

УДК 543.422.3+54-438

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-3-268-276

С.А. Заболотных¹, С.А. Денисова²¹Институт технической химии УрО РАН, Пермь, Россия²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛАНТАНА (III) С АРСЕНАЗО III В ПРИСУТСТВИИ АЛКИЛБЕНЗОЛСУЛЬФОКИСЛОТЫ

Рассмотрена возможность спектрофотометрического определения ионов лантана (III) с органическим красителем арсеназо III в присутствии анионогенного ПАВ алкилбензолсульфокислоты. Установлено влияние серной кислоты и алкилбензолсульфокислоты на вид и положение электронных спектров поглощения комплекса лантана с арсеназо III. Найдены оптимальные условия для проведения фотометрического анализа (максимумы светопоглощения, оптимальное значение pH, диапазон линейности градуировочного графика, молярный коэффициент поглощения). По предложенной методике определено содержание лантана в растворе после его осаждения с алкилбензолсульфокислотой.

Ключевые слова: лантан; арсеназо III; фотометрия; алкилбензолсульфокислота

S.A. Zabolotnykh¹, S.A. Denisova²¹Institute of Technical Chemistry Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia²Perm State University, Perm, Russia

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF LANTHANUM (III) WITH ARSENAZO III IN THE PRESENCE OF ALKYL BENZENESULFONIC ACID

The possibility of spectrophotometric determination of lanthanum (III) with the organic dye Arsenazo III in the presence of anionic surfactant alkylbenzenesulfonic was considered. The effect of sulfuric acid and alkylbenzenesulfonic acid on the type and position of the electronic absorption spectra of the lanthanum with arsenazo III complex was established. The optimal conditions for photometric analysis (light absorption maxima, optimal pH value, linearity range of the calibration graph, molar absorption coefficient) were found. According to the proposed method, the content of lanthanum in the solution after its precipitation with alkylbenzenesulfonic acid was determined.

Keywords: lanthanum; arsenazo III; photometry; alkylbenzenesulfonic acid

Введение

Для определения РЗЭ, в частности лантана (III), в различных анализируемых объектах одним из наиболее подходящих методов является спектрофотометрический анализ, позволяющий определить РЗЭ с необходимой точностью, используя относительно недорогое и доступное оборудование. При этом в качестве органических реагентов для определения РЗЭ чаще всего применяют бис-азопроизводные хромотроповой кислоты, среди которых особо выделяется арсеназо III [1, 2]. Селективность определения достигается за счет возможности определения из кислых растворов [3].

В методе ионной флотации для концентрирования РЗЭ наибольшую популярность получил анионогенный ПАВ додецилсульфат натрия. В широком перечне работ представлены результаты по их флотации, количественному выделению и практически полному разделению в различных водных растворах [4–8].

В качестве замены додецилсульфата натрия может выступать анионное ПАВ алкилбензолсульфокислота (АБСК), которая является сырьем для производства алкилбензолсульфонатов – компонентов моющих средств [9], ПАВ для экстракции [10, 11] и флотации руд [12–14]. АБСК обладает многими достоинствами, необходимыми для реагента в ионной флотации: является жидкостью, хорошо смешивается с водой, образует устойчивую пену, осаждает ионы металлов, а также является достаточно доступным реагентом.

Количества ПАВ, оставшиеся в растворе после флотации, могут оказывать большое влияние на фотометрические характеристики красителей и их комплексов с металлами при

определении [15–17]. В связи с этим, целью данной работы являлось установление возможности спектрофотометрического определения лантана с арсеназо III в присутствии алкилбензолсульфокислоты. В работе представлены результаты по изучению влияния различных концентраций АБСК, а также серной кислоты, как модификатора pH, на оптические свойства комплекса.

