

УДК: 542.422.3

DOI: 10.17072/2223-1838-2021-3-184-192

С.А. Денисова¹, А.Е. Леснов^{2,3}¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия²Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия³Пермский государственный аграрно-технологический университет, Россия

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСОВ СКАНДИЯ С ЭРИОХРОМЦИАНИНОМ R

Изучено влияние поверхностно-активных веществ различного типа на комплексообразование ионов скандия с эриохромцианином R. По спектрам светопоглощения красителя и комплексов с ионами металлов без ПАВ и в присутствии катамина АБ, оксифоса Б и синтанола ДС-10 при различных значениях рН и концентрациях ПАВ определены оптимальные условия комплексообразования. Присутствие катамина АБ вызывает bathochromic сдвиг максимума светопоглощения комплекса, увеличивает контрастность фотометрической реакции и значение коэффициента экстинкции. Методами насыщения и изолярических серий определен состав комплексов в отсутствие и в присутствии катамина АБ, введение которого увеличивает молярное соотношение Sc : эриохромцианинR в комплексе с 1:2 до 1:3. Методом Бабко определены условные константы устойчивости комплексов, построены градуировочные графики, рассчитаны коэффициенты молярного светопоглощения. Оксифос Б оказывает негативное влияние на спектрофотометрические характеристики комплексов. Синтанол ДС-10 практически не оказывает влияния.

Ключевые слова: эриохромцианинR, катамин АБ, оксифос Б, синтанол ДС-10, скандий

Поступила в редакцию 18.08.2021; принята к публикации 06.09.2021

S.A. Denisova¹, A.E. Lesnov^{2,3}¹Perm State University, Perm, Russia²Institute of Technical Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia³Perm State Agro-technological University, Perm, Russia

INFLUENCE OF SURFACTANCES ON THE SPECTROPHOTOMETRIC CHARACTERISTICS OF SCANDIUM COMPLEXES WITH ERIOCHROMCIANINE R

The effect of various types of surfactants on the complexation of scandium ions with eriochromecyanine R. The optimal conditions were determined from the light absorption spectra of the dye and complexes with metal ions without surfactants and in the presence of catamine AB, oxyphos B and syntanol DS-10 at various pH values and surfactant concentrations complexation. The presence of catamine AB causes a bathochromic shift in the maximum of light absorption of the complex, increases the contrast of the photometric reaction and the value of the extinction coefficient. The composition of the complexes in the absence and in the presence of catamine AB was determined by saturation and isomolar series methods. It also increases the molar ratio of Sc: eriochromecyanine R in the complex from 1:2 to 1:3. The conditional stability constants of the complexes were determined by Babko's method, calibration curves were constructed, and the coefficients of molar light absorption were calculated. Oxyphos B has a negative effect on the spectrophotometric characteristics of the complexes. Syntanol DS-10 has practically no effect.

Keywords: eriochrome cyanine R, catamine AB, oxyphos B, syntanol DS-10, scandium

Received 18.08.2021; accepted 06.09.2021

©Денисова С.А., Леснов А.Е., 2021



Данная статья распространяется на условиях лицензии
Creative Commons Attribution («Атрибуция») 4.0 Всемирная

Вопросы повышения контрастности, чувствительности и селективности спектрофотометрических реакций имеют весьма актуальное значение. Одним из способов улучшения метрологических характеристик спектрофотометрического анализа является применение поверхностно-активных веществ (ПАВ) [1, 2]. В присутствии ПАВ изменяются реакционная способность, протолитические и таутомерные свойства, экстрагируемость, растворимость органических реагентов и их комплексов с ионами металлов. Благодаря этим свойствам различные типы ПАВ нашли применение в методах разделения и концентрирования [3].

В настоящее время химической промышленностью выпускается широкий ассортимент технических ПАВ, представляющий собой смесь гомологов. На их основе был предложен ряд экстракционных систем, позволяющий извлекать достаточно широкий круг ионов металлов [4]. К преимуществам использованных ПАВ можно отнести низкую стоимость и малую токсичность. В большинстве случаев в процессе извлечения ионов образуется прозрачный экстракт, что создает благоприятные предпосылки для разработки гибридных экстракционно-фотометрических методик анализа [5–10].

