

УДК 543.48, 546.681

DOI: 10.17072/2223-1838-2019-1-28-38

С.А. Денисова¹, А.Е. Леснов^{2,3}

¹ Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

² Институт технической химии, Пермь, Россия

³ Пермский государственный аграрно-технологический университет, Пермь, Россия

ВЛИЯНИЕ КАТАМИНА АБ НА КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ЛАНТАНА И ТУЛИЯ С КСИЛЕНоловым Оранжевым

При различных значениях рН сняты спектры светопоглощения растворов ксиленолового оранжевого и его комплексов с лантаном и тулием в присутствии катионного ПАВ – алкилбензилдиметиламмоний хлорида (катамин АБ). Методами насыщения и изомолярных серий установлен состав комплексов, рассчитаны коэффициенты молярного светопоглощения и константы устойчивости. Определена устойчивость комплексов от времени и изучено влияние мешающих ионов на спектрофотометрическое определение лантана. Показано положительное влияние ПАВ на спектрофотометрические характеристики комплекса.

Ключевые слова: спектрофотометрия; ксиленоловый оранжевый; лантан; тулий; алкилбензилдиметиламмоний хлорида (катамин АБ).

S.A. Denisova¹, A.E. Lesnov^{2,3}

¹ Perm State University. 614990, Perm, Russia

² Institute of Technical Chemistry, Perm, Russia

³ Perm State Agro-Technological University, Perm, Russia

EFFECT OF CATAMINE AB ON COMPLEX FORMATION OF LANTHANUM AND THULIUM WITH XYLENOL ORANGE

At various pH values, the absorption spectra of xylenol orange and its complexes with lanthanum and thulium in the presence of a cationic surfactant, alkyl benzyl dimethyl ammonium chloride (katamine AB) have been taken. The composition of the complexes has been determined by saturation and isomolar series methods, the coefficients of molar light absorption and stability constant have been calculated. The stability of the complexes with time has been determined and the effect of interfering ions on the spectrophotometric determination of lanthanum has been studied. The positive effect of surfactants on the spectrophotometric characteristics of the complex is shown.

Keywords: spectrophotometry; xylenol orange; lanthanum; thulium; alkylbenzyl dimethyl ammonium chloride (katamine AB).

В последнее время большое внимание уделяется нетрадиционным экстракционным системам без органического растворителя [1]. Одной из причин появления второй жидкой фазы может быть химическое взаимодействие между компонентами водного раствора [2]. Наибольшее количество систем подобного типа было получено на основе антипирина [3, 4] и его производных – диантипирилалканов [5, 8]. Другим активно развивающимся направлением экстракции является применение ПАВ. Расслоение на две жидкие фазы в этом случае происходит в результате высаливания (гель-экстракция) [7, 8] или нагревания раствора выше точки помутнения (мицеллярная экстракция) [9]. Кроме этого ПАВ позволяют улучшить метрологические характеристики спектрофотометрических методик [10]. При этом практически полностью может устраняться влияние светопоглощения самих реагентов благодаря повышению контрастности, значительно возрастает чувствительность и точность определений [11]. В ряде случаев присутствие ПАВ увеличивает координационное число комплексообразователя, а иногда катионы КПАВ входят в состав комплексов, замещая атомы водорода не участвующих в комплексообразовании функциональных групп координированных аддендов [12]. Актуальность этих исследований в последнее время повысилась в связи с появлением новых экстракционных систем на основе относительно дешевых, промышленно выпускаемых ПАВ [13]. Применение в этих системах фотометрических реагентов позволяет расширить круг извлекаемых ионов металлов и разработать методики их экстракционно-фотометрического

определения с улучшенными метрологическими характеристиками [14, 15].

Эффективность влияния ПАВ на оптические характеристики комплексов РЗЭ зависит от природы фотометрического реагента. На примере комплексообразования лантана и тербия с азореагентом 5-Br-ПААФ в присутствии различных ПАВ [16] было показано, что при введении ПАВ положения максимумов светопоглощения комплексов не меняется. Интенсивность поглощения комплексов при добавлении НПАВ (ОП-7) и АПАВ (додецилсульфат натрия) несколько увеличивается, а в присутствии КПАВ (бромид додецилтриметиламмония) оптические плотности меньше, чем при использовании НПАВ и АПАВ. Такие же результаты наблюдаются при изучении комплексообразования эрбия (III) с 5-Br-ПААФ в присутствии этих ПАВ [17]. Отсутствие положительного влияния ПАВ наблюдалось и в случае изучения комплексообразования лантана с арсеназо III [18]. Улучшение спектрофотометрических характеристик в присутствии ПАВ наблюдается чаще всего для комплексов металлов с трифенилметановыми красителями, например для комплексов галлия с пирокатехиновым фиолетовым [19], комплексов меди (II), алюминия и циркония с хромазуолом S [20] в присутствии катамина АБ, железа (III) и самария (III) с ксиленоловым оранжевым (КСО) в присутствии различных ПАВ [21].

