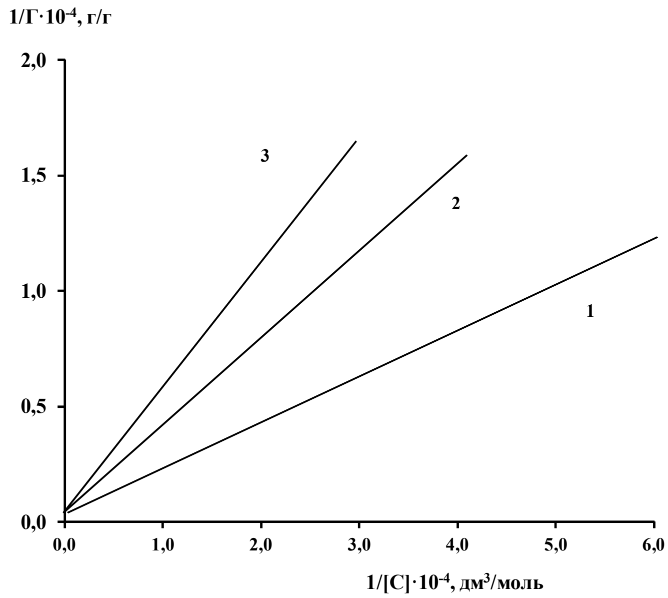

Рис. 8. Изотермы сорбции по Ленгмюру в прямолинейной форме для сульфанола (активный уголь БАУ): 1 – 277 К; 2 – 298 К; 3 – 313 К

Базируясь на полученные величины были исследованы значения энтальпии (∆***H***) и изобарно-изотермического потенциала (∆***G***), а также изменения энтропии (∆***S***) процесса (2-4):

$$\Delta H = \frac{RT_i T_k \ln \frac{K_i}{K_k}}{T_i - T_k}, \qquad (2)$$

$$\Delta G_i = -RT_i \ln K_i, \qquad (3)$$

$$\Delta S_i = \frac{\Delta H - \Delta G_i}{T_i}. \qquad (4)$$

Результаты проведенных исследований приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные характеристики сорбции сульфанола на активном угле БАУ (n=6, P=0,95, t_p=2,57)

Определяемая характеристика	Температура, К	Сорбент
		Акт. уголь БАУ
Константы сорбции $\cdot 10^{-2}$	277	6,00±0,60
	298	6,45±0,60
	313	6,65±0,60
-ΔG, кДж/моль	277	14,54±1,40
	298	15,45±1,50
	313	16,87±1,70
-ΔH, кДж/моль	В пределах от 277 до 313 К	2,74±0,20
ΔS, Дж·моль/К	277	42,58±4,00
	298	43,94±4,00
	313	45,10±4,00
Емкость сорбента (Γ_∞), мг/г	277	40,00±4,00
	298	47,60±4,50
	313	50,00±5,00

Изучение кинетики сорбции сульфанола на активном угле БАУ. В колбу на 500 см^3 вносили определенное количество раствора анионного поверхностно-активного вещества с концентрацией $1\cdot10^{-3}$ М, доводили объем раствора до 500 см^3 буферным раствором (pH=5). В рассматриваемую систему вводили 2 г активного угля, включали секундомер и перемешивали смесь. Исследуемые системы изучали при трех температурах. Через промежутки времени отбирали пробы раствора, фильтровали с применением стеклянного фильтр до 10 мин [11, 12]. В полученные осветленные растворы вводили 1 см^3 раствора органического реагента с концентрацией С=$1\cdot10^{-3}$ М и определяли значение оптических плотностей растворов при λ=620 нм в кювете толщиной 0,5 см относительно воды. Согласно полученным значениям оптической плотности проводили построение изотерм кинетики сорбции в координатах «оптическая плотность (***A***) – время (***τ***)», приведенных на рис. 9.

