

УДК: 542.422.3

DOI 10.17072/2223-1838-2021-2-114-

А.М. Драчев¹, С.А. Денисова¹, А.Е. Леснов^{2,3}¹ – Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия² – Институт технической химии Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия³ – Пермский государственный аграрно-технологический университет, Россия**КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЕ ЭРИОХРОМЦИАНИНА R С ИОНАМИ АЛЮМИНИЯ И ЖЕЛЕЗА (III) В ПРИСУТСТВИИ ПАВ**

Изучено влияние поверхностно-активных веществ различного типа на комплексообразование ионов алюминия и железа (III) 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. Оксифос Б оказывает негативное влияние на спектрофотометрические характеристики комплексов. Синтанол ДС-10 практически не дает изменений. Присутствие катамина АБ приводит к bathochromному сдвигу максимума светопоглощения комплекса, увеличивает контрастность фотометрической реакции и значение коэффициента молярного светопоглощения. Методами насыщения и изомолярных серий определен состав комплексов в отсутствие и в присутствии катамина АБ. Введение катамина АБ увеличивает молярное соотношение металл : реагент в комплексе с 1:2 до 1:3. Методом Бабко определены условные константы устойчивости комплексов, построены градуировочные графики, рассчитаны коэффициенты молярного светопоглощения.

Ключевые слова: эриохромцианин R; катамин АБ; оксифос Б; синтанол ДС-10; комплексы алюминия; комплексы железа (III)

А.М. Drachev¹, S.A. Denisova¹, A.E. Lesnov^{2,3}¹ – Perm State National Research University, Russia² – Institute of Technical Chemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia³ – Perm State Agrarian and Technological University, Russia**COMPLEXATION OF ERIOCHROMCYANINE R WITH ALUMINUM AND IRON (III) IONS IN THE PRESENCE OF SURFACTANTS**

The effect of various types of surfactants on the complexation of aluminum and iron (III) ions with eriochromcyanine R have been studied. According to 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 and the concentration of surfactants determined the optimal conditions for complexation have been determined. Oxyphos B has a negative effect on the spectrophotometric characteristics of the complexes. Syntanol DS-10 has practically no effect. 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 has been determined by saturation and isomolar series methods. The presence of catamine AB increases the molar ratio of metal: reagent in the complex from 1: 2 to 1: 3. By Babko's method, conditional stability constants of the complexes have been determined, calibration curves have been constructed, and molar light absorption coefficients have been calculated.

Keywords: eriochromcyanine R; catamine AB; oxyphos B; synthanol DS-10; aluminum complexes; iron (III) complexes

© Драчев А.М., Денисова С.А., Леснов А.Е., 2021



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

При разработке спектрофотометрических методов анализа основное внимание уделяют вопросам повышения контрастности, чувствительности и селективности спектрофотометрических реакций. Одним из перспективных направлений по улучшению оптических характеристик цветных реакций является использование поверхностно-активных веществ (ПАВ), в присутствии которых изменяются реакционная способность, протолитические и таутомерные свойства, экстрагируемость, растворимость органических реагентов и их комплексов с ионами металлов [1, 2]. Применение ПАВ способно существенно улучшить важнейшие характеристики фотометрических методов: почти полностью устраняется влияние светопоглощения самих реагентов ввиду повышения контрастности ($\Delta\lambda$) до 100–200 нм, возрастает чувствительность определений за счет увеличения значения молярного коэффициента светопоглощения (ϵ) до $1 \cdot 10^5$ – $2,5 \cdot 10^5$, а наличие узких, хорошо разрешенных полос светопоглощения комплексов обеспечивает высокую точность определений [3]. Чаще всего с целью модифицирования фотометрических реакций используются катионные ПАВ (КПАВ). Сведений об эффектах, наблюдаемых при введении неионных (НПАВ) или анионных ПАВ (АПАВ), мало.

Как правило, промышленностью выпускаются не индивидуальные ПАВ, а смесь гомологов. Они также служили объектом исследований в качестве модификаторов фотометрических реакций. Например, введение в раствор катамина АБ в концентрациях, близких к ККМ, увеличивает чувствительность и контрастность фотометрических реакций ионов меди (II), алюминия и циркония с хромазуро-

лом S [4], лантана и тулия с ксиленоловым оранжевым [5]. Помимо катамина АБ изучалось влияние анионных ПАВ оксифоса Б и алкилбензолсульфокислоты, неионного ПАВ синтанола ДС-10 на комплексообразование лантана с арсеназо III [6, 7], скандия с ксиленоловым оранжевым [8].