Представляло интерес изучить спектрофотометрические характеристики комплексов КСО с лантаном и тулием в присутствии катамина АБ, на основе которого были предложены экстракционные системы с различными высаливателями [22–25].

Экспериментальная часть

Использовали промышленно выпускаемые катионное ПАВ – алкилбензилдиметиламмоний хлорид ($[C_nH_{2n+1}N(CH_3)_2CH_2C_6H_5]Cl$, где $n = 10-18$, состав, %: основного вещества – 48; солей и третичных аминов – 1,8, ТУ 9392-003-48482528-99 (катамин АБ)).

КСО хорошо растворим в воде, но плохо растворяется в этаноле, диэтиловом эфире и ацетоне. Его применяют как металлохромный индикатор и для фотометрического определения Al (III), Cu (II), Bi (III), Fe (III), Ga (III), In (III), Hf (IV), Nb (V), Pd (II), Pb (II), Tl (III), Ti (IV), Zn (II), V (V), Zr (IV), Th (IV) и Р.З.Э. [26], 0,1% водный раствор из реактива квалификации «ч.д.а» готовили растворением точной навески в воде.

При выполнении исследований использовали рН-метр Мультитест ИПЛ-101; спектрофотометры ЮНИКО 1201 и СФ-2000.

Изучение комплексообразования лантана (III) с КСО в присутствии катамина АБ проводили в мерных колбах на 25 мл. При выполнении исследований придерживались следующего порядка сливания: вводили 2 мл 0,1 %-ного раствора КСО, 3 мл буферного раствора с необходимым значением рН, раствор соли металла и 1 мл $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ, доводили объем дистиллированной водой до 25 мл, перемешивали и измеряли оптическую плотность на фоне воды и на фоне реагента.

Для расчета коэффициентов молярного светопоглощения строили градуировочные графики, для чего в ряд мерных колб на 25 мл вносили 2 мл 0,1 %-ного раствора КСО, 3 мл буферного раствора с рН 6,42, соответствующее количество раствора лантана (от 0,5 до 6,0 мл) с концентрацией 5,5 мкг/мл, 1 мл раствора

катамина АБ с концентрацией $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л и доводили дистиллированной водой до метки. Полученные растворы фотометрировали на фоне реагента в кюветах на 1,0 см. Так же были построены градуировочные графики без раствора катамина АБ, в ряд мерных колб вносили 2 мл 0,1 %-ного раствора КСО, 3 мл буферного раствора с рН 6,42, соответствующее количество раствора лантана (от 0,2 до 5,0 мл) с концентрацией 55 мкг/мл, доводили дистиллированной водой до метки. Полученные растворы фотометрировали на фоне реагента в кюветах на 1,0 см.

Для определения состава комплекса в двойной и тройной системе методом изолярических серий в мерные колбы на 25 мл вносили 3 мл буферного раствора с рН 6,42, от 0,7 до 3,0 мл 0,1 %-ного раствора КСО, от 2,5 до 8,25 мл раствора лантана с концентрацией 55 мкг/мл (в случае тройной системы добавляли 3 мл буферного раствора с рН 6,42, от 1,0 до 3,0 мл 0,1 %-ного раствора КСО, от 2,5 до 7,5 мл раствора лантана с концентрацией 55 мкг/мл, 1 мл катамина АБ с концентрацией $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л), доводили до метки дистиллированной водой и измеряли оптическую плотность в кюветах толщиной 1,0 см при 577 нм (618 нм). Затем строили график зависимости оптической плотности от соотношения КСО : La, по которому находили оптимальное для комплексообразования соотношение компонентов.