Экспериментальная часть

Растворы и реагенты. В работе использовали нитрат лантана 6-водный, «хч»; арсеназо III, «чда»; анионогенный ПАВ алкилбензолсульфокислоту (ТУ 2481-026-05766480-2006, общая формула $C_nH_{2n+1}C_6H_4SO_3H$, где $n = 10–14$, содержание основного вещества 96%); серную кислоту, концентрированную ($\rho = 1,82$ г/мл), «хч»

Исходный раствор лантана (III) 0,1 моль/л готовили растворением точной навески в дистиллированной воде. Концентрацию металла определяли комплексометрическим титрованием в присутствии ксиленолового оранжевого [18]. Растворы арсеназо III 0,03 мас. % и алкилбензолсульфокислоты 0,1 моль/л готовили растворением точной навески в воде. Растворы с меньшей концентрацией готовили соответствующим разбавлением.

Аппаратура. Кислотность растворов (pH) контролировали на лабораторном иономере И-160М со стеклянным электродом ЭСЛ-43-07 (индикаторный) и вспомогательным электродом ЭВЛ-1МЗ.1 (сравнения). Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре СФ-2000 в стеклянных кюветах ($l=1$ см).

Для установления влияния АБСК или H_2SO_4 на оптические свойства комплекса лан-

тана с арсеназо III в колбы емкостью 25 мл помещали 2,5 мл 10^{-4} моль/л раствора лантана, 2,5 мл 0,03%-ного раствора реагента, рассчитанные количества ПАВ или серной кислоты, доводили до метки водой, перемешивали и снимали электронные спектры на фоне раствора красителя.

Построение градуировочного графика. В колбы емкостью 25 мл помещали 0,5–5 мл раствора La (III) с концентрацией иона металла 14 мкг/мл; 2,5 мл 0,03%-ного раствора реагента; 1,5 мл 10^{-3} моль/л раствора АБСК, 1,5 мл 0,01 моль/л раствора серной кислоты, доводили до метки дистиллированной водой, перемешивали, контролировали pH и измеряли оптическую плотность растворов относительно раствора реагента. Полученные данные обрабатывали методом наименьших квадратов.

Определение остаточного содержания лантана в растворе после осаждения с АБСК проводили прямым методом и методом добавок. Для первого способа аликвоту раствора 2 мл переносили в колбу на 25 мл, вводили 2,5 мл 0,03%-ного раствора арсеназо III, 2,5 мл 0,01 моль/л раствора серной кислоты, доводили до метки дистиллированной водой, перемешивали и измеряли оптическую плотность растворов относительно раствора реагента. Для метода добавок в колбу на 25 мл помещали 2 мл раствора после осаждения, добавляли 2,5 мл раствора La (III) с концентрацией иона металла 14 мкг/мл, 2,5 мл 0,03%-ного раствора арсеназо III, 2,5 мл 0,01 моль/л раствора серной кислоты, доводили до метки дистиллированной водой, перемешивали и измеряли оптическую плотность растворов относительно раствора реагента.

Результаты и их обсуждение

Предварительные исследования. Для установления влияния добавок на комплекс лантана с арсеназо III предварительно на фоне воды сняты спектры лантана, красителя, их комплекса в отсутствие и в присутствии АБСК и/или серной кислоты (рис. 1).

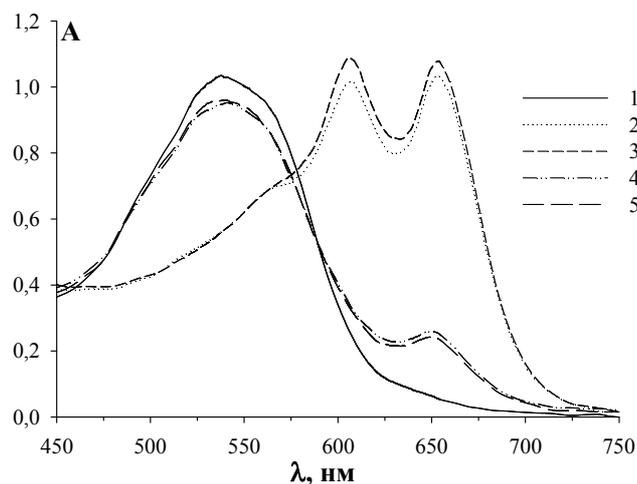


Рис. 1. Спектры на фоне воды: 1 – арсеназо III (pH 4,05); 2 – комплекса La с арсеназо III (pH 4,35); 3 – комплекса в присутствии АБСК (pH 4,05); 4 – комплекса в присутствии H_2SO_4 (pH 1,87); 5 – комплекса в присутствии АБСК и H_2SO_4 (pH 1,88)