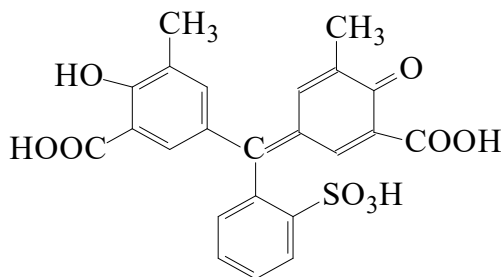
Интерес к этой тематике возрос после разработки нового класса экстракционных систем без органического растворителя на основе ПАВ, расслоение которых на две жидкие фазы происходит в результате высаливания. Для количественного извлечения ионов металлов в этих системах требуется дополнительное введение реагентов комплексообразователей, как неорганических, например тиоцианат-ионов [9, 10], так и органических, например диантипирилалканов [11]. Изучение экстракционных свойств этих систем показало, что многие широко распространенные фотометрические реагенты экстрагируются с высокими значениями коэффициента распределения [12]. Найдены условия количественного извлечения широкого круга ионов металлов с последующим фотометрическим окончанием в системах, использующих ПАВ различного типа: в системах на основе КПАВ (катамина АБ) – свинца с пирогалловым красным и меди с пиридилазонафтолом [13], галлия с пирокатехиновым фиолетовым [14]; на основе НПАВ (синтанола) – кобальта с пиридилазонфтолом [15], алюминия с хромазуролом [16], галлия с пирокатехиновым фиолетовым [17]; на основе НПАВ (неонола) – свинца с сульфарсозеном [18]; на основе АПАВ (оксифоса Б) – кобальта с пиридилазонафтолом [19]. Изучена экстракция тория смесями анионного ПАВ оксифоса Б с ка-

тионными ПАВ катамином АБ или этомином [20].

Целью настоящей работы является изучение влияния промышленно выпускаемых ПАВ различной природы: катионного типа – катамина АБ, неионогенного – синтанола ДС-10 и анионного – оксифоса Б на спектрофотометрические характеристики комплексов эриохромцианина R (ЭХЦ) с ионами алюминия и железа (III).

Экспериментальная часть

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 [21]. Исходный $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствор готовили растворением точной навески в воде, подкисленной HCl до pH 2. Растворы 0,1 моль/л $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$, $Fe_2(SO_4)_3$ квалификации «ч.д.а.» готовили растворением навески в 0,01 моль/л серной кислоте. Растворы с меньшей концентрацией готовили последовательным разбавлением исходных растворов. Требуемое значение pH устанавливали ацетатно-аммонийными буферными растворами.

В работе использовались следующие ПАВ:

Катамин АБ: катионное поверхностно активное вещество $[C_nH_{2n+1}N^+(CH_3)_2CH_2C_6H_5]Cl$, где $n = 10-18$, алкилбензилдиметил аммоний хлорид, прозрачная жидкость от бесцветного

до светло-желтого цвета. Состав, %: основного вещества – 48; третичных аминов – 0,6; солей и третичных аминов – 1,8, ПДК = 0,1 мл/л [22].

Оксифос Б: анионное поверхностно активное вещество $[C_nH_{2n+1}O(C_2H_4O)_m]_2POOK$, $n=8-10$, $m=6$ калий бис-(алкилполиоксоэтилен)-фосфат, вязкая непрозрачная жидкость от бесцветного до светло-коричневого цвета с плотностью $1,065 \text{ г / см}^3$, 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 [23].

Синтанол ДС-10: неионный оксиэтилированный ПАВ $(C_nH_{2n+1}O(CH_2CH_2O)_{10}H$, 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%, малотоксичен (IV класс опасности), $LD_{50} = 3,9 \pm 0,6 \text{ г/кг}$, ПДК = 20 мг/л [24].

Изучение комплексообразования ионов алюминия и железа (III) с эриохромцианином R в двойных системах и в присутствии ПАВ проводили в мерных колбах на 25 мл. При выполнении исследований придерживаясь следующего порядка смешивания растворов: к раствору реагента добавляли 3 мл соответствующего буферного раствора, раствор соли металла, требуемое количество ПАВ, довели объем дистиллированной водой до 25 мл, перемешивали и снимали спектры или измеряли оптическую плотность на фоне воды и на фоне реагента (раствора сравнения, содержащего те же компоненты, что и исследуемый раствор, за исключением иона металла) на спектрофотометре ЮНИКО 1201 или СФ-2000.