Для определения состава комплекса в двойной и тройной системе методом насыщения в мерные колбы на 25 мл вносили 3 мл буферного раствора с рН 6,42, 1,0 мл раствора лантана с концентрацией 55 мкг/мл и от 0,1 до 1,5 мл 0,1 %-ного раствора КСО и доводили дистиллированной водой до метки (в случае тройной

системы вводим 3 мл буферного раствора с рН 6,42, 1 мл раствора лантана с концентрацией 55 мкг/мл, 1 мл $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ и от 0,5 до 3,0 мл 0,1% раствора КСО). Замеряли оптическую плотность растворов в кюветах толщиной 1,0 см при 577 нм (618 нм) и строили график зависимости оптической плотности раствора от соотношения компонентов.

Для определения констант устойчивости комплекса лантана с КСО в двойной и тройной системах в мерную колбу на 50 мл вводили 3 мл буферного раствора с рН 6,42, 2 мл 0,1 %-ного раствора КСО, 1,0 мл раствора лантана с концентрацией 55 мкг/мл и доводили до метки дистиллированной водой (в случае тройной системы добавляли 2 мл 0,1 %-ного раствора КСО, 1,0 мл раствора лантана с концентрацией 5,5 мкг/мл также 1,0 мл $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ). Затем брали аликвоту полученного раствора и разбавляли в мерных колбах на 25 мл в 2 и в 4 раза, предварительно добавляя по 3 мл буферного раствора с рН 6,42 для поддержания постоянного солевого фона. Затем фотометрировали исходный раствор в кювете толщиной 0,5 см, разбавленный в 2 раза раствор – в кювете толщиной 1,0 см, разбавленный в 4 раз – 2,0 см.

Результаты и их обсуждение

Изучение влияния катамина АБ на спектрофотометрические характеристики комплексов ксиленолового оранжевого с ионами лантана.

Снятые спектры поглощения 0,001 моль/л растворов КСО и их комплексов с лантаном (C_{La} 0,0004 моль/л), снятые при различных значениях рН, показали, что в интервале рН

4,35–5,73 максимумы светопоглощения реагента и комплекса практически совпадают (λ_{max} = 430–440 нм), т.е. комплексообразование отсутствует. При повышении рН до 6,2 на кривых светопоглощения красителя и комплекса появляется второй, более интенсивный максимум в длинноволновой области с λ_{max} 570–597 нм. При рН 8,12 на кривых светопоглощения красителя и комплекса на фоне воды наблюдается лишь один максимум в длинноволновой области. Максимальная оптическая плотность комплексов, снятых на фоне реагента, наблюдается при рН 6,97. Контрастность реакции не превышает 25 нм.

Изучено влияние катамина АБ на оптические характеристики КСО и его комплексов с лантаном на фоне реагента при различных значениях рН (табл. 1).

Таблица 1
Оптические характеристики КСО и его комплексов с лантаном в присутствии катамина АБ при различных значениях рН
($C_{КСО}=1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $C_{La}=4 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $C_{КАТ}=4,8 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $l=1$ см)

рН	λ_{max} реагента, нм	$A_{\lambda_{max}}$	λ_{max} комплекса, нм	$A_{\lambda_{max}}$
5,19	607	1,096	617	0,228
5,73	591	0,725	615	0,793
6,2	591	0,749	615	0,850
6,97	590	0,895	615	0,965
7,24	590	0,910	615	0,919
8,12	590	0,905	615	0,923

Введение катамина АБ в растворы красителя и его комплекса приводит к исчезновению пика при 430–440 нм на кривых светопоглощения и наблюдается батохромный сдвиг второго максимума с 570–590 до 615 нм. Максимальная оптическая плотность наблюдается при рН 6,97.

Отметим, что оптические характеристики комплексов существенно зависят от количества вводимого ПАВ. Результаты исследований влияния концентрации катамина АБ на комплексообразование лантана с КСО представлены в табл. 2. Наиболее высокое светопоглощение наблюдается при концентрации катамина АБ $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л, что почти в 18 раз превышает значение ККМ.

