

УДК 542.61

С.А. Денисова¹, А.Е. Леснов², М.Н. Михеева¹

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт технической химии УрО РАН, Пермь, Россия

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ВОДА – СИНТАНОЛ АЛМ-10 –
– СУЛЬФАТ АММОНИЯ В ЭКСТРАКЦИОННО-ФОТОМЕТРИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ**

Изучено межфазное распределение ряда фотометрических реагентов в расслаивающейся системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония. Рассмотрено влияние синтаноло АЛМ-10 на комплексообразование хромазуrol S с алюминием и пиридилазонафтола с кобальтом. Показана возможность применения изученной системы в экстракционно-фотометрическом анализе.

Ключевые слова: гель-экстракция; расслаивающиеся системы; экстракционно-фотометрический анализ; хромазуrol S; пиридилазонафтол.

S.A. Denisova¹, A.E. Lesnov², M.N. Miheeva¹

¹ Perm State University, Perm, Russia

² Institute of Technical Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

**APPLICATION OF WATER – SYNTANOL ALM-10 –
– AMMONIUM SULFATE SYSTEM IN AN EXTRACTION-PHOTOMETRIC ANALYSIS**

The interfacial distribution of a number of photometric reagents in stratified water – syntanol ALM-10 – ammonium sulfate system was studied. For example, the effect of synthanol ALM-10 on complexation in the interaction of chromazurol S with aluminum and pyridylazonaphthol with cobalt was studied. The possibility of application of the system in the extraction-photometric analysis was studied.

Keywords: gel extraction; exfoliating system; extraction-photometric analysis; chromazurol S; pyridylazonaphthol.

Введение

Установлено, что водные растворы некоторых ПАВ способны расслаиваться под действием неорганических солей или кислот на две жидкие фазы. На основе этой способности возможна разработка экстракционных методов, лишенных основного недостатка традиционной экстракции – применения токсичных и пожароопасных органических растворителей [1]. Способностью расслаиваться на две жидкие фазы под действием высаливателей обладают водные растворы ПАВ всех типов: неионогенные – синтанолы (алкиловые эфиры полиэтиленгликоля) [2], синтамыды (полиэтиленгликолевые эфиры моноэтаноламинов синтетических жирных кислот) [3]; анионогенные – додецилсульфат натрия [4], оксифос (калий бис-(алкилполиоксиэтиленфосфат)) [5]; катионогенные – соли алкилпиридиния [6], катамин АБ (алкилбензилдиметил аммоний хлорид) [7]. В качестве высаливателей можно использовать большинство солей щелочных металлов или аммония, а также ряд неорганических кислот. Предлагаемые системы не содержат токсичных, пожароопасных или дорогостоящих компонентов.

Как известно, присутствие ПАВ в растворе часто вызывает изменения в химии комплексообразования ионов металлов с органическими комплексообразующими реагентами, влияя на состав комплексов и их спектрофотометрические характеристики. Тем не менее, благодаря образованию разнолигандных комплексов металл – реагент – ПАВ возможно увеличение чувствительности и селективности фотометрических методов [8]. Для этих целей, в том числе, используются и неионогенные ПАВ [9].

На примере систем с катионным ПАВ – катамином АБ [10], анионным – оксифосом Б [11] и неиононым – синтамыдом-5 [12] установлена возможность экстракции органических красителей и их комплексов с ионами металлов.

В связи с этим представляло интерес изучить эффективность использования системы вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония для экстракции органических красителей и их комплек-

сов с ионами металлов, а также выявить влияние добавки синтаноло АЛМ-10 на спектрофотометрические характеристики комплексов некоторых красителей с металлами.

Экспериментальная часть

Синтанол АЛМ-10 (моноалкиловый эфир полиэтиленгликоля на основе первичных жирных спиртов $C_nH_{2n-1}O(C_2H_4O)_mH$, где $n = 12-14$, $m = 8-10$, (ТУ 6-14-864-88)). Третий класс опасности.

