

тором при выборе сорбентов для концентрирования и выделения Cd (II) и Pb (II) является чистота сорбента. Основной вклад в сходимость результатов измерения вносит размер и структура частиц сорбента, их фракционный состав. Показана необходимость стабилизации суспензий сорбентов-концентратов при их электротермическом атомно-абсорбционном анализе.

**РЕЗЮМЕ.** Досліджено фактори, що впливають на метрологічні характеристики сорбційно-атомно-абсорбційного визначення свинцю(II) та кадмію(II) у суспензіях сорбентів.

**SUMMARY.** The factors influencing on the metrological characteristics of hyphenated sorption-atomic-absorption determination of lead (II) and cadmium (II) in sorbents slurries were investigated.

1. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. -М.: Химия, 1988.

2. Полянский Н.Г. Аналитическая химия свинца. -М.: Наука, 1986.
3. Щербов Д.П., Матвеев М.А. Аналитическая химия кадмия. -М.: Наука, 1973.
4. Седых Э.М., Мясоедова Г.В., Ишимярова Г.Р., Касимова О.Г. // Журн. аналит. химии. -1990. -**45**, № 10. -С. 1895—1903.
5. Львов Б.В., Рябчук Г.Н. // Журн. прикл. спектроскопии. -1980. -**33**, № 6. -С. 1013—1018.
6. Мехмет Яман // Журн. аналит. химии. -2003. -**58**, № 5. -С. 513—516.
7. Орешкин В.Н., Малофеева Г.И., Внуковская Г.Л. и др. // Там же. -1986. -**41**, № 3. -С. 481—485.
8. Ширяева О.А., Колонина Л.Н., Владимирская И.Н. и др. // Там же. -1982. -**37**, № 2. -С. 281—284.
9. Трофимчук А.К., Дьяченко Н.А., Легенчук А.В., Лосев В.Н. // Укр. хим. журн. -2004. -**70**, № 1. -С. 34—37.
10. Тайц Е.М., Андреева И.А. Методы анализа и испытания углей. -М.: Недра, 1983.
11. Львов Б.В., Николаев В.Г., Норманн Е.А. и др. // Журн. аналит. химии. -1989. -**4**, № 5. -С. 802—809.
12. Романов С.Н., Шевчук И.А. // Там же. -2006. -**61**, № 5. -С. 513—517.

Донецкий национальный университет  
Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко  
Институт физико-органической химии и углехимии  
им. Л.М. Литвиненко НАН Украины, Донецк

Поступила 31.01.2007

УДК 543.2+542.61+611.185.1

**С.А. Куличенко, В.А. Дорошук, О.И. Федорчук**

## **ЛИОФИЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ФЕНОЛ-ИНДУЦИРОВАННЫХ МИЦЕЛЛЯРНЫХ ФАЗ НЕИОННОГО ПАВ ОП-10**

Изучены состав и лиофильные свойства мицеллярных фаз, образующихся нагреванием индивидуальных растворов неионного поверхностно-активного вещества ОП-10 и при введении гидротропных добавок. Исследовано влияние фенола на параметры фазового расслоения в системе. Показана возможность целенаправленного регулирования лиофильных свойств мицеллярных фаз неионных поверхностно-активных веществ для их эффективного использования в целях концентрирования субстратов различной природы.

Предварительное концентрирование является важным этапом аналитического цикла при определении микрокомпонентов в реальных объектах. Наиболее изученными и используемыми являются экстракционные и сорбционные методы концентрирования [1]. Оба метода основаны на межфазном распределении субстрата, причем, в большинстве случаев, одной из фаз является вода. Важным фактором, определяющим эффективность и избирательность концентрирования, являются лиофильные свойства принимающей органической фазы или сор-

бента [2]. Наиболее распространенной в практике анализа является традиционная экстракция органическими растворителями. Помимо очевидных преимуществ, традиционная экстракция имеет и ряд недостатков — невысокие коэффициенты абсолютного концентрирования, токсичность используемых растворителей, невозможность концентрирования ионных форм субстратов, определенные ограничения при работе с биоматериалами [2].