Таблица 2
Влияние количества катамина АБ на спектрофотометрические характеристики КСО и его комплексов с лантаном, на фоне реагента, ($C_{КСО}=1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $C_{La}=4 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $l=1$ см; $V_{p-ра}=25$ мл; рН 6,97)

$C_{КАТ}$, моль/л	КСО-ПАВ		КСО-La-ПАВ	
	λ_{max} , нм	$A_{\lambda max}$	λ_{max} , нм	$A_{\lambda max}$
$9,6 \cdot 10^{-2}$	590	0,874	613	0,852
$4,8 \cdot 10^{-2}$	590	0,897	614	0,865
$4,8 \cdot 10^{-3}$	590	1,784	618	1,628
$9,6 \cdot 10^{-4}$	578	0,747	618	0,501
$4,8 \cdot 10^{-4}$	582	0,719	614	0,838

Оптическая плотность двойных комплексов максимальна в течение 10 мин после сливания, затем наблюдается небольшое падение интенсивности светопоглощения. В присутствии катамина АБ окраска комплексов также развивается сразу после сливания и остается устойчивой более 1,5 ч.

Изучение влияния катамина АБ на спектрофотометрические характеристики комплексов ксиленолового оранжевого с ионами тулия

В качестве другого представителя РЗЭ был выбран тулий, стоящий в другом конце ряда РЗЭ.

Сравнивая кривые светопоглощения комплексов КСО с лантаном и тулием, следует

отметить, что у комплексов с La максимум в области 570–590 нм появляется лишь при рН выше 6,2. Для комплексов с Tm этот пик присутствует уже при рН 4,75. Максимальная оптическая плотность комплексов, снятых на фоне реагента, наблюдается при рН 6,42.

Результаты исследований влияния катамина АБ на оптические характеристики комплексов КСО с тулием на фоне реагента представлены в табл. 3.

Таблица 3
Оптические характеристики КСО и его комплексов с тулием в присутствии катамина АБ при различных значениях рН ($C_{КСО}=1 \cdot 10^{-3}$ М, $C_{Tm}=4,5 \cdot 10^{-4}$ М, $C_{КАТ}=4,8 \cdot 10^{-3}$ М, $l=1$ см)

рН	λ_{max} реагента, нм	$A_{\lambda max}$	λ_{max} комплекса, нм	$A_{\lambda max}$
4,75	591	0,899	609	1,114
5,13	590	0,781	613	1,021
5,77	590	1,778	606	0,468
6,42	591	1,754	606	0,489

В присутствии катамина АБ уже при рН 4,75 максимум светопоглощения комплекса в длинноволновой области существенно превышает максимум реагента. При этом наблюдается bathochromный сдвиг λ_{max} комплекса с 570 до 609 нм по сравнению с комплексом в отсутствие ПАВ. При этом же значении рН наблюдается максимальная интенсивность светопоглощения комплекса, снятого на фоне реагента, превышающая оптическую плотность двойных комплексов. При более высоких значениях рН максимум светопоглощения реагента также перемещается в длинноволновую область, а оптическая плотность комплексов падает.

Таким образом, в присутствии катамина АБ оптимальные условия комплексообразования КСО с тулием сдвинуты в более кислую об-

ласть по сравнению с лантаном и комплексом в отсутствие ПАВ.

Изучение влияния катамина АБ на комплексообразование ксиленолового оранжевого с ионами лантана

Методами изомолярных серий и насыщения определен состав комплекса лантана с КСО в отсутствие и присутствии $4,8 \cdot 10^{-3}$ соль/л катамина АБ при pH 6,42. Введение ПАВ увеличивает соотношение КСО : La в комплексе с 1:1 до 2:1. Методом Бабко определено влияние катамина АБ на константы устойчивости комплексов КСО с лантаном. В отсутствие ПАВ константа устойчивости составила $7,4 \cdot 10^6$, в присутствии катамина АБ – $6,1 \cdot 10^{12}$.

Коэффициенты молярного светопоглощения (ϵ) рассчитывались по градуировочным графикам ($C_{КСО} = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $l = 1$ см; pH 6,42), которым соответствуют уравнения прямых, полученных методом наименьших квадратов

$A = 0,0316x + 0,0057$ ($R^2 = 0,9946$) (в присутствии $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л катамина АБ; $\lambda = 618$ нм;)

$A = 0,0077x + 0,0145$ ($R^2 = 0,9951$) (без добавления ПАВ: $\lambda = 577$ нм).

Линейность соблюдается в интервале концентраций лантана: без катамина АБ – от 10 до 110 мкг/25 мл, в присутствии катамина АБ – от 2 до 35 мкг/25 мл. Значение ϵ для двойной системы составило $2,78 \cdot 10^4$, в присутствии ПАВ – $1,14 \cdot 10^5$. Воспроизводимость фотометрического определения лантана с КСО в присутствии катамина АБ проверяли способом введено–найдено для 2,95 мкг/мл лантана. Найдено: $2,96 \pm 0,04$ ($S_r = 0,01$; $n = 5$; $P = 0,95$).