Изучение влияния ПАВ различного типа на комплексообразование ионов скандия с ксиленовым оранжевым показало, что в ряде случаев удается существенно улучшить спектрофотометрические характеристики комплексов. В присутствии катамина АБ (алкилбензилдиметиламмоний хлорид) наблюдался существенный батохромный сдвиг на 129 нм, почти в три раза увеличилось значение оптической плотности. Присутствие ПАВ вызывало изме-

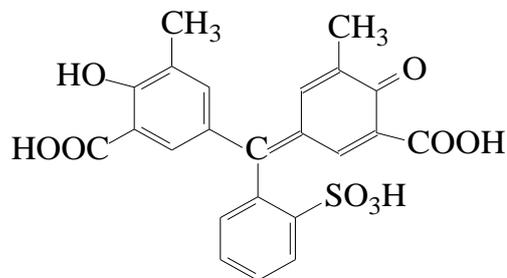
нение соотношения Sc : реагент с 1:1 до 1:2 [11].

Ранее было показано, что ПАВ влияют на комплексообразование ионов алюминия и железа (III) с эриохромцианином R. Оксифос Б оказывает негативное влияние на спектрофотометрические характеристики комплексов. Синтанол ДС-10 практически не влияет, а катамин АБ вызывает батохромный сдвиг максимума поглощения комплекса, увеличивает контрастность фотометрической реакции и значение коэффициента экстинкции, а также увеличивает мольное соотношение металл : реагент в комплексе с 1:2 до 1:3 [12].

В связи с этим представляло интерес исследовать закономерности комплексообразования скандия с эриохромцианином R.

Объекты и методы исследования

Эриохромцианин R (ЭХЦ) (2''-Сульфо-3,3'-диметил-4-оксифуксон-5,5'-дикарбоновая кислота):



является трифенилметановым красителем, который хорошо известен как реагент для фотометрического определения ряда элементов [13]. Исходный $2,13 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствор готовили растворением точной навески в воде, подкисленной HCl до pH 2, раствор $2,13 \cdot 10^{-4}$ – разбавлением исходного раствора и подкислением до pH 2. Сульфат скандия $Sc_2(SO_4)_3$, 0,1 моль/л раствор, готовили растворением точной навески в воде. Растворы с концентрацией 34,1 мкг/мл и 17,05 мкг/мл готовили по-

следовательным разбавлением исходного раствора. В работе использовали буферные растворы с рН 1,56 (263 мл 0,2 моль/л раствора HCl и 500 мл 0,2 моль/л раствора KCl довели до 1000 мл дистиллированной водой); ацетатно-аммонийные буферные растворы с рН: 2,44; 3,46; 3,91; 5,25; 6,15; 7,45; 7,93; 9,14; 9,56; 10,13; уротропиновый буферный раствор с рН 4,65 (14 г уротропина, CH₃COOH (конц.) до нужного значения рН (~14–15 мл) и довели до 500 мл дистиллированной водой).

В работе использовались ПАВ:

Катамин АБ: катионное поверхностно активное вещество [C_nH_{2n+1}N(CH₃)₂CH₂C₆H₅]Cl, где n = 10–18, алкилбензилдиметиламмоний хлорид, прозрачная жидкость бесцветного или светло-желтого цвета. *Состав, %*: основного вещества – 48; третичных аминов – 0,6; солей и третичных аминов – 1,8 (ТУ 9392-003-48482528-99), ПДК = 0,1 мл/л [14]. Раствор с концентрацией 0,13 моль/л готовили растворением 47,8 г технического ПАВ в 1 л дистиллированной воды, растворы 0,026 моль/л, 0,013 моль/л и 0,0013 моль/л готовили последующим разбавлением из 0,13 моль/л раствора.

Оксифос Б: анионное поверхностно активное вещество [C_nH_{2n+1}O(C₂H₄O)_m]₂POOK, n=8–10, m=6 калий бис(алкилполиоксоэтилен)-фосфат, вязкая непрозрачная жидкость от бесцветного до светло-коричневого цвета с плотностью 1,065 г/см³, хорошо растворима в воде. *Состав*: основное вещество 98%, калий 3,0–5,5%; фосфор 2,0–3,5%; Fe 0,05%; влага 1,0%, малотоксичен (ТУ 2484-344-05763441-2001).