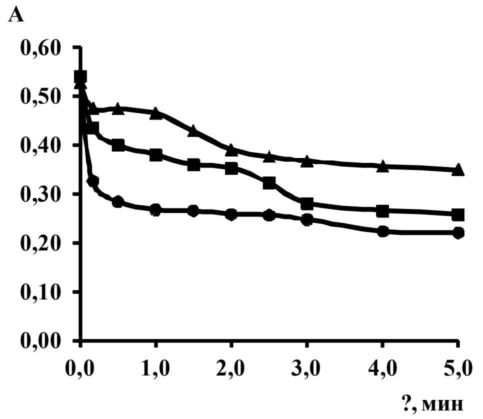

Рис. 9. Изотермы кинетики сорбции сульфанола активным углем БАУ: Δ-277 К; □-298; ○-313 К

Основываясь на результаты проведенных исследований были определены величины констант кинетики сорбции, $S^{\#}$ и $E_{акт}$ анионного поверхностно-активного вещества на активном угле БАУ при трех температурах:

$$К = \frac{1}{\tau}\ln\frac{A_0}{A_i}, \quad (5)$$

где A_0 – исходная оптическая плотность раствора; A_i – оптическая плотность раствора в момент времени τ; τ – время, с.

Согласно графикам Аррениуса в координатах «$lnK – 1/T$» были определены величины энергии активации ($E_{акт}$), а также с использованием уравнения Эйринга изменение энтропии образования сорбционных комплексов ($\Delta S^{\#}$):

$$\ln PZ_0 = 10{,}36 + \ln T + \frac{\Delta S^{\#}}{R}, \qquad (6)$$

где в уравнении (6) PZ_0 – предэкспоненциальный фактор в уравнении Аррениуса, $\Delta S^{\#}$ – изменение энтропии активации формирования активированного комплекса, R – универсальная газовая постоянная, T – температура.

Полученные результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Термодинамические характеристики кинетики сорбции сульфанола на активном угле БАУ (n=6, P=0,95, t_p=2,57)

Определяемая характеристика	Температура, К	Сорбент: Активный уголь БАУ
Константы скоростей $K \cdot 10^{-2}$ c^{-1} при температурах, К	277	1,54±0,10
	298	3,88±0,40
	313	7,54±0,70
$E_{акт}$, кДж/моль	В пределах от 277 до 313 К	2,81±0,20
$-\Delta S^{\#}$, Дж/моль·К	277	1,93±0,18
	298	1,94±0,19
	313	1,98±0,20

Описывая результаты исследований необходимо отметить, что для всех приведенных сорбционных процессов характерно наличие достаточно крутых начальных участков изотерм кинетики сорбции. При этом процесс адсорбции протекает достаточно быстро, и оканчивается в течение пяти минут. Это говорит о том, что сорбат практически полностью сорбируется на рассматриваемом сорбенте.

Способ очистки воды от сульфанола с применением активного угля БАУ. В ходе исследований была изучена возможность протекания процесса очистки воды от сульфанола активным углем БАУ. Рассматриваемый компонент в качестве загрязнителя вводили в систему и определяли опытным путем величины эффективности процесса очистки согласно следующему выражению [11, 12]:

$$Э = \frac{C_0 - C}{C_0} \cdot 100\%, \qquad (7)$$

где $Э$ – эффективность процесса очистки, %; C_0 – исходная концентрация компонента, моль/дм^3; C – остаточная концентрация компонента, моль/дм^3.

В ходе исследований получены следующие результаты, приведеные в табл. 3.

Таблица 3

Эффективность процесса очистки воды от сульфанола с применением активного угля марки БАУ (n=6, P=0,95, t=2,57)

Сорбент	Исходная концентрация$\cdot 10^4$, моль/дм^3	Концентрация после сорбции$\cdot 10^4$, моль/дм^3 (Температура, К)			Эффективность очистки, %		
		277	298	313	277	298	313
Акт.уголь БАУ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	1,00	0,02	0,02	0,02	98,00	98,00	98,00
	2,00	0,06	0,06	0,05	97,00	97,00	97,50
	3,00	0,18	0,12	0,10	94,00	96,00	96,67
	4,00	0,35	0,25	0,13	91,25	93,75	96,88
	5,00	0,50	0,35	0,25	90,00	93,00	95,00
	6,00	0,65	0,48	0,35	89,17	92,00	94,17
	7,00	0,75	0,55	0,40	89,29	92,14	94,29
	8,00	0,80	0,62	0,55	90,00	92,25	93,13
	9,00	1,05	0,65	0,60	88,33	92,78	93,33

Исходя из полученных значений, можно сделать следующий вывод о том, что рассматриваемый сорбент (активный уголь марки БАУ) можно применять в процессе сорбционной очистки от анионных поверхностно-активных веществ, таких как сульфанол. Основываясь на данных таблицы 3 можно сделать вывод о том, что рассматриваемый сорбент эффективно поглощает анионные поверхностно-активные вещества из водных растворов со степенью очистки до 98%.