Изучение распределения растворов красителей в системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония проводили в градуированных пробирках с притертыми пробками. Для этого в пробирку вносили 3,7 мл 40 %-ного раствора сульфата аммония, 5 мл 30 %-ного ПАВ, 1 мл красителя, доводили объем дистиллированной водой до 15 мл, встряхивали и нагревали пробирку на водяной бане в течение 10 мин. при 80°C . После охлаждения до комнатной температуры верхняя фаза, содержащая ПАВ, застывает в виде малоподвижного геля и легко отделяется от водной фазы. После разделения фаз определяли соотношение объемов фаз и измеряли $pH_{\text{равн}}$ водной фазы. Фазу ПАВ растворяли при нагревании в дистиллированной воде, переносили в мерную колбу на 25 мл, добавляли 2 мл соответствующего буферного раствора и доводили до метки дистиллированной водой. Оптическую плотность измеряли на фоне холостого опыта.

Содержание красителей определяли по градуировочным графикам. Для их построения в мерные колбы на 25 мл вводили различные количества водного раствора красителя, 2 мл соответствующего буферного раствора, 5 мл 30 %-ного раствора синтаноло АЛМ-10, доводили до метки дистиллированной водой. Измерение оптической плотности проводили на спектрофотометре Юнико 1201 в кюветах на 1 см.

Результаты и их обсуждение

С использованием диаграммы растворимости системы вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония выбрано оптимальное соотношение компонентов, которое обеспечивает достаточно

быстрое расслаивание и объем фазы ПАВ, удобный для использования в экстракции: $m((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) = 1,5 \text{ г}$; $m(\text{ПАВ}) = 1,5 \text{ г}$. Общий объем системы поддерживали равным 15 мл. При отсутствии неорганических кислот рН водной фазы системы составляет 6,5. Фаза ПАВ представляет собой прозрачный неподвижный гель с характерным для синтанола АЛМ-10 рыжеватым оттенком. Область расслаивания суще-

ствует в достаточно узком интервале кислотности, до 0,8 моль/л HCl (1 моль/л H_2SO_4) и в широком интервале концентраций гидроксида натрия до – 3,5 моль/л и аммиака – до 6,5 моль/л [13].

В системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония изучено распределение ряда красителей. Результаты исследований представлены в таблице.

Коэффициенты распределения (D) и степень извлечения (R) органических реагентов в системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония ($m_{(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4} = 1,5 \text{ г}$; $m_{\text{ПАВ}} = 1,5 \text{ г}$)

Реагент	Конц., моль/л	$\text{pH}_{\text{равн}}$ в.ф.	λ , нм	D	R
Нитрозо-R-соль	$8,9 \cdot 10^{-5}$	5,81	370	19,0	78,4
Пирокатехиновый фиолетовый	$1,7 \cdot 10^{-4}$	4,16	430	313,2	98,5
Арсеназо III	$8,6 \cdot 10^{-5}$	4,50	550	5,3	50,1
Пиридилазонафтол	$2,0 \cdot 10^{-3}$	5,17	568	35,4	86,5
Сульфарсазен	$5,9 \cdot 10^{-5}$	5,43	550	949,3	99,5
Бромпирогалловый красный	$6,0 \cdot 10^{-4}$	4,78	580	36,8	87,5
Алюминон	$1,4 \cdot 10^{-4}$	5,46	538	61,7	92,5
Эриохромцианин R	$1,2 \cdot 10^{-4}$	5,46	510	45,0	90,0
Бриллиантовый зеленый	$1,4 \cdot 10^{-5}$	5,33	630	45,8	89,3
Эриохромчерный	$7,2 \cdot 10^{-4}$	5,21	540	8,9	64,0
Ксиленоловый оранжевый	$9,9 \cdot 10^{-5}$	5,44	430	1,6	22,5
Арсеназо I	$1,1 \cdot 10^{-4}$	5,15	504	11,2	68,0
Ализаринкомплексон	$1,7 \cdot 10^{-4}$	5,06	500	451,4	99,0
Мурексид	$1,1 \cdot 10^{-3}$	5,26	520	1,5	25,1
Хромазуrol S	$1,2 \cdot 10^{-4}$	4,96	520	2,9	35,2
Метиленовый голубой	$2,1 \cdot 10^{-5}$	5,18	660	14,6	74,5
Галлион	$1,2 \cdot 10^{-4}$	5,12	570	57,6	91,3
Морин	$2,2 \cdot 10^{-4}$	5,39	370	12,4	70,0
Торон	$3,3 \cdot 10^{-5}$	4,71	490	4,7	48,3
Пирогаллоловый красный	$8,3 \cdot 10^{-3}$	5,15	510	78,7	94,8
Крезоловый красный	$1,9 \cdot 10^{-4}$	5,21	430	63,5	92,0
Фенилфлуорон	$2,1 \cdot 10^{-3}$	3,82	490	6,6	57,0
Толуидиновый голубой	$1,2 \cdot 10^{-4}$	5,10	610	12,5	25
Бромкрезоловый пурпуровый	$8,2 \cdot 10^{-5}$	4,85	415	17,3	71,6
Бромтимоловый синий	$5,2 \cdot 10^{-5}$	5,17	410	9,7	50,4