($C_{La} = 2 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C_{Ар. III} = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $C_{АБСК} = 5 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C_{H_2SO_4} = 0,01$ моль/л, $l = 1,0$ см)

Максимум светопоглощения лантана лежит в УФ-области спектра (≈ 205 нм). Спектр раствора арсеназо III имеет максимум при 540 нм, у комплекса с лантаном – два пика при 612 и при 653 нм, что соответствует известным данным [2]. Контрастность реакции относительно второго максимума светопоглощения составляет 113 нм.

Как видно из рис. 1, введение АБСК не оказывает влияния на положение λ_{max} комплекса, но немного увеличивает интенсивность светопоглощения. Полученные спектры в присутствии серной кислоты практически совпадают со спектром реагента. Из этого можно сделать вывод, что комплекс металла с красителем

разрушается с ростом кислотности. Поэтому проведены более подробные исследования влияния различных количеств АБСК и серной кислоты на оптические характеристики комплекса.

Выявлено, что присутствие АБСК и/или серной кислоты практически не влияет на оптическую плотность растворов арсеназо III при λ_{\max} комплекса (табл. 1). Поэтому в качестве холостого раствора использовали раствор красителя. Последовательность введения реагентов практически не влияет на положение и высоту пиков. Однако при проведении дальнейших исследований компоненты вводили в следующей очередности: раствор лантана, раствор арсеназо III, АБСК, серная кислота.

Таблица 1
Влияние добавок на pH и интенсивность поглощения раствора арсеназо III ($C_{\text{Ар. III}} = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $l = 1,0$ см)

Добавка	pH	A ($\lambda_{\max} \text{ Ар III} = 540$ нм)	A ($\lambda_{\max} \text{ комплек-са} = 653$ нм)
–	4,02	1,01	0,05
1,5 мл 10^{-3} моль/л АБСК	3,83	1,09	0,05
1,0 мл 10^{-3} моль/л АБСК	3,85	1,04	0,05
1,5 мл 1,0 моль/л H_2SO_4	1,22	1,05	0,02
1,5 мл 0,1 моль/л H_2SO_4	2,11	1,04	0,05
1,5 мл 0,01 моль/л H_2SO_4	2,98	1,03	0,06
1,5 мл 10^{-3} моль/л АБСК 1,5 мл 0,01 моль/л H_2SO_4	2,99	1,04	0,05

Влияние алкилбензолсульфокислоты. С ростом концентрации АБСК уменьшается pH раствора, так как АБСК является кислотой ($pK_a = 2,17$ [19]). Исследования показали, что интенсивность светопоглощения для пика при

653 нм в присутствии АПАВ немного увеличивается (табл. 2), но вид спектров не зависит от количества введенной АБСК. В связи с этим для построения градуировочного графика в смеси вводили количества АБСК из расчета: максимальное содержание La : АБСК = 1:3.

Таблица 2
Влияние концентрации АБСК на pH и интенсивность поглощения комплекса La с арсеназо III ($C_{\text{La}} = 2 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C_{\text{Ар. III}} = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $l = 1,0$ см)

$C_{\text{АБСК}}$, моль/л	pH	A (653 нм)
–	4,35	0,480
$8 \cdot 10^{-5}$	4,06	0,543
$6 \cdot 10^{-5}$	4,14	0,535
$4 \cdot 10^{-5}$	4,24	0,530
$3 \cdot 10^{-5}$	4,305	0,532

Влияние серной кислоты. Введение серной кислоты оказывает значительное влияние на спектры комплексов лантана с арсеназо III. При повышении кислотности исчезает первый максимум (при 612 нм) и на кривых светопоглощения присутствует лишь один выраженный пик при 653 нм. При уменьшении содержания кислоты интенсивность светопоглощения увеличивается, даже становится выше, чем для комплекса в отсутствие кислоты, и достигает максимума при pH 3,05. Дальнейшее снижение кислотности (до pH 4,35) приводит к понижению оптической плотности (рис. 2). В связи с этим при построении градуировочного графика в смеси вводили 1,5 мл 0,01 моль/л раствора H_2SO_4 для создания pH 3.