Синтанол ДС-10: неионный оксиэтилированный ПАВ (C_nH_{2n+1}O(CH₂CH₂O)₁₀H, где n=10–18, моноалкилполиэтиленгликоль), белая или желтоватая паста, хорошо растворимая в

воде. *Состав*: основное вещество – 99,0%, вода – 0,5%, зольность – 0,2%, железо – 0,005% (ТУ 6-14-864-88), малотоксичен (IV класс опасности), ЛД₅₀ = 3,9±0,6 г/кг, ПДК = 20 мг/л [15].

Изучение влияния ПАВ на спектрофотометрические характеристики ионов скандия с эриохромцианином R проводили в мерных колбах на 25 мл, при соблюдении следующего порядка сливания растворов: вводили раствор реагента, добавляли 3 мл соответствующего буферного раствора, раствор соли металла, нужное количество ПАВ. После этого довели объем дистиллированной водой до 25 мл, перемешивали и снимали спектры или измеряли оптическую плотность на фоне воды и на фоне реагента на спектрофотометре СФ-2000.

Для определения состава комплекса Sc с ЭХЦ в присутствии катамина АБ методом насыщения, в мерные колбы на 25 мл вносили от 1 до 18 мл 2,13·10⁻⁴ моль/л раствора ЭХЦ, 3 мл буферного раствора с рН 6,15, 1 мл раствора скандия (7,59·10⁻⁴ моль/л), 3 мл 1,3·10⁻³ моль/л раствора катамина АБ и довели дистиллированной водой до метки. Оптическую плотность растворов измеряли в кюветах толщиной 1,0 см при λ=619 нм и строили график зависимости оптической плотности раствора от соотношения компонентов.

Для определения состава комплекса Sc с ЭХЦ в присутствии катамина АБ методом изоляричных серий, в мерные колбы на 25 мл вносили от 1,17 до 2,86 мл 2,13·10⁻⁴ моль/л раствора ЭХЦ, 3 мл буферного раствора с рН 6,15, от 1,87 до 0,4 мл раствора скандия (3,8·10⁻⁴ моль/л), 3 мл 1,3·10⁻³ моль/л раствора катамина АБ. Измеряли оптическую плотность в кюветах толщиной 0,5 см при λ=619 нм и

строили график зависимости оптической плотности от соотношения ЭХЦ :Sc, по которому находили соотношение компонентов.

Для определения констант устойчивости комплекса скандия с ЭХЦ методом Бабко[16] в отсутствие и присутствии катамина АБ, в мерную колбу на 25 мл вносили 3 мл $2,13 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора ЭХЦ, 3 мл буферного раствора с рН 6,15, 0,8 мл $3,8 \cdot 10^{-4}$ моль/л раствора скандия и доводили до метки дистиллированной водой (в случае присутствия ПАВ добавляли 3 мл $1,3 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ). Затем брали аликвоту полученного раствора и разбавляли в мерных колбах на 25 мл в 6 раз и в 10 раз, предварительно добавляя по 3 мл буферного раствора с рН 6,15. Затем фотометрировали исходный раствор в кювете толщиной 0,5 см, разбавленный в 6 раз раствор – в кювете толщиной 3 см, разбавленный в 10 раз – в кювете толщиной 5 см.

Для расчета коэффициентов молярного светопоглощения и определения диапазона концентрации выполнения закона Бэра строили градуировочные графики, для чего в ряд мер-

ных колб на 25 мл вносили 2 мл ЭХЦ ($2,13 \cdot 10^{-3}$ моль/л), 3 мл буферного раствора с рН 6,15, соответствующее количество раствора скандия (от 0,25 до 2,0 мл) с концентрацией 17,05 мкг/мл, 3 мл раствора катамина АБ ($1,3 \cdot 10^{-3}$ моль/л) и доводили объем дистиллированной водой до метки. Полученные растворы фотометрировали на фоне реагента в кюветах на 0,5 см на спектрофотометре ЮНИКО 1201.

Результаты и их обсуждение

Оптимальным для комплексообразования скандия с ЭХЦ является интервал рН от 6 до 6,5 [17]. Оптические характеристики ЭХЦ и его комплексов со скандием при различных значениях рН представлены в табл. 1.

При рН ~5 контрастность реакций низкая, в среде близкой к нейтральной (6,15–7,47) она увеличивается за счет гипсохромного сдвига λ_{\max} реагента. Дальнейшее увеличение рН приводит к гипсохромному сдвигу полосы поглощения комплекса и уменьшению его оптической плотности за счет поглощения реагента. Наибольшая интенсивность светопоглощения комплекса наблюдается при рН 6,15.