Выявлено также, что ряд красителей трифенилметанового ряда: пирокатехиновый фиолетовый, пирогаллоловый красный, алюминон, эриохромцианин R, а также красители другой природы: ализаринкомплексон, галлион, сульфарсазен извлекаются в фазу ПАВ на 90 % и более. Наилучшие результаты получены с пирокатехи-

новым фиолетовым (ПКФ), сульфарсазеном и ализаринкомплексонном.

Для изучения экстракционных возможностей системы качественно рассмотрена экстракция комплексов некоторых ионов металлов с красителями. Исследования показали, что хорошо извлекаются в фазу ПАВ окрашенные комплексы алюминия с хромазуrolом S и кобальта с 1-(2-

пиридилазо)-2-нафтолом. Поэтому представляло интерес более подробно рассмотреть особенности комплексообразования в этих системах.

Комплексообразование хромазуrola S с алюминием

Хромазуrol S (ХАЗ) в присутствии поверхностно-активных веществ образует с алюминием интенсивно окрашенные комплексные соединения [14]. Высокая чувствительность и контрастность реакции, возможность маскирования ионов, мешающих определению алюминия, делает хромазуrol S, модифицированный ПАВ, весьма перспективным реагентом для фотометрического определения следовых количеств алюминия. ХАЗ взаимодействует с алюминием в кислой ($\text{pH} < 3,5$) и слабокислой ($\text{pH} > 3,5$) средах различно. В первом случае образуется комплекс с $\lambda_{\text{макс}} = 570$ нм, а во втором – $\lambda_{\text{макс}} = 545$ нм [15].

Представляло интерес рассмотреть влияние синтанола АЛМ-10 на комплексообразование ХАЗ с алюминием и возможность экстракционно-фотометрического определения алюминия в системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония.

Спектры светопоглощения ХАЗ, снятые при $\text{pH} 4,18$ в присутствии небольших количеств синтанола АЛМ-10, показали, что введение ПАВ не приводит к заметным изменениям по сравнению с водными растворами ($\lambda_{\text{макс}} = 490$ нм).

В случае комплексов с алюминием (при соотношении ХАЗ:Аl = 20:1) введение синтанола АЛМ-10 вызывает появление в спектре новой полосы с $\lambda_{\text{макс}} 605\text{--}624$ нм, которая, в соответствии с литературными сведениями [16], отвечает хелату ХАЗ с Аl, солюбилизованному мицеллами НПАВ. Максимум светопоглощения двойного комплекса ХАЗ – Аl находится при 540 нм. С ростом концентрации ПАВ интенсивность полосы светопоглощения, отвечающей двойному комплексу, уменьшается, что сопровождается bathochromным сдвигом. Максимальная чувствительность и контрастность светопоглощения комплекса ХАЗ – Аl – ПАВ, наблюдается в присутствии $8,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л синтанола. При более

высоких концентрациях ПАВ оптическая плотность этого максимума снижается. А при большом избытке синтанола присутствует лишь один максимум: при $\lambda_{\text{макс}} = 580$ нм.