Удобной и рациональной альтернативой традиционной экстракции растворителями выступа-

© С.А. Куличенко, В.А. Дорошук, О.И. Федорчук, 2008

ет интенсивно развивающаяся в последние годы мицеллярная экстракция микрокомпонентов фазы неионных поверхностно-активных веществ (НПАВ) при температуре помутнения [3—5]. Мицеллярная экстракция существенно улучшает основные параметры концентрирования, открывает возможность извлечения "заряженных" форм неорганических и органических субстратов различной гидрофобности [6—9].

Растворимость НПАВ в воде обусловлена образованием системы водородных связей между атомами кислорода полиоксиэтиленовой цепи НПАВ и молекулами воды. Разрушение таких связей приводит к фазовому расслоению в системе. При этом образуются мицеллярная фаза НПАВ и водно-мицеллярный раствор с концентрацией неионного ПАВ, близкой к критической концентрации мицеллообразования (ККМ). В целях концентрирования используется мицеллярная фаза НПАВ [10]. На практике применяются несколько способов разрушения гидратной оболочки НПАВ и стимулирования фазообразования: нагревание растворов, введение электролитов, кислот и гидротропов [11—14]. При этом в качестве гидротропов наиболее часто используют фенол и его производные. Фенол-индуцированная мицеллярная экстракция обнаруживает свои преимущества при концентрировании легко гидролизующих ионов металлов, летучих органических субстратов, лабильных биоматериалов [5].

Рациональное и эффективное применение метода требует понимания основных закономерностей поведения НПАВ в растворах в присутствии модифицирующих добавок фенола, их влияния на основные характеристики системы и лиофильные свойства образующихся мицеллярных фаз.

Эффективность мицеллярно-экстракционных систем определяется комплексом параметров: приемлемыми значениями температуры помутнения ( $T_{\text{п}}$ ); коэффициентом абсолютного концентрирования (соотношение объемов водной и мицеллярных фаз,  $K = V_{\text{вф}}/V_{\text{мф}}$ ), сбалансированностью лиофильных свойств мицеллярной фазы НПАВ и субстрата. Последний фактор представляется доминирующим и наименее исследованным.

Фенол-индуцированные мицеллярные фазы состоят из неионного ПАВ, фенола и воды. Поэтому их лиофильность можно оценить с помощью мольного соотношения составляющих компонентов или расчетом эффективных чисел гидратации (Чг), передающих число молекул воды, приходящихся на один атом кислорода полиоксиэтиленовой цепи НПАВ в фазе.

Цель данной работы — изучение влияния осно-

вных экспериментальных условий на состав и лиофильные свойства формирующихся в присутствии фенола мицеллярных фаз неионного ПАВ ОП-10.

В качестве НПАВ использовали препарат полиоксиэтилированного алкилфенола ОП-10 со средней степенью оксиэтилирования  $m=10—12$  производства ЗТос (Ивано-Франковск, Украина), содержание основного вещества в котором составляло менее 98.5 %. Использовали фенол квалификации ч.д.а. Растворы НПАВ и фенола готовили растворением точной навески препаратов в дистиллированной воде.

Охлажденные до 3 °С растворы НПАВ известной концентрации, содержащие все необходимые дополнительные компоненты (фенол, кислота–щелочь), помещали в калиброванные мерные цилиндры объемом 10 мл, закрепляли в штативы и нагревали до температуры помутнения. Температуру растворов контролировали с помощью термометров, погруженных в цилиндры и непосредственно в баню. Растворы нагревали со скоростью ~1 °С/мин. Температуру помутнения растворов фиксировали при появлении характерной опалесценции. Плотность мицеллярной фазы несколько выше плотности воды и образующаяся фаза НПАВ собиралась на дне цилиндра. В зависимости от условий время расслоения фаз составляло 30—45 мин. После расслоения фазы разделяли декантацией, доводили объем до 10 мл и измеряли содержание фенола и НПАВ.

Межфазное распределение фенола контролировали рН-метрическим титрованием водной и мицеллярной фазы стандартным раствором щелочи. После титрования фенола измеряли остаточное содержание НПАВ в водной фазе спектрофотометрическим методом по реакции с ассоциатом малахитового зеленого с додецилсульфат-анионом [15].

Кислотность растворов измеряли с помощью рН-метра рН-340. Поглощение растворов при определении остаточного содержания НПАВ в растворах проводили с помощью фотометра КФК-3.

На основании полученных данных в рамках традиционной модели экстракции рассчитывали коэффициент распределения и степень извлечения фенола и ОП-10, а также состав формирующихся мицеллярных фаз. Расчет значений параметров распределения и чисел гидратации проводили с учетом объемов образующихся мицеллярных фаз по формулам, предложенным в [16].