Таблица 1

Оптические характеристики ЭХЦ и его комплексов с со скандием при различных значениях рН ($C_{\text{ЭХЦ}} = 8,1 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $C_{\text{Sc}} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $V_{\text{р-ра}} = 25$ мл; $l = 1$ см)

| рН | λ_{\max} ЭХЦ | $A_{\lambda_{\max}}$ ЭХЦ | λ_{\max} ЭХЦ–Sc | $A_{\lambda_{\max}}$ ЭХЦ–Sc |
|------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------------------|
| | на фоне воды | | на фоне реагента | |
| 5,02 | 458 | 0,59 | 533 | 0,28 |
| 6,15 | 432 | 0,73 | 531 | 0,40 |
| 7,47 | 420 | 0,81 | 531 | 0,18 |
| 8,30 | 433 | 0,76 | 417 | 0,09 |

Спектры поглощения ЭХЦ и его комплексов со скандием в присутствии катамина АБ регистрировали при различных значениях рН и концентрациях ПАВ (рис. 1, табл. 2). Ком-

плексообразование скандия с ЭХЦ в присутствии катамина АБ приводит к батохромным сдвигам и увеличению контрастности цветных реакций с 99 до 194 нм.

Оптические характеристики ЭХЦ и его комплексов со скандием при различных значениях pH и концентрациях катамина АБ ($C_{\text{ЭХЦ}} = 8,1 \cdot 10^{-5}$; $C_{\text{Sc}} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ М; $V_{\text{р-ра}} = 25$ мл; $l = 1$ см)

| pH | $C_{\text{кат}}$, моль/л | λ_{max} , нм | $A_{\lambda_{\text{max}}}$ | λ_{max} , нм | $A_{\lambda_{\text{max}}}$ |
|------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| | | ЭХЦ–Kat | ЭХЦ–Kat | ЭХЦ–Sc–Kat | ЭХЦ–Sc–Kat |
| 5,02 | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | 451 | 0,46 | 615 | 2,74 |
| 6,15 | $5,2 \cdot 10^{-5}$ | 448 | 0,45 | 630 | 0,47 |
| | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | 421 | 0,63 | 615 | 2,86 |
| | $5,2 \cdot 10^{-3}$ | 448 | 0,47 | 589 | 0,18 |
| 7,47 | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | 420 | 0,74 | 617 | 2,58 |
| 8,3 | $1,0 \cdot 10^{-3}$ | 420 | 0,74 | 622 | 0,23 |

Введение в систему небольших концентраций ПАВ ($< 10^{-4}$ моль/л) не дает улучшения спектрофотометрических характеристик комплексов, растворы не стабильны, наблюдается образование взвешенных частиц.

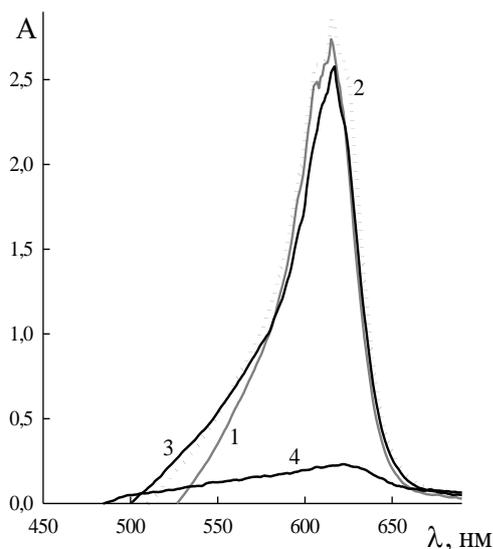


Рис. 1. Спектры поглощения комплексов ЭХЦ – Sc – Kat, снятые на фоне красителя при различных значениях pH:

1 – 5,02; 2 – 6,15; 3 – 7,47; 4 – 8,30

($C_{\text{ЭХЦ}} = 8,1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $C_{\text{Sc}} = 1,5 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $V_{\text{р-ра}} = 25$ мл, $C_{\text{кат}} = 1,0 \cdot 10^{-3}$; $l = 1$ см)

Оптимальный интервал pH комплексообразования в системе ЭХЦ – Sc – Kat составляет от 6 до 6,5. Стабильность растворов, батохромный сдвиг (с 531 до 615 нм) и значительное

увеличение оптической плотности комплексов наблюдается при введении катамина АБ в концентрации $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л, что примерно в три раза превышает ККМ.