Для сравнения сняты спектры светопоглощения ХАЗ и его комплексов с алюминием, полученные при экстракции в присутствии буферного раствора с $\text{pH} 4,18$ в системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония.

На кривой светопоглощения экстракта красителя максимум светопоглощения характеризуется bathochromным сдвигом на 20 нм относительно его max формы H_2R^{2-} в воде. Достаточно высокое светопоглощение наблюдается и в области 580 нм.

На кривой светопоглощения экстракта комплекса ХАЗ с Аl, снятого на фоне красителя, наблюдается только один максимум: при $\lambda = 580$ нм, т.е. извлекается ХАЗ, солюбилизованный синтанолом.

Таким образом, изучение комплексообразования ХАЗ с алюминием в присутствии синтанола АЛМ-10 показало, что оптимальным является (12–15)-кратный избыток ХАЗ по отношению к алюминию. Использование в экстракционной системе высокой концентрации ПАВ не приводит к улучшению спектрофотометрических характеристик.

Комплексообразование

1-(2-пиридилазо)-2-нафтола с кобальтом

Экстракт пиридилазонафтола (ПАН) при $\text{pH} 5,5$ под действием ионов кобальта меняет свой красный цвет на зеленый. Отсутствие окраски рафината свидетельствует о количественном извлечении кобальта. Ионы цинка в этих же условиях не изменяют окраски реагента. При $\text{pH} \sim 9$ ионы меди (II) количественно извлекаются, изменяя окраску реагента с оранжевой на красную.

При $\text{pH} = 3,8$ сняты спектры светопоглощения ПАН и его комплексов с кобальтом в водно-спиртовых растворах в присутствии различных количеств синтанола АЛМ-10 и без него, а также в растворах экстрактов. Поскольку ком-

плексы кобальта с ПАН не растворимы в воде, то для гомогенизации растворов в колбы на 25 мл добавляли 5 мл спирта. В присутствии синтанола АЛМ-10 растворы стабильны и введения полярного растворителя не требуется.

Введение ПАВ практически не приводит к сдвигу максимума светопоглощения. Однако, увеличение концентрации ПАВ приводит к постепенному уменьшению оптической плотности растворов красителя с 1,45 (без ПАВ), до 1,25 при добавлении 5 мл 30 %-ного ПАВ. Максимум светопоглощения комплекса находится при 470 нм. Спектр комплекса на фоне воды имеет три максимума – ярко выраженный при 470 нм и небольшие пики 580 и 620 нм. Первый отвечает электронным колебаниям самого реагента. Полоса поглощения в длинноволновой области при 580 нм соответствует появлению в молекуле комплексного соединения еще одной цепи сопряжения. Контрастность реакции (разность между максимумами светопоглощения реагента и комплекса) составляет 110 нм. Оптимальной длиной волны для определения кобальта является 580 нм.

Кобальт (II) образует с ПАН комплексы фиолетового цвета, которые имеют один максимум светопоглощения при 525 нм и образуются сразу после сливания растворов. Для кобальта (III) характерна зеленая окраска комплексов и три максимума светопоглощения (470, 580 и 620 нм). Эти комплексы образуются через 20 мин. после сливания растворов и экстрагируются только полярными растворителями [17]. В нашем случае, сразу после сливания растворов появляется фиолетовая окраска, которая через несколько секунд переходит в зеленую, что полностью согласуется с этими данными. Следовательно, кобальт (II) в комплексе с ПАН окисляется до кобальта (III). Оптическая плотность образующихся комплексов стабильна во времени – практически не изменяется в интервале от 5 мин. до нескольких часов.

Малые концентрации синтанола АЛМ-10 ($1,62 \cdot 10^{-2}$ моль/л) не оказывают существенного влияния на оптические характеристики комплек-

сов – сдвигов λ_{\max} не происходит, оптическая плотность не меняется. Более высокие концентрации ПАВ незначительно увеличивают оптическую плотность.

Методами изомольных серий и насыщения изучено соотношение кобальта с ПАН в комплексе в двойной (Со – ПАН) и в тройной (Со – ПАН – синтанол АЛМ-10) системах. Как в двойной системе, так и в присутствии синтанола АЛМ-10, образуются комплексы с соотношением Со:ПАН = 1:2.