Установлено, что с увеличением концентрации НПАВ температура помутнения растворов ОП-10 понижается. Так, при изменении концентрации ОП-10 с 0.5 до 5 % величина  $T_{\text{п}}$  снижается с 77 до 69 °С. При этом концентрационная зависимость объема формирующихся мицеллярных фаз ( $V_{\text{мф}}$ ) имеет

восходящий вид и при аналогичном изменении концентрации НПАВ величина  $V_{\text{мф}}$  возрастает с 0.2 до 3.0 мл (табл. 1). Примечательно, что при  $C_{\text{НПАВ}} = 3\%$  ход обсуждаемой зависимости преломляется. С нашей точки зрения, это свидетельствует о фазовых перегруппировках в системе. Так, в растворах ПАВ можно регистрировать несколько критических концентраций ( $\text{ККМ}_1$ ,  $\text{ККМ}_2$  и т.д.), ответственных за последовательные фазовые перестройки образующихся в системе мицеллярных агрегатов [17]. Фазовые перестройки в исходном растворе ОП-10 могут сказываться на строении формирующихся при помутнении мицеллярных фаз и изменять ход кривых  $V_{\text{мф}} = f(C_{\text{НПАВ}})$ .

Т а б л и ц а 1

**Зависимость объемов мицеллярных фаз и предельных значений коэффициентов абсолютного концентрирования микропримесей от концентрации НПАВ ( $V_0 = 10$  мл)**

$C_{\text{НПАВ}}, \%$	$V_{\text{мф}}$	$K = V_{\text{вф}}/V_{\text{мф}}$
0.5	0.2	49
1.0	0.6	16
1.5	0.9	10
2.0	1.2	7.3
2.5	1.5	5.7
3.0	1.7	4.9
4.0	2.4	3.2
5.0	3.0	2.3

Объем фаз НПАВ в методе мицеллярной экстракции определяет эффективность абсолютного концентрирования. Максимальный коэффициент концентрирования из 10 мл пробы достигается при использовании 0.5 %-х растворов НПАВ, что указывает на целесообразность применения разбавленных растворов ОП-10 в целях концентрирования.

Установлено, что при увеличении концентрации ОП-10 в исходном растворе с 0.5 до 5 % рассчитанные значения эффективных чисел гидратации находятся в интервале 17—16 с локальным минимумом при  $C_{\text{НПАВ}} = 3\%$ . Примечательно, что экстремумы зависимостей  $\mu_{\text{НПАВ}} = f(C_{\text{НПАВ}})$  и  $\mu_{\text{H}_2\text{O}} = f(C_{\text{НПАВ}})$  (максимум и минимум соответственно) также регистрируются при  $C_{\text{НПАВ}} = 3\%$  (рис. 1). Формирующаяся фаза содержит большое количество воды (>99 %) и высказанное суждение о существенном влиянии содержания воды в фазе на ее лиофильные свойства представляется обоснованным. При этом рассчитанные значения  $\text{Чг}$  сравнительно невелики, ло-

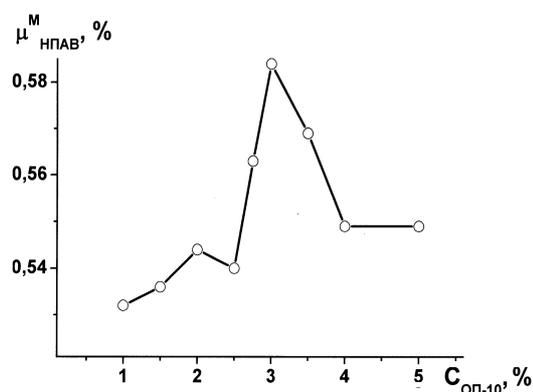


Рис. 1. Зависимость мольной доли (%) ОП-10 в мицеллярной фазе после фазового разделения от концентрации НПАВ в исходном растворе

гичны и соответствуют имеющимся в литературе представлениям о гидратации мицеллярных фаз при температуре помутнения [16, 18].

Совпадение экстремумов зависимостей  $V_{\text{мф}}$ ,  $\text{Чг}$ ,  $\mu_{\text{НПАВ}}$  и  $\mu_{\text{H}_2\text{O}}$  от содержания НПАВ в исходном растворе может служить дополнительным доказательством фазовых перестроек при  $C_{\text{НПАВ}} = 3\%$ .