Анализ результатов позволяет сделать заключение о том, что сорбция сульфанола на активном угле БАУ из водных растворов происходит достаточно активно. Полученные результаты позволяют считать, что происходит образование прочных адсорбционных комплексов, при этом емкость сорбентов по отношению к поверхностно-активному веществу достаточно высока. Это позволит не только фотометрическим способом определять наличие компонента в растворе, но и моделировать процесс адсорбции на сорбентах различных типов.

Литература

1. Перов П.А. Тематический обзор. Аналитический контроль за содержанием поверхностно-активных веществ и сопутствующих компонентов в производственных и сточных водах. М.: ЦНИИТЭНефтехим. 1990. 67 с.

2. Саввин С.Б., Чернова Р.К., Штыков С.Н. Поверхностно-активные вещества. М.: Наука. 1991. 252 с.

3. Проблемы очистки сточных вод, содержащих высокие концентрации анионных ПАВ /Л.И. Гущина, А.С. Грищенко, И.Л. Евлахова и др. М.: ЦНИИТЭНефтехим. 1991. 39 с.

4. Дрозд А.В., Климов Б.Г. Одновременное экстракционно-фотометрическое определение анионных ПАВ с родамином 6Ж // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53. № 8. С. 811 – 814.

5. Чернова Р.К., Ястребова Н.Н., Панкратов А.Н. Новый реагент для экстракционно-фотометрического определения анионных поверхностно-активных веществ // Зав. лабор. 1994. Т. 60. № 8. С. 4 – 6.

6. Сорбционная очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с применением брусита. Бобылева Светлана Анатольевна: Дисс... канд. техн. наук. Новосибирск. 2005. 156 с.

7. Шачнева Е.Ю. Поверхностно-активные вещества в объектах окружающей среды. Синтез, строение, свойства и применение. Германия: Издательство «Lambert. Academic Publishing». Пер. 2014. 93 с.

8. Шачнева Е.Ю. Поверхностно-активные вещества в объектах окружающей среды. Основные свойства и области применения. Германия: Издательство «Lambert. Academic Publishing». Пер. 2014. 73 с.

9. Шачнева Е.Ю. Поверхностно-активные вещества и флокулянты в объектах окружающей среды. Методы концентрирования и определения. Учебное пособие. Германия: Издательство «Palmarium Academic Publishing». Пер. 2013. 97 с.

10. Перевозчиков Н.Б., Азиатцева Ю.А. Количественное определение поверхностно-активных веществ различной природы в водных растворах // Вестник Удмуртского университета. 2010. Вып. 2. С. 54 – 66.

11. Шачнева Е.Ю. Физико-химия адсорбции флокулянтов и синтетических поверхностно-активных веществ на сорбенте СВ-1-А: Дисс... канд. хим. наук: 02.00.04. Махачкала. 2011. 139 с.

12. Шачнева Е.Ю. Способ фотометрического определения сульфанола с органическим реагентом // «Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечение экологической безопасности промышленных регионов»: Мат-лы Межд. научн. конф. Кемерово. КемТИПП. 2017. С. 255 – 260.

References

1. Perov P.A. Tematicheskij obzor. Analiticheskij kontrol' za soderzhaniem poverhnostno-aktivnyh veshchestv i soputstvuyushchih komponentov v proizvodstvennyh i stochnyh vodah. M.: CNIITEHNeftekhim. 1990. 67 s.

2. Savvin S.B., CHernova R.K., SHtykov S.N. Poverhnostno-aktivnye veshchestva. M.: Nauka. 1991. 252 s.

3. Problemy ochistki stochnyh vod, soderzhashchih vysokie koncentracii anionnyh PAV /L.I. Gushchina, A.S. Grishchenko, I.L. Evlahova i dr. M.: CNIITEHNeftekhim. 1991. 39 s.

4. Drozd A.V., Klimov B.G. Odnovremennoe ehkstrakcionno-fotometricheskoe opredelenie anionnyh PAV s rodaminom 6ZH // ZHurn. analit. himii. 1998. T. 53. № 8. S. 811 – 814.