Для построения градуировочного графика в пробирки вводили соответствующее количество раствора сульфата кобальта с $T_{Co}=25$ мкг/мл, 1 мл $2 \cdot 10^{-3}$ М спиртового раствора ПАН, 2 мл ацетатной буферной смеси (рН 3,8), 5 мл 30 %-ного раствора ПАВ и доводили объем дистиллированной водой до метки. Встряхивали пробирку и нагревали 10 мин. на водяной бане. После охлаждения системы, застывший в виде геля экстракт отодвигали стеклянной палочкой, сливали водную фазу, растворяли экстракт в воде и количественно переносили в мерную колбу на 25 мл. Добавляли 2 мл буферного раствора (рН 3,8) и доводили водой до метки. Измеряли оптическую плотность при 580 нм относительно раствора холостого опыта в кюветах на 1 см. Уравнение градуировочного графика, полученное методом наименьших квадратов, имеет вид:

$$A = 0,17 \cdot C_{Co} - 0,09 \quad (R^2 = 0,9807).$$

График линеен в интервале концентраций кобальта от 0,2 до 1,5 мкг/мл. Рассчитанное значение ϵ $2,5 \cdot 10^4$ несколько выше, чем для двойных комплексов Со – ПАН в хлороформных растворах ($2,31 \cdot 10^4$) и в изоамиловом спирте ($2,34 \cdot 10^4$).

Таким образом, экстракционная система вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония имеет ряд преимуществ:

- повышается безопасность труда за счет исключения органических растворителей;
- используемые реагенты выпускаются промышленностью, доступны и недороги;
- при использовании синтанола АЛМ-10 происходит четкое разделение фаз, так как экс-

тракт, содержащий ПАВ, застывает в виде геля, растворимого при нагревании в воде;

- система вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония может быть использована для экстракции некоторых органических красителей: пирокатехинового фиолетового, ализарин-комплексона, алюминона, сульфарсазена;
- на примере изучения комплексообразования кобальта с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом в системе вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония показана возможность разработки экстракционно-фотометрического метода анализа.

Библиографический список

1. Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1 (13). С. 79–93.
2. Кудряшова О.С., Денисова С.А., Леснов А.Е. и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системах вода – неорганический высаливатель – алкиловые эфиры полиэтиленгликоля // Журнал физической химии. 2008. Т. 82, № 4. С. 786–788.
3. Головкина А.В., Кудряшова О.С., Леснов А.Е. и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системе вода – синтаמיד-5 или синтаמיד-5к – сульфат аммония // Журн. физич. химии. 2013. Т. 87, № 9. С. 1518–1521.
4. Tagashira S., Ichimaru T., Nozaki K. et al. Surfactant Gel Extraction of Metal Ammine Complexes using SDS and KCl at Room Temperature, and a Small-angle X-ray Diffraction Study of the Surfactant Phase // Solvent extraction research and development – Japan. 2013. Vol. 20. P. 39–52.
5. Денисова С.А., Останина Н.Н., Леснов А.Е. и др. Экстракционные возможности расслаивающейся системы вода – оксифос Б – сульфат натрия // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. № 5. С. 475–478.
6. Dobashi Y., Murakami Y., Fujiwara I. Et al. The separation of platinum(II) and palladium(II) by surfactant gel extraction (part II) // Solvent extraction research and development – Japan. 2009 Vol. 16. P. 133–138.
7. Кудряшова О.С., Бортник К.А., Чухланцева Е.Ю. и др. Растворимость в системах вода – катамин-АБ – хлориды щелочных металлов или аммония // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 290–293.
8. Пилипенко А.Т., Тананайко М.М., Разнолигандные и разнометалльные комплексы и их применение в аналитической химии. М.: Химия, 1983. С. 224.
9. Перов П.А., Маркова Е.И., Иванова Е.К. и др. Исследование коллоидно-химических и спектральных характеристик системы органический реагент – неионные ПАВ – алюминий (III) // Журнал аналитической химии. 1988. Т. 43, № 7. С. 1214.
10. Денисова С.А., Леснов А.Е., Чухланцева Е.Ю. Экстракция фотометрических реагентов в системе вода – катамин АБ – хлорид натрия // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2013. Вып. 1 (9). С. 47–54.
11. Денисова С.А., Леснов А.Е., Кудряшова О.С. и др. Применение расслаивающейся системы вода – оксифос Б – сульфат магния для экстракции органических красителей и их комплексов с ионами металлов // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2015. Вып. 1 (17). С. 23–29.
12. Головкина А.В., Денисова С.А., Кудряшова О.С. и др. Фазовые и экстракционные равновесия в системе вода – синтаמיד-5 – карбонат калия // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2012. Вып. 1(5). С. 47–53.
13. Кудряшова О.С., Денисова С.А., Попова М.А. и др. Фазовые равновесия в системах вода – сульфаты щелочных металлов или аммония – синтанол // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 286–289.
14. Саввин С.Б., Чернова Р.К., Кудрявцева Л.М. Определение микроколичеств алюминия с хромазуролом S в присутствии мицелл неионных поверхностно-активных веществ // Журнал аналитической химии. 1978. Т. 33, № 11. С. 2127–2133.