При введении фенола в растворы ОП-10 наблюдается резкое снижение температуры помутнения в системе. При этом фазообразование можно наблюдать при комнатной температуре. Зависимости  $T_{\text{п}} = f(C_{\text{НПАВ}})$  состоят из двух фрагментов: близкой к линейной ( $r = 0.97—0.99$ ) ниспадающей ветви и нижнего плато. Так, введение 1.0 % фенола в 0.5 %-й раствор ОП-10 снижает температуру помутнения до 3 °С. Такое значительное понижение  $T_{\text{п}}$  открывает дополнительные возможности для концентрирования биоматериалов.

Понижение температуры помутнения в присутствии фенола объясняется разрушением гидратной оболочки полиоксиэтиленовой цепи НПАВ, увеличением степени ее насыщения фенолом и образованием более гидрофобных фенолсодержащих аддуктов. При этом для разных концентраций НПАВ кривые зависимостей  $T_{\text{п}} = f(C_{\text{Ph-OH}})$  мало различимы. Вместе с этим аналогичные зависимости в координатах  $T_{\text{п}} = f(C_{\text{Ph-OH}}/C_{\text{НПАВ}})$  характеризуются различными тангенсами угла наклона.

Установлено, что небольшие добавки фенола на объем формирующейся фазы ОП-10 практически не влияют. Так, при изменении концентрации фенола в интервале 0.15—0.75 % объем мицеллярных фаз ОП-10 остается постоянным. Дальнейшее увеличение содержания гидротропа приводит к резкому увеличению значений  $V_{\text{мф}}$ . Примечательно, что концентрация фенола, при которой наблюдается

увеличение объема формирующихся мицеллярных фаз, соответствует выходу зависимости  $T_{п} = f(C_{НПАВ})$  на нижнее плато.

Зависимости  $T_{п}$  и  $V_{мф} = f(C_{НПАВ})$  при постоянном содержании фенола в растворе имеют восходящий вид. Так, с увеличением содержания НПАВ в исходном растворе от 0.5 до 2 % температура фазообразования резко возрастает с 22 до 70 °С, а объем мицеллярной фазы увеличивается с 0.3 до 1.6 мл (рис. 2). Логично, что увеличение доли неионного ПАВ в системе нивелирует влияние гидротропной добавки фенола и параметры фазообразования возвращаются к показателям чистых растворов НПАВ.

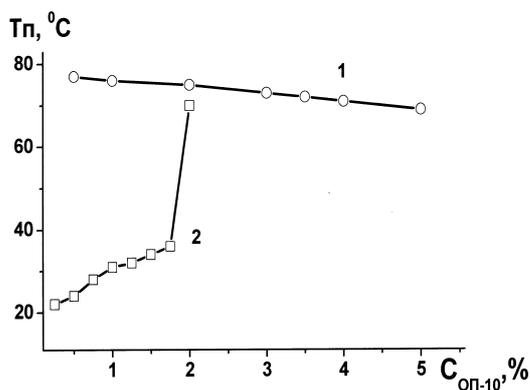


Рис. 2. Зависимость температуры помутнения от концентрации НПАВ в индивидуальных растворах ОП-10 (1) и в присутствии фенола (2).  $C_{Ph-OH} = 0.5\%$  (2).

В растворах индивидуального ОП-10 изменение рН в интервале 0.5—11 не приводит к значительному изменению температуры помутнения и объемов формирующихся мицеллярных фаз (рис. 3). Дальнейшее повышение рН растворов приводит к уменьшению значений  $T_{п}$  и  $V_{мф}$ , что объясняется деструкцией полиоксиэтильной цепи НПАВ в сильнощелочной среде [10].

Температура помутнения растворов ОП-10 в присутствии фенола при изменении кислотности в интервале рН 0.5—9 также практически не изменяется. Однако при рН > 9 значение  $T_{п}$  резко возрастает и приближается к температуре помутнения в растворах индивидуального НПАВ (рис. 3). Значение рН максимума дифференциальной зависимости  $dT_{п}/d\text{pH} = f(\text{pH})$  соответствует эффективно значению  $pK_a$  фенола в растворах НПАВ.