Полученные результаты наглядно показывают, что введение КПАВ катамина АБ в си-

стеме КСО – La существенным образом улучшает спектрофотометрические характеристики определения.

КСО не является избирательным реагентом и образует окрашенные соединения со многими ионами металлов. Представляло интерес рассмотреть мешающее влияние других ионов при определении лантана с КСО в присутствии катамина АБ. Для этого в мерные колбы на 25 мл вводили 3 мл буферного раствора (pH 6,42), 2 мл 0,1 %-ного раствора КСО, 1,0 мл раствора лантана (5,5 мкг/мл), мешающий ион, 1,0 мл $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ и доводили дистиллированной водой до метки. Оптическую плотность замеряли в кюветах толщиной 1,0 см при $\lambda 618$ нм.

Погрешность определения меньше 5 % наблюдается в присутствии 9-кратных мольных избытков Fe (III); 3-кратных Cd (II); 2-кратных Co (II), Sc; 1-кратных Al и Cu (II); 0,5-кратных Ni, In и Ga (II). При 0,5-кратном избытке Zr ошибка определения составила 7 %.

Таким образом, введение катамина АБ в систему КСО – Tm смещает оптимальный интервал pH комплексообразования в более кислую область (до pH 4,75), а для лантана оптимальный интервал комплексообразования двойных и тройных комплексов (pH 6–7) совпадает. Максимальное увеличение интенсивности светопоглощения КСО с лантаном наблюдается при концентрации ПАВ $4,8 \cdot 10^{-3}$ моль/л, что почти в 18 раз превышает ККМ. Введение катамина АБ в систему КСО – M приводит к образованию комплексов с большим числом координированных лигандов, что существенно улучшает спектрофотометрические характеристики определения.

Библиографический список

1. *The Application of Green Solvents in Separation Processes* / F. Pena-Pereira, M. Tobiaszewski (ed.). Elsevier, 2017. 540 p.
2. Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А. Фазовые и экстракционные равновесия в водных расслаивающихся системах с протолитическим взаимодействием // Журн. аналит. химии. 2015. Т. 70, № 6. С. 563–576.
3. Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А. Фазовые равновесия и распределение элементов в системах вода – антипирин – органическая кислота // Известия Алтайского государственного университета. 2003. № 3 (29). С. 28–36.
4. Петров Б.И., Денисова С.А., Леснов А.Е., Шестакова Г.Е. Межфазное распределение некоторых элементов в системе вода – антипирин – нафталин-2-сульфокислота // Известия вузов. Химия и хим. технология. 1999. Т. 42, № 1. С. 21–23.
5. Петров Б.И., Леснов А.Е., Денисова С.А. Фазовые равновесия и распределение элементов в системах вода – диантипирилметан или его производное – органическая кислота // Известия Алтайского государственного университета. 2004. № 3 (33). С. 30–37.
6. Петров Б.И., Денисова С.А., Леснов А.Е., Яковлева Т.П. Применение водной расслаивающейся системы, содержащей диантипирилметан и нафталин-2-сульфокислоту для экстракции ионов некоторых металлов // Журн. аналит. химии. 1998. Т. 53, N 3. С. 587–590.
7. Nakai T., Murakami Y., Sasaki Y., et al. Ion-pair formation of a copper (II)-ammine complex with an anionic surfactant and the recovery of copper(II) from ammonia medium by the surfactant-gel extraction method // Analytical sciences. 2004. V. 20, Is. 1. P. 235–237.
8. Леснов А.Е., Денисова С.А., Кудряшова О.С., и др. Применение расслаивающихся систем вода – поверхностно-активное вещество – высаливатель для целей экстракции // Журн. приклад. химии. 2010. Т. 83, № 8. С. 1379–1382.
9. Ojeda C.B., Rojas F.S. Separation and preconcentration by a cloud point extraction procedure for determination of metals: an overview // Analytical and Bioanalytical Chemistry. 2009. V. 3941, № 3. P. 759–782.
10. Саввин С. Б., Чернова Р. К., Кудрявцева Л. М. Мицеллярные реакции в спектрофотометрическом анализе // Журн. аналит. химии. 1979. Том 34, № 1. С. 66.
11. Штыков, С.Н. Поверхностно-активные вещества анализе. Основные достижения и тенденции развития // Журн. аналит. химии. 2000. Т. 55, № 7. С. 679.
12. Штыков С.Н., Горячева И.Ю., Штыков Л.С. Мицеллы и микроэмульсии в разделении и концентрировании // Журн. аналит. химии. 2003. Т. 58, № 7. С. 732.
13. Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1 (13). С. 79.
14. Денисова С.А., Леснов А.Е., Останина Н.Н. Экстракция металлов в системе вода – калий бис-(алкилполиоксиэтилен)фосфат – сульфат аммония с различными фотометрическими реагентами // Журн. аналит. химии. 2018. Т. 73, № 5. С. 352–357.