5. CHernova R.K., YAstrebova N.N., Pankratov A.N. Novyj reagent dlya ehkstrakcionno-fotometricheskogo opredeleniya anionnyh poverhnostno-aktivnyh veshchestv // Zav. labor. 1994. T. 60. № 8. S. 4 – 6.

6. Sorbcionnaya ochistka stochnyh vod ot ionov tyazhelyh metallov s primeneniem brusita. Bobyleva Svetlana Anatol'evna: Diss... kand. tekhn. nauk. Novosibirsk. 2005. 156 s.

7. SHachneva E.YU. Poverhnostno-aktivnye veshchestva v ob"ektah okruzhayushchej sredy. Sintez, stroenie, svojstva i primenenie. Germaniya: Izdatel'stvo «Lambert. Academic Publishing». Per. 2014. 93 s.

8. SHachneva E.YU. Poverhnostno-aktivnye veshchestva v ob"ektah okruzhayushchej sredy. Osnovnye svojstva i oblasti primeneniya. Germaniya: Izdatel'stvo «Lambert. Academic Publishing». Per. 2014. 73 s.

9. SHachneva E.YU. Poverhnostno-aktivnye veshchestva i flokulyanty v ob"ektah okruzhayushchej sredy. Metody koncentrirovaniya i opredeleniya. Uchebnoe posobie. Germaniya: Izdatel'stvo «Palmarium Academic Publishing». Per. 2013. 97 s.

10. Perevozchikov N.B., Aziatceva YU.A. Kolichestvennoe opredelenie poverhnostno-aktivnyh veshchestv razlichnoj prirody v vodnyh rastvorah // Vestnik Udmurtskogo universiteta. 2010. Vyp. 2. S. 54 – 66.

11. SHachneva E.YU. Fiziko-himiya adsorbcii flokulyantov i sinteticheskih poverhnostno-aktivnyh veshchestv na sorbente SV-1-A: Diss... kand. him. nauk: 02.00.04. Mahachkala. 2011. 139 s.

12. SHachneva E.YU. Sposob fotometricheskogo opredeleniya sul'fanola s organicheskim reagentom // «Aktual'nye voprosy ohrany okruzhayushchej sredy i obespechenie ehkologicheskoj bezopasnosti promyshlennyh regionov»: Mat-ly Mezhd. nauchn. konf. Kemerovo. KemTIPP. 2017. S. 255 – 260.

Shachneva E.Yu., Candidate of Chemical Sciences (Ph.D.), Professor of RANS,
Astrakhan State University,
Khentov V.Ya., Doctor of Chemical Sciences (Advanced Doctor), Professor,
Southern Russian State Polytechnical University

SORPTION-PHOTOMETRIC DETERMINATION OF ANIONIC SURFACTANTS IN THE PRESENCE OF ORGANIC REAGENT

Abstract: the article describes the characteristics of a class of surfactants and the use of substances in the petrochemical industry. The classification of anionic surfactants is considered. The main structural elements of the structure of substances of the considered class are presented. A brief description of the most commonly used methods for the analysis of anionic surfactants is given. Advantages of using photometric, extraction-photometric and spectrophotometric methods for the determination of anionic surfactants using triphenylmethane dyes are described. In the course of the study, the content of the anionic surfactant (sulfonol) in the solution was monitored spectrophotometrically using the indicator reaction with malachite green. The use of the method in question to study sorption processes in a surfactant system is justified by the fact that surfactants are able to form complex compounds (ionic associates) with organic reagents with characteristic light absorption bands.

The results of a photometric determination of an anionic surfactant (sulfonol) using an organic reagent, malachite green, are presented. The effect of the acidity of the environment on the process of adsorption of a component in aqueous solutions is described. A calibration graph for determining the concentration of the component is given.

The main thermodynamic parameters of sulfon adsorption on activated carbon, such as enthalpy (ΔH), isobaric-isothermal potential (ΔG) and entropy (ΔS) sorption were determined during the research. The obtained research results can be used for quantitative determination of the component and modeling of adsorption mechanisms.

The main characteristics of the sorption kinetics of a surfactant (sulfanol) on active coal are calculated. Isotherms of sorption kinetics are given. The possibility of purification from the above-described component using the sorbent under consideration is described.

Keywords: sorption, active carbons, sulfonol, purification