Полученные результаты показывают, что ответственной за гидротропное действие фенола является его молекулярная форма и понижение  $T_{п}$  в изучаемых системах можно объяснить образованием водородных связей между атомами кислорода полиоксиэтиленовой цепи НПАВ и водородом гидроксо-

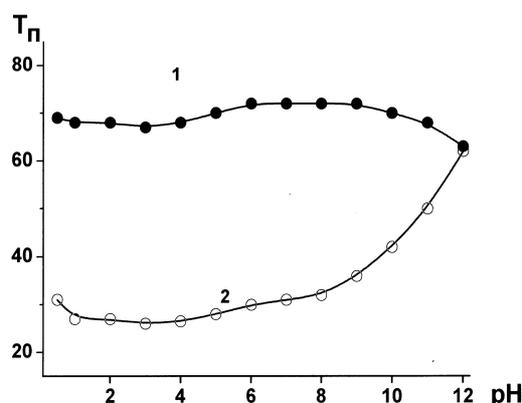


Рис. 3. Зависимость температуры помутнения растворов ОП-10 от рН в отсутствие (1) и в присутствии (2) добавок фенола.  $C_{НПАВ} = 1.0\%$  (1,2);  $C_{Ph-OH} = 0.5\%$  (2).

группы фенола. Следует отметить, что зависимость объема формирующихся мицеллярных фаз от кислотности растворов имеет вид, схожий с аналогичной зависимостью для индивидуальных растворов ОП-10.

Установлено, что введение в исследованные системы фенола уменьшает гидратацию мицеллярных фаз НПАВ (табл. 2). Так, 0.75 %-е добавки фенола снижают значения  $\text{Чг}$  образованных из 1- и 1.5 %-х растворов фаз НПАВ приблизительно до 12 и 10 соответственно. При этом изменение содержания фенола в системе на гидратацию мицеллярной фазы влияет мало. С другой стороны, увеличение концентрации НПАВ в исходном растворе приводит к постепенному уменьшению эффективных чисел гидратации (рис. 4). Так, возрастание содержания НПАВ с 0.5 до 1.5 % снижает рассчитанные значения  $\text{Чг}$  практически в два раза.

Гидрофобизирующее влияние гидротропа представляет дополнительные возможности по регулированию лиофильных свойств мицеллярных фаз ОП-10 и расширяет возможности применения фе-

Т а б л и ц а 2

Зависимость чисел гидратации мицеллярных фаз ОП-10 от концентрации фенола

$C_{Ph-OH}, \%$	Числа гидратации	
	$C_{НПАВ} = 1.0\%$	$C_{НПАВ} = 1.5\%$
0	17.0	16.9
0.15	13.5	12.4
0.25	13.9	10.1
0.50	12.5	10.1
0.75	11.8	10.0

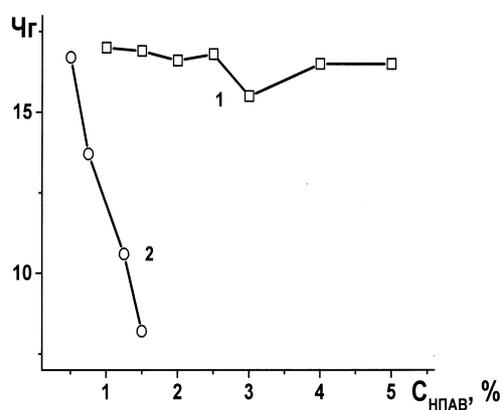


Рис. 4. Зависимость чисел гидратации образующейся мицеллярной фазы от концентрации НПАВ в исходном растворе в отсутствие (1) и в присутствии (2) фенола.  $C_{\text{Ph-OH}}=0.5\%$  (2).

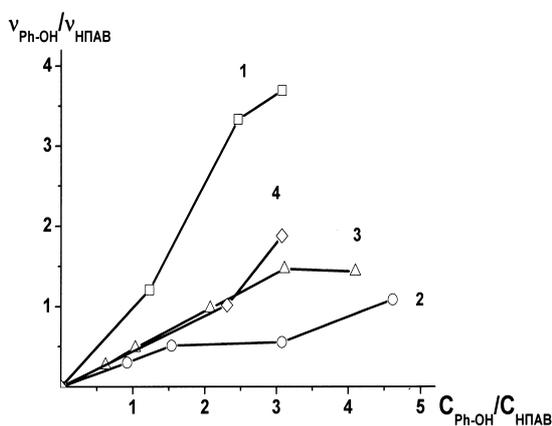


Рис. 5. Зависимость мольного соотношения фенола и НПАВ в мицеллярной фазе от соотношения концентраций фенола и НПАВ в исходном растворе.  $C_{\text{НПАВ}}=0.5\%$  (1), 1.0 (2), 1.5 (3), 2.0 % (4).