15. Чухланцева Е.Ю., Денисова С.А., Леснов А.Е. Экстракция ионов металлов фотометрическими реагентами в системе вода – катамин АБ – нитрат аммония // Вестник Пермского университета. Серия химия. 2018. Т. 8. Вып. 3. С. 300–308. DOI: 10.17072/2223-1838-3-300-308.
16. Иванов В.М., Дашдэндэв Б., Фигуровская В.Н. Комплексообразование лантана (III) и тербия(III) с 5-Br-ПААФ в присутствии поверхностно-активных веществ // Журн. аналит. химии. 2001. Т. 56, № 1. С.23.
17. Дашдэндэв Бурмаа, Иванов В.М., Фигуровская В.Н. Влияние поверхностно-активных веществ и внешних условий на комплексообразование эрбия с 5-Br-ПААФ // Вестник Московского Университета. Сер. 2. Химия. 2000. Т. 41. № 2.
18. Денисова С.А., Леснов А.Е. Влияние ПАВ различной природы на спектрофотометрические характеристики комплекса лантана с арсеназо III // Вестник Пермского университета. Серия химия. 2018. Т. 8. Вып. 4. С. 412–419. DOI: 10.17072/2223-1838-2018-4-412-419
19. Денисова С.А., Леснов А.Е. Комплексообразование и гель-экстракция галлия с пирокатехиновым фиолетовым в расслаивающихся системах вода – ПАВ – неорганический высаливатель // Вестник Пермского университета. Серия химия. 2017. Т. 7. Вып. 1. С. 39-48.
20. Денисова С.А., Леснов А.Е. Комплексообразование ионов меди (II), алюминия и циркония с хромазуолом S в присутствии катамина АБ // Вестник Пермского университета. Серия химия. 2018. Т. 8. Вып. 1. С. 39–53.
21. Слободана В.Ш., Манешина И.В., Кожевникова А.В. Спектрофотометрическое исследование комплексообразования Fe(III) и Sm (III) с ксиленоловым оранжевым в присутствии различных поверхностно-активных веществ // Вестник Удмуртского университета. 2006. № 8. С.199.
22. Кудряшова О.С., Бортник К.А., Чухланцева Е.Ю., и др. Растворимость в системах вода – катамин-АБ – хлориды щелочных металлов или аммония // Журн. неорганической химии. 2013. Т. 58, № 2. С. 290-293. DOI: 10.7868/S0044457X13020141
23. 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.
24. Леснов А.Е., Денисова С.А., Чухланцева Е.Ю., и др. Гель-экстракция тиоцианатных комплексов металлов в расслаивающихся системах “вода – катамин АБ – хлорид калия” и “вода – оксифос Б – сульфат аммония” // Химия в интересах устойчивого развития. 2015. Т. 23. № 4. С. 361-366. DOI: 10.15372/ChUR20150405
25. Елохов А.М., Богомолов Н.В., Денисова С.А., и др. Фазовые равновесия и экстракция катионов металлов в системах на основе синергетических смесей бис(алкилполиоксиэтилен) фосфата калия и хлорида алкилбензилдиметиламмония // Известия Академии наук. Серия химическая. 2018. № 2. С. 206–210.
26. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979. 480 с.