Методами изомолярных серий и насыщения установлено соотношение R :Sc в комплексах, полученных в двойной системе и в присутствии катамина АБ. Установлено, что при pH 6,15 в системе ЭХЦ–Sc присутствуют комплексы состава 2:1, а в системе ЭХЦ–Sc–Kat число координированных лигандов увеличивается до трех.

При pH 6,15 построены градуировочные графики определения скандия в двойной системе (I) и в присутствии катамина АБ (II). Методом наименьших квадратов рассчитаны уравнения (C_{Sc} , мкг/25 мл):

$$(I) A = 0,040 \cdot C_{\text{Sc}} + 0,067 \quad (R^2 = 0,999, l = 2,0 \text{ см};$$

$$C_{\text{ЭХЦ}} = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л; } \lambda = 531 \text{ нм});$$

$$(II) A = 0,068 C_{\text{Sc}} - 0,058 \quad (R^2 = 0,999, l = 0,5 \text{ см};$$

$$C_{\text{ЭХЦ}} = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л; } C_{\text{кат}} = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л;}$$

$$\lambda = 615 \text{ нм}).$$

Рассчитанные по градуировочным графикам значения коэффициентов молярного светопоглощения и определенные методом разбавления Бабко константы устойчивости комплексов (β') представлены в табл. 3.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что введение КПАВ –катамина АБ в двойную систему приводит к существенному улучшению оптических характеристик цветной реакции ЭХЦ с ионами скандия.

Изучено влияние ряда ионов металлов на определение скандия с ЭХЦ в присутствии катамина АБ. Определению 9,91 мкг Sc^{3+} в объеме 25 мл ($C_{эхц} = 8,1 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $C_{кат} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $\lambda = 615$ нм; $l = 0,5$ см) не мешают ионы щелочных металлов, 4-кратные мольные избытки ионов Mg^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , 2-кратные избытки Zn^{2+} , равные количества Al^{3+} , мешают более, чем 0,5-кратные мольные избытки ионов La^{3+} , Co^{2+} , Cu^{2+} , Ca^{2+} , Ga^{3+} , Fe^{3+} .

Проведенные аналогичные исследования с анионным ПАВ – оксифосом Б и неионным ПАВ – синтанолом ДС-10 показали на отсутствие каких-либо положительных эффектов при сравнении оптических характеристик комплексов Sc с ЭХЦ в двойной системе и в присутствии ПАВ. Введение небольших концентраций синтанола-ДС-10 незначительно увеличивает оптическую плотность комплексов, сдвигов λ_{max} не наблюдается. Присутствие оксифоса Б оказывает негативное влияние, уменьшая интенсивность поглощения комплексов, что, по-видимому, связано с образованием более прочного соединения скандия с оксифосом Б [18].

Таблица 3

Спектрофотометрические характеристики комплексов ЭХЦ – Sc и ЭХЦ – Sc – Кат (рН=6,15)

| Комплекс | λ_{max} , нм | $\Delta \lambda$, нм | ϵ | β' |
|----------------|----------------------|-----------------------|------------------|---------------------|
| ЭХЦ – Sc | 531 | 99 | $2,7 \cdot 10^4$ | $3,1 \cdot 10^{15}$ |
| ЭХЦ – Sc – Кат | 615 | 194 | $1,3 \cdot 10^5$ | $2,7 \cdot 10^{25}$ |

Таким образом, изучение комплексообразования ЭХЦ с ионами Sc^{3+} , в присутствии ПАВ различного типа в зависимости от концентрации катамина АБ (катионное ПАВ), синтанола-ДС-10 (неионное ПАВ) и оксифоса Б (анионное ПАВ) показало:

– небольшие концентрации синтанола-ДС-10 не оказывают существенного влияния на оптические характеристики комплекса;

– оксифос Б оказывает негативное влияние, блокируя образование окрашенного комплекса;

– катамин АБ существенно улучшает оптические характеристики комплекса за счет изменения его состава.