нол-индуцированной мицеллярной экстракции для концентрирования гидрофобных субстратов.

Интересно, что рассчитанные значения  $\text{Чг}$  мицеллярных фаз хорошо коррелируют с температурой помутнения соответствующих растворов и зависимости  $\text{Чг}=f(T_{\text{п}})$  имеют линейный характер. Так, для систем с постоянной концентрацией НПАВ возрастание  $T_{\text{п}}$  соответствует увеличению гидратации мицеллярных фаз. С другой стороны, при проведении экспериментов в условиях постоянства содержания фенола зависимости  $\text{Чг}=f(T_{\text{п}})$  имеют ниспадающий характер.

В работе установлен состав мицеллярных фаз, формирующихся в растворах ОП-10 в присутствии фенола. Показано, что с увеличением концентрации фенола в исходном растворе его содержание в мицеллярной фазе возрастает. Интересно, что при малых

концентрациях НПАВ величина мольного отношения фенола и НПАВ в мицеллярной фазе ( $v_{\text{Ph-OH}}/v_{\text{НПАВ}}$ ) близка к аналогичному соотношению компонентов в исходном растворе (рис. 5, кривая 1). Однако при увеличении содержания ОП-10 в растворе наблюдается уменьшение величины  $v_{\text{Ph-OH}}/v_{\text{НПАВ}}$  в формируемых фазах. Следовательно, состав мицеллярных фаз НПАВ определяется как абсолютными концентрациями гидротропа и НПАВ в исходном растворе, так и их соотношением.

Установлено, что с увеличением содержания неионного ПАВ в системах с постоянной концентрацией фенола мольная доля фенола в мицеллярной фазе уменьшается, а зависимость  $v_{\text{Ph-OH}}/v_{\text{НПАВ}}=f(C_{\text{НПАВ}})$  имеет ниспадающий вид с выходом на плато при  $v_{\text{Ph-OH}}/v_{\text{НПАВ}}=1$ . Примечательно, что при варьировании концентраций фенола и НПАВ в растворе значение  $v_{\text{Ph-OH}}/v_{\text{НПАВ}}$  в мицеллярной фазе, соответствующее степени оксиэтилирования НПАВ ( $m$ ), не достигается.

При обсуждении свойств системы в рамках модели классического распределения можно констатировать, что с увеличением содержания фенола в исходном растворе постоянство параметров его межфазового распределения (степени извлечения и коэффициентов распределения) не наблюдается. Так, при  $C_{\text{НПАВ}}=2\%$  возрастание концентрации фенола до 0.75 % приводит к понижению значений  $R$  и  $D$  с 0.6 до 0.2 и с 17.1 до 10.3 соответственно (табл. 3). При этом с возрастанием исходной концентрации НПАВ степень извлечения фенола увеличивается, что обусловлено возрастанием объемов формируемых мицеллярных фаз. Однако рассчитанные значения коэффициентов распределения фенола понижаются.

Изменение классических параметров распределения в мицеллярно-экстракционной системе может объясняться изменением природы субстрата, принимающей фазы или химическими взаимодействиями между ними. Непостоянство параметров распределения фенола в изучаемой системе указывает, с нашей точки зрения, на доминирующую роль химических взаимодействий, из которых гидрофобные взаимодействия представляются наиболее значимыми. При этом применение модели классического распределения без учета процессов гидрофобного связывания не позволяет прогнозировать изменение свойств формирующихся мицеллярных фаз.