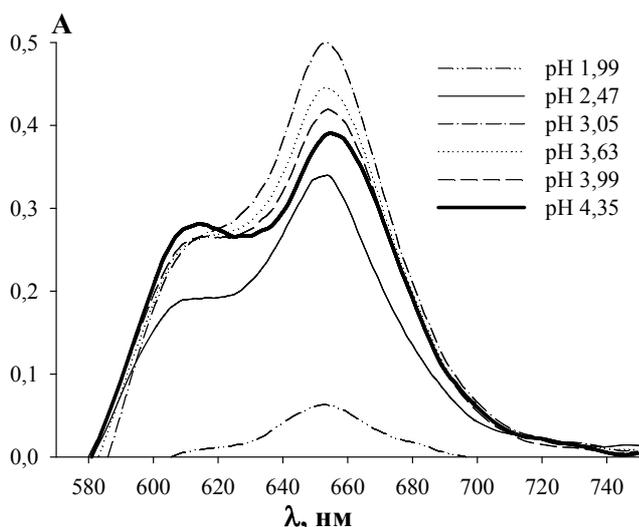


Рис. 2. Спектры комплекса на фоне арсеназо III от концентрации H_2SO_4 .
pH 4,35 – спектр комплекса в отсутствие кислоты.
($C_{La} = 2 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C_{Ar,III} = 2 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $l = 1,0$ см)

Градуировочному графику (рис. 3) соответствует уравнение прямой, полученное методом наименьших квадратов: $A = 0,0157 \cdot C_{La} - 0,056$ ($r^2 = 0,9999$), где A – оптическая плотность, C_{La} – концентрация лантана, мкг/25 мл.

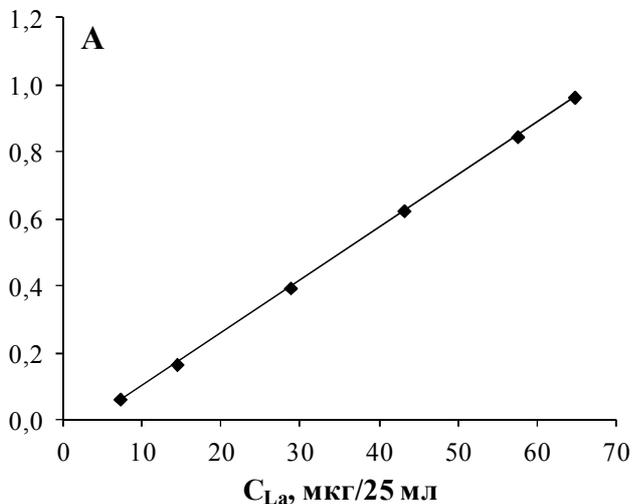


Рис. 3. Градуировочный график для экстракционно-фотометрического определения лантана с арсеназо III ($C_{ABCK} = 6 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C_{H_2SO_4} = 6 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $\lambda = 653$ нм, $l = 1$ см, СФ-2000).

Окраска растворов устойчива в течение длительного времени. Закон Бэра выполняется в интервале содержания лантана в экстракте от 7 до 65 мкг, $\epsilon \approx 5,45 \cdot 10^4$, что также соответствует представленным ранее данным [2]. Предел

обнаружения, рассчитанный по методике [20], составил 4 мкг лантана.

Результаты проверки воспроизводимости методики фотометрического определения лантана с арсеназо III (метод «введено-найдено»), а также определения лантана в растворе после осаждения с АБСК различными способами представлены в табл. 3.