Список литературы

1. Неудачина Л.К., Петрова Ю.С. Применение поверхностно-активных веществ в ана-

лизе. Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2017. 76 с.

2. Штыков С.Н. Поверхностно активные вещества в анализе // Журнал аналитической химии. 2000. Т.55, № 7. С. 679.

3. Штыков С.Н., Горячева И.Ю., Штыков Л.С. Мицеллы и микроэмульсии в разделении и концентрировании // Журнал аналитической химии. 2003. Т. 58, № 7. С. 732.

4. Леснов А.Е., Денисова С.А. Гель-экстракция поверхностно-активными веществами // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1 (13). С. 79.

5. Леснов А.Е., Денисова С.А., Чухланцева Е.Ю., Заболотных С.А., Останина Н.Н. 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.
6. Денисова С.А., Леснов А.Е., Останина Н.Н. Экстракция металлов в системе вода – калий бис-(алкилполиоксиэтилен)фосфат – сульфат аммония с различными фотометрическими реагентами // Журнал аналитической химии. 2018. Т. 73, № 5. С. 352–357.
7. 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.
8. Денисова С.А., Кылосова К.В., Елохов А.М., Леснов А.Е. Разработка экстракционно-фотометрического метода определения кобальта с 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом в системе хлорид натрия – моноалкилполиэтиленгликоль – вода // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2017. Т. 7, вып. 3. С. 306–313.
9. 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.
10. Станкова А.В., Елохов А.М. Концентрирование и определение ионов металлов в системе вода – оксиэтилированный нонилфенол – хлорид натрия в присутствии сульфарсазена // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2019. Т. 9, вып. 1. С. 50–61.
11. 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. 2. С. 240–249.
12. Драчев А.М., Денисова С.А., Леснов А.Е. Комплексообразование эриохромцианина R с ионами алюминия и железа (II) в присутствии ПАВ // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2021. Т. 11, вып. 1. С. 114–125.
13. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979. 480 с.
14. Филимонова Т.И., Несс Е.И., Беневоленская Л.Н. Инструкция по применению дезинфицирующего средства "Катамин АБ" на предприятиях. ООО«Химитэкс-Н», 2009. 5 с.
15. Шенфельд Н. Поверхностно активные вещества на основе оксида этилена. М.: Химия, 1982. 752 с.
16. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. 432 с.
17. Тихонов В.Н., Анисимова Т.М. Исследование комплексообразования некоторых элементов с эриохромцианином R // Журнал аналитической химии. 1983. Т. 38, № 5. С. 778.
18. Денисова С.А., Останина Н.Н., Леснов А.Е., Кудряшова О.С. Экстракционные возможности расслаивающейся системы вода – оксифос Б – сульфат натрия // Химия в интересах устойчивого развития. 2013. № 5. С. 475–478.

References

1. Neudachina, L.K. and Petrova, Yu.S. (2017) The use of surfactants in analysis, Ural University Press, Yekaterinburg. (In Russ.).
2. Shtykov, S.N. (2000) "Surfactants analysis. Main achievements and development trends", *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 55, no. 7, pp. 679. (In Russ.).
3. Shtykov, S.N., Goryacheva, I.Yu. and Shtykov, L.S. (2003) "Micelles and microemulsions in separation and concentration", *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 58, no. 7, pp. 732. (In Russ.).
4. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2018) "Surfactant gel extraction", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, no. 1 (13), pp. 79–93. (In Russ.).
5. Lesnov, A.E., Denisova, S.A., Chukhlantseva, E.Yu., Zabolotnykh, S.A. and Ostanina, N.N. (2015) "Gel extraction of thiocyanate metal complexes in "water – katamin AB – potassium chloride" and "water – oxyphos B – ammonium sulfate" exfoliating systems", *Chemistry for Sustainable Development*, vol. 23, no. 4, pp. 361–366. (In Russ.).
6. Denisova, S.A., Lesnov, A.E. and Ostanina, N.N. (2018) "Extraction of metals in a water –potassium bis(alkylpolyoxyethylene) phosphate – ammonium sulfate system with various photometric reagents", *Journal of Analytical Chemistry*, vol. 73, no. 5, pp. 427–431. (In Russ.).
7. Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2017) "Complexation and gel extraction of gallium with pyrocatechol violet in exfoliating water – surfactant – inorganic desalter systems", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 7, no. 1, pp. 39–48. (In Russ.).
8. Denisova, S.A., Kylosova, K.V., Elokhov, A.M. and Lesnov, A.E. (2017) "Development of an extraction-photometric method for the determination of cobalt with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol in the sodium chloride – monoalkylpolyethylene glycol – water system", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 7, no. 7, pp. 306–313. (In Russ.).
9. Chukhlantseva, E.Yu., Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2018) "Extraction of metal ions by photometric reagents in the water – katamineAB – ammonium nitrate system", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 8, no. 3, pp. 300–308. (In Russ.).
10. Stankova, A.V. and Elokhov, A.M. (2019) "Concentration and determination of metal ions in the system water - oxyethylatednonylphenol - sodium chloride in the presence of sulfarsazene", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 9, no. 1, pp. 50–61. (In Russ.).
11. Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2019) "Influence of surfactants of different nature on the spectrophotometric characteristics of the complex of scandium with xylenol orange", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 9, no. 3, pp. 240–249. (In Russ.).
12. Drachev, A.M., Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2021) "Complexation of eriochromcya-nine R with aluminum and iron (III) ions in the presence of surfactants", *Bulletin of Perm University. Chemistry*, vol. 11, no. 3, p.114–125. (In Russ.).
13. Lurie, Yu.Yu. (1979) *Spravochnik po analiticheskoj khimii* [Handbook of Analytical Chemistry], Khimiya, Moscow. (In Russ.).
14. Filimonova, T.I., Ness, E.I. and Benevolenskaya, L.N. (2009) Instructions for the use of