Таким образом, нами изучены состав и лиофильные свойства мицеллярных фаз, образующихся при нагревании индивидуальных растворов неионного ПАВ ОП10 и при введении гидротропных добавок фенола. Исследовано распре-

Т а б л и ц а 3

Зависимость степени извлечения ( $R$ ) и коэффициента распределения ( $D$ ) фенола при изменении концентрации фенола и НП АВ в исходном растворе

$C_{\text{Ph-OH}}, \%$	$C_{\text{НПАВ}} = 0.5 \%$		$C_{\text{НПАВ}} = 1.0 \%$		$C_{\text{НПАВ}} = 1.5 \%$		$C_{\text{НПАВ}} = 2.0 \%$	
	$R$	$D$	$R$	$D$	$R$	$D$	$R$	$D$
0.15	—	—	0.3	8.4	0.4	9.5	—	—
0.25	0.20	13	0.3	8.4	0.4	10	0.6	17
0.50	0.15	8.9	0.2	4.3	0.4	10	0.5	12
0.75	0.12	7.0	0.1	3.6	0.5	14	0.2	10

деление НП АВ и фенола между водной и формирующимися мицеллярными фазами. Установлены закономерности изменения гидратации мицеллярных фаз при изменении содержания НП АВ и гидротропа в исходном растворе. Возможность рационального регулирования лиофильных свойств мицеллярных фаз может быть использована в анализе для повышения эффективности концентрирования субстратов различной гидрофобности.

**РЕЗЮМЕ.** Досліджено склад та ліофільні властивості мицеллярних фаз, що утворюються при нагріванні індивідуальних розчинів неіонної поверхнево-активної речовини (НПАВ) ОП-10 та при введенні гидротропних добавок. Вивчено вплив фенолу на параметри фазового розшарування в системі. Показано можливість цілеспрямованого регулювання ліофільних властивостей мицеллярних фаз НП АВ для їх ефективного використання з метою концентрування субстратів різної природи.

**SUMMARY.** The content and lyophilic properties of the micellar phases formed at heating from solutions of the individual nonionic surfactant ОП-10 and in the presence of hydrotropic agents were studied. The influence of phenol additions on the phase separation in the system was observed. The ability of the rational regulation of the lyophilic properties of surfactant-rich phases for the effective preconcentrating procedures was shown.

1. Кузьмин Н.М., Золотов Ю.А. Концентрирование следов элементов. -М.: Наука, 1988.
2. Москвин Л.Н., Царицына Л.Г. Методы разделения и концентрирования в аналитической химии. -Л.: Химия, 1991.

3. Штыков С.Н. // Журн. аналит. химии. -2002. -57, № 10. -С. 1018—1028.
4. Quina F.H., Hinze W.L. // Ind. Eng. Chem. Res. -1999. -38, № 11. -P. 4150—4168.
5. Hinze W.L., Pramauro E. // CRC Crit. Rev. Anal. Chem. -1993. -24, № 2. -P. 133—177.
6. Li Y., Hu B., Jiang Z. // Anal. Chim. Acta. -2006. -576, № 2. -P. 207—214.
7. Tang A., Ding G., Yan X. // Talanta. -2005. -67, № 5. -P. 942—946.
8. Maranhzo T., Borges D., da Veiga M., Curtius A. // Spectrochim. Acta. Pt B: Atomic Spectroscopy. -2005. -60, № 5. -P. 667—672.
9. Donati G.L., Nascentes C.C., Nogueira Аю et al. // Microchem. J. -2006. -82, № 2. -P. 189—195.
10. Шенфельд Н. Поверхностно-активные вещества на основе оксида этилена. -М.: Химия, 1982.
11. Zhao G., Chen S.B. // Langmuir. -2006. -22. -P. 9129—9134.
12. Wang Z., Zhao F., Li D. // Colloids Surfaces. -2003. -216, № 1-3. -P. 207—214.
13. Briganti G., Puvvada S., Blankschtein D. // J. Phys. Chem. -1991. -95, № 22. -P. 8989.
14. Беширова О.І., Дорошук В.О., Куліченко С.А. // Вісн. Київ. ун-ту. Хімія. -2006. -43. -С. 39—41.
15. Сухан В.В., Куличенко С.А., Максимюк Е.Г., Доленко С.А. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. -1991. -34, № 6. -С. 41—44.
16. Куліченко С.А., Дорошук В.О. // Вісн. Київ. ун-ту. Хімія. -2002. -38. -С. 20—24.
17. Сердюк А.И., Кучер Р.В. Мицеллярные переходы в растворах поверхностно-активных веществ. -К.: Наук. думка, 1987.
18. Doroschuk V.O., Lelyushok S.O., Rakhilchuk O.O., Kulichenko S.A. // J. Colloid Interface Sci. -2006. -299, № 1. -P. 403.

Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко

Поступила 02.03.2007