15. Мартынов А.П., Новак В.П., Резник Б.Е. Взаимодействие алюминия с очищенным хромазуролом S // Журнал аналитической химии. 1978. Т. 33. №. 1. С. 51.
16. Маркова Е.И., Перов П.А., Иванова Е.К. и др. Применение комплекса алюминия с хромазуролом S для фотометрического определения неионогенных поверхностно-активных веществ в водных растворах // Журнал аналитической химии. 1986. Т. 41, № 3. С. 553–557.
17. Ершова Н.С., Иванов В.М., Бусев А.И. Некоторые гетероциклические оксиазосоединения как экстракционно-фотометрические реагенты на кобальт // Журнал аналитической химии. 1973. Т. 28, № 11. С. 2220–2226.
6. Dobashi Y., Murakami Y., Fujiwara I. Et al. (2009), The separation of platinum(II) and palladium(II) by surfactant gel extraction (part II), Solvent extraction research and development, Japan, Vol. 16, pp. 133–138.
7. Kudryashova O.S., Bortnik K.A., Chukhlantseva E.Yu. et al. (2013), Solubility in water systems - catamine-AB - alkali metal chlorides and ammonium, Journal of Inorganic Chemistry, Vol. 58, no. 2, pp. 290–293. (In Russ.).
8. Pilipenko A.T. and Tananayko M.M. (1983), *Raznoligandnye i raznometall'nye komplekсы i ikh primeneniye v analiticheskoy khimii*, Khimiya, Moscow, SU. (In Russ.).
9. Perov P.A., Markova E.I., Ivanova E.K. et al. (1988), Study colloid-chemical and spectral characteristics of the organic reagent system – nonionic surfactant – aluminum (III), Journal of Analytical Chemistry, Vol. 43, no. 7, pp. 1214. (In Russ.).