Таблица 3

Проверка воспроизводимости фотометрической методики (метод «введено-найдено») и результаты определения La в растворе после осаждения (P = 0,95)

Определяемый раствор	Найдено, мкг		
	$X_{cp} \pm \Delta X$	S_r	n
Воспроизводимость. Введено 36,0 мкг	36,7±1,0	0,003	19
Раствор после осаждения La (прямое определение)	14,0±1,4	0,016	6
Раствор после осаждения La (метод добавок)	15,0±0,9	0,011	6

Рассмотрено влияние концентраций анионогенного ПАВ алкилбензолсульфокислоты и серной кислоты на оптические характеристики комплекса лантана (III) с арсеназо III. Выбраны оптимальные условия для построения градуировочного графика и проведения анализа. Полученные результаты позволяют проводить определение лантана в остаточных водах после ионной флотации с АБСК.

Работа выполнена по теме государственного задания № АААА-А18-118032790022-7.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и веществ» ПФИЦ УрО РАН.

Библиографический список

1. *Саввин С.Б.* Органические реагенты группы арсеназо III. М.: АТОМИЗДАТ, 1971, 350 с.
2. *Ермакова Н.В., Дашдэндэв Бурмаа, Иванов В.М. и др.* Определение лантана (III), тербия (III) и эрбия (III) в галогенидах и сульфатах щелочных металлов, допированных редкоземельными элементами // Вестник Московского университета. Серия 2: Химия. 2000. Т. 41, № 5. С. 305–308.
3. *Пешкова В.М., Громова М.И.* Практическое руководство по спектрофотометрии и колориметрии. М.: МГУ, 1965. 238 с.
4. *Лобачева О.Л.* Ионная флотация ионов иттербия с додецилсульфатом натрия из разбавленных водных растворов // Заметки ученого. 2015. № 4. С. 67–69.
5. *Лобачева О.Л., Берлинский И.В., Мкртчян А.А. и др.* Ионная флотация Y^{3+} , Er^{3+} , Yb^{3+} // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 4-6 (46). С. 149–152. DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.030
6. *Карпова А.Ю., Лобачева О.Л.* Ионная флотация самария (3+) // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2018. Т. 22. С. 62–65.
7. *Джевага Н.В., Лобачева О.Л.* Атомная спектроскопия при концентрировании суммы РЗЭ ионной флотацией // Естественные и технические науки. 2019. № 9 (135). С. 24–27. DOI: 10.25633/ETN.2019.09.02
8. *Lutsky D.S., Dzhhevaga N.V., Lobacheva O.L.* Extraction, Removal and Separation of Rare-Earth Elements in Aqueous Solutions // Естественные и технические науки. 2019. № 4 (130). С. 17–21. DOI: 10.25633/ETN.2019.04.13
9. *Абрамзон А.А., Бочаров В.В., Гаевой Г.М.* Поверхностно-активные вещества: справочник. Л.: Химия, 1979. 376 с.
10. *Заболотных С.А., Леснов А.Е., Денисова С.А.* Гель-экстракция ионов металлов диантипирилалканами в водных расслаивающихся системах на основе алкилбензолсульфокислоты // Вода. Химия и экология. 2017. № 1. С. 73–79.
11. *Заболотных С.А., Гилева К.О., Леснов А.Е. и др.* Сравнение экстракционных возможностей систем на основе сульфанола, додецилсульфата натрия или алкилбензолсульфокислоты // Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92, № 4. С. 516–522. DOI: 10.1134/S0044461819040121