References

1. The Application of Green Solvents in Separation Processes / F. Pena-Pereira, M. Tobiaszewski (ed.). Elsevier, 2017. 540 p.
2. Petrov B.I., Lesnov A.E., Denisova S.A. Phase and extraction equilibriums in aqueous segregable systems with protolytic interaction // *Journal of Analytical Chemistry*. 2015. V. 70. N. 6. P. 563-576. DOI 10.1134/S1061934815040140.
3. Petrov B.I., Lesnov A.E., Denisova S.A. Phase equilibria and distribution of elements in water - antipyrine - organic acid systems // *News of Altai State University*. 2003. N 3 (29). P. 28-36. (In Russ.).
4. Petrov B.I., Denisova S.A., Lesnov A.E., Shestakova G.E. Interphase distribution of some elements in the water - antipyrine - naphthalene-2-sulfonic acid system // *Izvestiya vuzov. Khimiya i khim. tekhnologiya*. 1999. V. 42, N 1. P. 21-23. (In Russ.).
5. Petrov B.I., Lesnov A.E., Denisova S.A. Phase equilibria and distribution of elements in water – diantipyrylmethane or its derivative – organic acid systems // *News of Altai State University*. 2004. N 3 (33). P. 30-37. (In Russ.).
6. Petrov B.I., Denisova S.A., Lesnov A.E., Yakovleva T.P. Use of the aqueous biphasic diantipyrylmethane-2-naphthalenesulfonic acid system for the extraction of some metal ions // *Journal of analytical chemistry*. 1998. V. 53, N 3. P. 254-257.
7. Nakai T., Murakami Y., Sasaki Y., Fujiwara I., Tagashira S. Ion-pair formation of a copper(II)-ammine complex with an anionic surfactant and the recovery of copper(II) from ammonia medium by the surfactant-gel extraction method // *Analytical sciences*. 2004. V. 20, Is. 1. P. 235-237.
8. Lesnov A.E., Denisova S.A., Kudryashova O.S., Chepkasova A.V., Kataeva E.Y., Mokhnatkina N.N. Use of Water – Surfactant – Salting-out agent Stratifying Systems for Extraction Purposes // *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2010. V. 83, № 8. P. 1485-1488.
9. Ojeda C.B., Rojas F.S. Separation and preconcentration by a cloud point extraction procedure for determination of metals: an overview // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2009. V. 3941, № 3. P. 759–782.
10. Savvin S.B., Chernova R.K., Kudryavtseva L.M. Micellar reactions in spectrophotometric analysis // *J. analyte. chemistry*. 1979. V. 34, N 1. P. 66. (In Russ.).
11. Shtykov S.N. Surfactants in the analysis. Main achievements and tendencies of development // *J. analyt. chemistry*. 2000. V. 55, N 7. P. 679. (In Russ.).
12. Shtykov S.N., Goryacheva I.Yu., Shtykov L.S. Micelles and Microemulsions in Separation and Concentration // *J. analyt. chemistry*. 2003. V. 58, N. 7. P. 732.
13. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2014), "Surfactant gel extraction", *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"*, no. 1 (13). pp. 79–93. (In Russ.).
14. Denisova S.A., Lesnov A.E., Ostanina N.N. Extraction of metals in a water – Potassium bis-(alkylpolyoxyethylene)phosphate – ammonium sulfate system with various photometric reagents // *Journal of Analytical Chemistry*, 2018. V. 73, N. 5. P. 427–431.