References

1. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2014), Gel Extraction by surfactants, Bulletin of Perm State University. Chemistry, no. 1(13), pp. 79–93. (In Russ.)
2. Kudryashova O.S., Denisova S.A., Lesnov A.E. et al. (2008), The phase and extraction equilibriums in systems water - inorganic salting-out agent - alkyl esters of polyethylene glycol, Journal of Physical Chemistry, Vol. 82, no. 4, pp. 786–788. (In Russ.)
3. Golovkina A.V., Kudryashova O.S., Lesnov A.E. et al. (2013), Phase equilibrium and extraction in the water - Syntamide-5 or Syntamide-5k - ammonium sulfate, Journal of Physical Chemistry, Vol. 87, no. 9, pp. 1518–1521. (In Russ.)
4. Tagashira S., Ichimaru T., Nozaki K. et al. (2013), Surfactant Gel Extraction of Metal Ammine Complexes using SDS and KCl at Room Temperature, and a Small-angle X-ray Diffraction Study of the Surfactant Phase, Solvent extraction research and development, Japan, Vol. 20, pp. 39–52.
5. Denisova S.A., Ostanina N.N., Lesnov A.E. et al. (2013) Extraction capabilities exfoliating system water - oksifos B - Sodium Sulfate, Chemistry for Sustainable Development, no. 5, pp. 475–478. (In Russ.).
10. Denisova S.A., Lesnov A.E. and Chukhlantseva E.Yu. (2013), Extraction photometric reagents in the water - catamine AB - sodium chloride, Bulletin of Perm State University. Chemistry, no. 1 (9), pp. 47–54. (In Russ.).
11. Denisova S.A., Lesnov A.E., Kudryashova O.S. et al. (2015), The use of exfoliating system water - oksifos B - Magnesium sulfate for extraction of organic dyes and their complexes with metal ions, Bulletin of Perm State University. Chemistry, no. 1 (17), pp. 23–29. (In Russ.).
12. Golovkina A.V., Denisova S.A., Kudryashova O.S. et al. (2012), Phase equilibrium and extraction in the water - Syntamide-5 - potassium carbonate, Bulletin of Perm State University. Chemistry, no. 1(5), pp. 47–53. (In Russ.).
13. Kudryashova O.S., Denisova S.A., Popova M.A. et al. (2013), Phase equilibriums in systems water - sulfates, alkali metal or ammonium – syntanol, Journal of Inorganic Chemistry, Vol. 58, no. 2, pp. 286–289. (In Russ.).
14. Savvin S.B., Chernova R.K. and Kudryavtseva L.M. (1978), Determination of trace amounts of aluminum with chromazurol S in the presence of micelles of nonionic surfactants, Journal of Ana-

- lytical Chemistry, Vol. 33, no. 11, pp. 2127–2133. (In Russ.).
15. Martynov A.P., Novak V.P. and Reznik B.E. (1978), Aluminum interaction with purified chromazurol S, Journal of Analytical Chemistry, Vol. 33, no. 1, pp. 51. (In Russ.).
16. Markova E.I., Perov P.A., Ivanova E.K. et al. (1986), Use of the aluminum complex with chromazurol S for the photometric determination of nonionic surfactants in aqueous solutions, Journal of Analytical Chemistry, Vol. 41, no. 3, pp. 553–557. (In Russ.).
17. Ershova N.S., Ivanov V.M. and Busev A.I. (1973), Some oxides of nitrogen heterocyclic compounds as the extraction-photometric reagents for cobalt, Journal of Analytical Chemistry, Vol. 28, no. 11, pp. 2220–2226. (In Russ.).

Поступила в редакцию 16.03.2016

Об авторах

Денисова Светлана Александровна,
кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Леснов Андрей Евгеньевич,
доктор химических наук, профессор
ФГБУН "Институт технической химии Уральского отделения российской академии наук"
614013, г. Пермь, ул. Королева, 3;
lesnov_ae@mail.ru

Михеева Мария Николаевна,
выпускник
ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

About the authors

Denisova Svetlana Aleksandrovna,
candidate of chemistry, associate professor of the Department of analytical chemistry
614990, Perm State University. 15, Bukireva st., Perm, Russia.

Lesnov Andrey Evgen'evich,
Doctor of Chemical Sciences, Professor
Institute of Technical Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
614013, 3, Koroleva st., Perm, Russia.
lesnov_ae@mail.ru

Mikheeva Mariya Nikolaevna,
graduate
614990, Perm State University. 15, Bukireva st., Perm, Russia.

Информация для цитирования

Денисова С.А., Леснов А.Е., Михеева М.Н. Применение системы вода – синтанол АЛМ-10 – сульфат аммония в экстракционно-фотометрическом анализе // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2016. Вып. 2(22). С. 55–62.

Denisova S.A., Lesnov A.E., Mikheeva M.N. *Primenenie sistemy voda – sintanol ALM-10 – sul'fat ammoniya v ekstraktsionno-fotometricheskom analize* [Application of water – syntanol ALM-10 – ammonium sulfate system in an extraction-photometric analysis] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» – Bulletin of Perm University. Chemistry. 2016. № 2(22). P. 55–62. (In Russ.)