12. *Брыляков Ю.Е., Быков М.Е., Кострова М.А. и др.* Применение алкилбензолсульфокислоты при флотации апатита из руд Хибинского месторождения // Обогащение руд. 2003. № 5. С. 19–21.
13. *Абрютин Д.В., Стрельцов К.А.* Перспективы применения процесса ионной флотации // Известия высших учебных заведений. Цветная металлургия. 2013. № 3. С. 3–6.
14. *Медяник Н.Л., Тусунбаев Н.К., Варламова И.А. и др.* Удаление тяжелых металлов из растворов методом ионной флотации // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2016. Т. 14, № 1. С. 18–26. DOI: 10.18503/1995-2732-2016-14-1-18-26
15. *Саввин С.Б., Чернова Л.К., Штыков С.Н.* Поверхностно-активные вещества. М.: Наука, 1991. 251с.
16. *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
17. Денисова С.А., Леснов А.Е. Влияние ПАВ различной природы на спектрофотометрические характеристики комплекса скандия с ксиленоловым оранжевым // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2019. Т. 9, вып. 3. С. 240–249. DOI: 10.17072/2223-1838-2019-3-240-249
18. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. М.: Химия, 1970. 359 с.
19. Заболотных С.А., Желнина В.О., Денисова С.А. и др. Использование расслаивающейся системы вода – антипирин – алкилбензол-сульфокислота для экстракции ионов металлов // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Химия. 2017. Т. 10, вып. 4. С. 536–544. DOI: 10.17516/1998-2836-0047
20. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. 432 с.
- no. 5, pp. 305–308. Т. 41, № 5. С. 305–308. (In Russ.).
3. Peshkova, V.M., and Gromova, M.I. (1965), *Prakticheskoye rukovodstvo po spektrofotometrii i kolo-rimetrii* [The practical guide to spectrophotometry and colorimetry]. MSU, Moscow, Russia. (In Russ.).
4. Lobacheva, O.L. (2015), “Ion Flotation of Ytterbium Ions with Sodium Dodecylsulfate from Dilute Aqueous Solutions”, *Notes of the scientist*. No. 4, pp. 67–69. (In Russ.).
5. Lobacheva, O.L., Berlinskii, I.V., Mkrtychyan, A.A., and Misnik, A.V. (2016), “Ion Flotation of Y^{3+} , Er^{3+} , Yb^{3+} ”, *International Research Journal*. No. 4-6 (46), pp. 149–152. (In Russ.). DOI: 10.18454/IRJ.2016.46.030
6. Karpova, A.U., and Lobacheva, O.L. (2018), “Ion Flotation of Samarium (3+) Ion”, *Fundamental and applied research in the modern world*. V. 22, pp. 62–65. (In Russ.).
7. Dzhevaga, N.V., and Lobacheva, O.L. (2019), “Atomic spectroscopy at concentration of the mixture of REE by ion flotation”, *Natural and technical sciences*. No. 9 (135), pp. 24–27. (In Russ.). DOI: 10.25633/ETN.2019.09.02
8. Lutsky, D.S., Dzhevaga, N.V., and Lobacheva, O.L. (2019), “Extraction, Removal and Separation of Rare-Earth Elements in Aqueous Solutions”, *Natural and technical sciences*. No. 4 (130), pp. 17–21. DOI: 10.25633/ETN.2019.04.13
9. Abramzon, A.A., Bocharov, V.V., and Gaevoy, G.M. (1979), *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva: Spravochnik* [Surfactants: A Handbook], Khimiya, Leningrad, Russia. (In Russ.).
10. Zabolotnykh, S.A., Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2017), “Gel Extraction of Metal