- the "Catamin AB" disinfectant at enterprises, Moscow, LLC "Himitex-N". (In Russ.).
15. Schenfeld, N. (1982) *Poverkhnostno-aktivnyye veshchestva na osnove oksida etilena* [Ethylene Oxide Surfactants], Khimiya, Moscow. (In Russ.).
16. Bulatov, M.I. and Kalinkin, I.P. (1986) *Prakticheskoye rukovodstvo po fotometricheskim metodam analiza* [A practical guide to photometric methods of analysis], Khimiya, Leningrad. (In Russ.).
17. Tikhonov, V.N. and Anisimova, T.M. (1983) Investigation of the complexation of some elements with eriochrome cyanine R, *Zhurnal analiticheskoy khimii*, vol. 38, no. 5. pp. 778. (In Russ.).
18. Denisova, S.A., Ostanina, N.N., Lesnov, A.E. and Kudryashova, O.S. (2013) Extraction capabilities of the stratified system water – oxyphos B – sodium sulfate, *Khimiya v Interesakh Ustoychivogo Razvitiya*, no. 5, pp. 475–478. (In Russ.).

Об авторах

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

Андрей Евгеньевич Леснов, доктор химических наук, старший научный сотрудник, лаборатория органических комплексообразующих реагентов, Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, 3. Профессор кафедры экологии, Пермский государственный аграрно-технологический университет 614000, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23. lesnov_ae@mail.ru

About the authors

Svetlana A. Denisova, Candidate of Chemistry Sciences, Associate Professor, Department of Analytical Chemistry and Expertise, Perm State University 15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990. sw.denisova@yandex.ru

Andrey E. Lesnov, Doctor of Chemistry Sciences, senior researcher, laboratory of organic complexing reagents, Institute of Technical Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 3, Academic Korolev st., Perm, Russia, 614013. Professor, Department of ecology, Perm State Agro-technology University 23, Petropavlovskaya st., Perm, Russia, 614000. lesnov_ae@mail.ru

Информация для цитирования:

Денисова С.А., Леснов А.Е. Влияние поверхностно-активных веществ на спектрофотометрические характеристики комплексов скандия с эриохромцианином R // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2021. Т. 11, вып. 3. С. 184–192. DOI: 10.17072/2223-1838-2021-3-184-192.

Denisova S.A., Lesnov A.E. *Vliyaniye poverkhnostno-aktivnykh veshchestv na spektrofotometricheskiye kharakteristiki kompleksov skandiya s eriokhromtsianinom R* [Influence of surfactances on the spectrophotometric characteristics of scandium complexes with eriochromcyanine R], *Bulletin of Perm University. Chemistry*. 2021, vol. 11, no. 3, pp. 184–192. (In Russ.). DOI: 10.17072/2223-1838-2021-3-184-192.