15. Chukhlantseva E.Yu., Denisova S.A., Lesnov A.E. Extraction of metal ions by photometric reagents in the water – katamine AB – ammonium nitrate system // Bulletin of Perm University. Series "Chemistry", 2018. V. 8. N. 3. pp. 300–308. DOI: 10.17072 / 2223-1838-3-300-308. (In Russ.).
16. Ivanov V.M., Dashdendav B., Figurovskaya V.N. Complexation of lanthanum (III) and terbium (III) with 5-Br-PAAF in the presence of surfactants // Zh. analyte chemistry. 2001. V. 56, N. 1. P. 23. (In Russ.).
17. Dashdendev Burmaa, Ivanov V.M., Figurovskaya V.N. The influence of surfactants and external conditions on the complexation of erbium with 5-Br-PAAF // Moscow University Herald. Ser. 2. Chemistry. 2000. V. 41. N 2. (In Russ.).
18. Denisova S.A., Lesnov A.E. Effect of surfactants of various nature on the spectrophotometric characteristics of the lanthanum complex with arsenazo III // Bulletin of Perm University. Series Chemistry. 2018. V. 8. N 4. P. 412–419. DOI: 10.17072 / 2223-1838-2018-4-412-419 (In Russ.).
19. Denisova S.A., Lesnov A.E. Complexation and gel extraction of gallium with pyrocatechol violet in exfoliating water - surfactant - inorganic desalter systems // Bulletin of Perm University. Series Chemistry. 2017. V. 7. N 1. P. 39-48. (In Russ.).
20. Denisova S.A., Lesnov A.E. Complexation of copper (II), aluminum and zirconium ions with chromazurol S in the presence of catamine AB // Bulletin of Perm University. Series Chemistry. 2018. V. 8. N 1. P. 39–53. (In Russ.).
21. Slobodan V.Sh., Maneshina I.V., Kozhevnikova A.V. Spectrophotometric study of the complexation of Fe (III) and Sm (III) with xylenol orange in the presence of various surfactants // Bulletin of Udmurt University. 2006. N 8. P.199. (In Russ.).
22. Kudryashova O.S., Bortnik K.A., Chukhlantseva E.Yu., Denisova S.A., Lesnov A.E. Solubility in the Water – Catamine AB – (Alkali Metal or Ammonium Chloride) Systems // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2013. V. 58, N. 2. P. 250-252. DOI: 10.1134/S0036023613020149
23. Denisova S.A., Lesnov A.E., Chukhlantseva E.Yu. Extraction of photometric reagents in the water - katamin AB - sodium chloride system // Bulletin of Perm University. Series Chemistry. 2013. N 1 (9) P. 47-54. (In Russ.).
24. Lesnov A.E., Denisova S.A., Chukhlantseva E.Yu., Zabolotnykh S.A., Ostanina N.N. Gel extraction of thiocyanate metal complexes in “water - katamin AB - potassium chloride” and “water - oxyphos B - ammonium sulfate” exfoliating systems // Chemistry for Sustainable Development. 2015. V. 23. N 4. P. 361-366. DOI: 10.15372 / KhUR20150405 (In Russ.).
25. Elokhov A.M., Bogomolov N.V., Denisova S.A., Kudryashova O.S., Lesnov A.E. Phase equilibria and extraction of metal cations in the systems based on synergistic mixtures of potassium bis(alkylpolyoxyethylene)phosphate and alkylbenzyltrimethylammonium chloride // Russian Chemical Bulletin. 2018. V. 67, N. 2. 3. 206–210.
26. Lurie Yu.Yu. Handbook of analytical chemistry. M.: Chemistry, 1979. 480 p. (In Russ.).

Об авторах

Денисова Светлана Александровна,
кандидат химических наук, доцент кафедр
аналитической химии и экспертизы,
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
Россия, 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
sw.denisova@yandex.ru

Леснов Андрей Евгеньевич,
доктор химических наук, профессор ка-
федры экологии,
Пермский государственный аграрно-
технологический университет.
614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23,
Лаборатория органических комплексооб-
разующих реагентов, Институт техниче-
ской химии Уральского отделения Россий-
ской академии наук,
ул. Академика Королева, 3, Пермь, Рос-
сийская Федерация, 614013.
lesnov_ae@mail.ru

About the authors

Denisova Svetlana Aleksandrovna,
Candidate of Chemical Sciences, Associate
Professor, Department of Analytical Chemis-
try and Expertose.
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
sw.denisova@yandex.ru

Lesnov Andrey Evgenevich.
Doctor of Chemical Sciences, Professor of
Ecology Department, Perm State Agro-
tekhological Universite,
Petropavlovskaya st., 23, Perm, Russia,
614000.
Laboratory of organic complexing agents, In-
stitute of Technical Chemistry Ural Branch of
the Russian Academy of Sciences,
Academic Korolev st., 3, Perm, Russia,
614013.
lesnov_ae@mail.ru

Информация для цитирования

Денисова С.А., Леснов А.Е. Влияние катамина АБ на комплексообразование лантана и тулия с ксиленоловым оранжевым // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2019. Т. 9, вып. 1. С. 28–38. DOI: 10.17072/2223-1838-2019-1-28-38.

Denisova S.A., Lesnov A.E. Vliianie katamina AB na kompleksoobrazovanie lantana i tu-liia s ksilenolovym oranzhevym [Effect of catamine AB on complex formation of lanthanum and thulium with xylenol orange] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2019. Vol. 9. Issue 1. P. 28–38 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2019-1-28-38.