References

- Ions by Diantiprylalkanes in Aqueous Stratified Systems Based on Alkylbenzenesulfonic Acid”, *Water Chemistry and Ecology*, no. 1, pp. 73–79. (In Russ.).
11. Zabolotnykh, S.A., Gileva, K.O., Lesnov, A.E. and Denisova S.A. (2019), “Comparison of extractive capacities of systems based on sulfonol, sodium dodecyl sulfate, or alkyl benzene sulfonic acid”, *Russian Journal of Applied Chemistry*, V. 92, no 4, pp. 555–561. DOI: 10.1134/S1070427219040128
12. Brylyakov, Yu.Ye., Bykov, M.Ye., Kostrova, M.A., and Palamarchuk, G.K. (2003), “Application of Alkylbenzene Sodium Sulfo-acid in Flotation of the Khibini Deposit Apatite”, *Obogashchenie Rud*, no. 5, pp. 19–21. (In Russ.).
13. Abryutin, D.V., and Streltsov, K.A. (2013), “Prospects for the Use of the Ion Flotation Process”, *Universities Proceedings*. No. 3, pp. 3–6. (In Russ.).
14. Medyanik, N.L., Tussupbayev, N.K., Varlamova, I.A., Girevaya, Kh.Ya., and Kalugina, N.L. (2016), “Removing of Heavy Metals from Solutions by the Ion Flotation Method”, *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*. V. 14, no. 1, pp. 18–26. (In Russ.). DOI: 10.18503/1995-2732-2016-14-1-18-26
15. Savvin, S.B., Chernova, L.K., and Shtykov, S.N. (1991), *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva* [Surfactants], Moscow, Nauka, Russia. (In Russ.).
16. Denisova, S.A., and Lesnov, A.E. (2018), “Influence of Various Nature Surfactants on Spectrophotometric Characteristics of the Lanthan Complex with Arsenazo III”, *Perm University Bulletin. Chemistry*. V. 8, no. 4, pp. 412–419. (In Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2018-4-412-419
17. Denisova, S.A., and Lesnov, A.E. (2019), “Effect of Surfactant Different Nature on Spectrophotometric Characteristics of the Scandium Complex with Xylenol Orange”, *Perm University Bulletin. Chemistry*. V. 9, no. 3, pp. 240–249. (In Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2019-3-240-249
18. Schwarzenbach, G., and Flashka, G. (1970), *Kompleksonometricheskoye titrovaniye* [Complexometric titration], Khimiya, Moscow, Russia. (In Russ.).
19. Zabolotnykh, S.A., Zhelnina, V.O., Denisova, S.A., Elokhov, A.M., and Lesnov A.E. (2017), “The Water – Antipyrine – Alkyl Benzene Sulfonic Acid Stratifying System to Extract Metal Ions”, *Journal of Siberian Federal University*. V. 10, no. 4, pp. 536–544. (In Russ.). DOI: 10.17516/1998-2836-0047
20. Bulatov M.I., and Kalinkin I.P. (1986), *Prakticheskoye rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza* [Practical guidance to photometric methods analysis], Khimiya, Leningrad, Russia. (In Russ.).

Об авторах

Заболотных Светлана Александровна,
кандидат химических наук, младший научный со-
трудник лаборатории органических комплексообра-
зующих реагентов
Институт технической химии УрО РАН
614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 3.
zabolotsveta@mail.ru

Денисова Светлана Александровна,
кандидат химических наук, доцент кафедры анали-
тической химии и экспертизы
Пермский государственный национальный исследо-
вательский университет
614990, г. Пермь, Букирева, 15.
sw.denisova@yandex.ru

About the authors

Zabolotnykh Svetlana Aleksandrovna,
Ph.D. in Chemistry, junior research assistant
Laboratory of organic complexing reagents
Institute of Technical Chemistry of the Ural
Branch of the Russian Academy of Sciences
614013, 3, Koroleva st., Perm, Russia
zabolotsveta@mail.ru

Denisova Svetlana Aleksandrovna,
Ph.D. in Chemistry, associate professor,
Department of analytical chemistry and exper-
tise,
Perm State University
614990, 15, Bukireva street, Perm, Russia
sw.denisova@yandex.ru

Информация для цитирования:

Заболотных С.А., Денисова С.А. Спектрофотометрическое определение лантана (III) с арсе-
назо III в присутствии алкилбензолсульфокислоты // Вестник Пермского университета. Серия «Хи-
мия». 2020. Т. 10, вып. 3. С. 268–276. DOI: 10.17072/2223-1838-2020-3-268-276.

Zabolotnykh S.A., Denisova S.A. *Spektrofotometricheskoe opredelenie lantana (III) s arsenazo III v prisutstvii alkilbenzolsulfokisloty* [Spectrophotometric determination of lanthanum (III) with arsenazo III in the presence of alkylbenzenesulfonic acid] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 2. P. 268–276 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2020-3-268-276.