Для построения градуировочного графика в ряд мерных колб на 25 мл вносили по 1 мл раствора ЭХЦ ($2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л), 3 мл аммиачно-ацетатного буферного раствора с рН 6,15, соответствующее количество раствора металла и доводили объем до метки дистиллированной водой. Полученные растворы фотометрировали на фоне раствора реагента в кюветах на 0,5 см при λ 533 нм в случае алюминия и на 1,0 см при λ 557 нм в случае железа. В присутствии ПАВ, перед доведением раствора до метки, добавляли раствор катамина АБ до конечной концентрации $4,0 \cdot 10^{-5}$ моль/л в случае алюминия и до $2,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л в случае железа и фотометрировали на фоне реагента при λ 626 нм λ 643 нм соответственно. Определение железа в присутствии катамина АБ проводили при рН 4,96.

Для определения констант устойчивости комплекса алюминия с ЭХЦ в мерную колбу на 25 мл вносили 1 мл $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора ЭХЦ, 3 мл буферного раствора с рН 6,15, 0,67 мл $1,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора алюминия и доводили до метки дистиллированной водой (в присутствии ПАВ в мерную колбу на 25 мл вносили 1,5 мл $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора ЭХЦ, 0,3 мл $1,6 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора алюминия, добавляли 1 мл $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ и доводили до метки). Затем брали аликвоту полученного раствора и разбавляли в мерных колбах на 25 мл в 4 раза и в 10 раз, предварительно добавляя по 3 мл буферного раствора с рН 6,15 для поддержания постоянного солевого фона. Затем фотометрировали исходный раствор в кювете толщиной 0,5 см, разбавленный в 4 раза раствор – в кювете толщиной 2 см, разбавленный в 10 раз – 5 см.

Результаты и обсуждение

Комплексообразование ионов алюминия с эриохромцианином R в присутствии ПАВ Влияние катамина АБ на спектрофотометрические характеристики комплексов эриохромцианина R с ионами алюминия

В слабокислых средах (рН 4,26–5,15) максимум светопоглощения реагента лежит в интервале 520–540 нм, при более высоких значениях рН происходит гипсохромный сдвиг до 440–450 нм. Максимальное значение оптической плотности наблюдается при рН 7,63. Изменение рН практически не влияет на λ_{\max} комплексов (533–536 нм на фоне раствора реагента), в интервале рН 4–5 контрастность реакций очень низкая, в среде близкой к нейтральной (6,15–7,63) она увеличивается за счет гипсохромного сдвига λ_{\max} реагента. Наибольшая интенсивность светопоглощения комплекса наблюдается при рН 6,15.

Введение катамина АБ в раствор ЭХЦ независимо от значения рН не приводит к существенным изменениям оптических характеристик красителя по сравнению с его водным раствором. При концентрациях катамина АБ меньше $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л наблюдались осадки.

Введение катамина АБ в систему ЭХЦ – Al приводит к батохромным сдвигам максимумов светопоглощения (до 92 нм) практически во всем изученном интервале кислотности, существенно увеличивая контрастность реакции. Наиболее высокие значения оптической плотности наблюдаются при значении рН 6,15. При этом значении рН максимальная оптическая плотность наблюдается при концентрации катамина АБ $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Окраска комплексов развивается практически сразу после сливания. Оптическая плотность в двойной систе-

ме практически не меняется в течение двух часов, а в присутствии ПАВ – в течение 30 минут незначительно падает, а после этого времени остается стабильной. Оптические характеристики ЭХЦ и его комплексов с алюминием в присутствии катамина АБ представлены в табл. 1.

Таким образом, оптимальный интервал pH комплексообразования для алюминия ЭХЦ лежит в интервале от 6 до 6,5. Стабильность растворов, значительный батохромный сдвиг (с 533 до 626 нм) и наибольшее увеличение оптической плотности комплексов наблюдаются при введении катамина АБ в концентрации $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л, что примерно в 3 раза превышает ККМ.

Таблица 1

Оптические характеристики ЭХЦ и его комплексов с алюминием при различных значениях pH и концентрациях катамина АБ ($C_{\text{ЭХЦ}} = 8,1 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $C_{\text{Al}} = 3,2 \cdot 10^{-5}$ моль/л; $V_{\text{р-ра}} = 25$ мл; $l = 1$ см; СФ-2000)

pH	$C_{\text{кат}}$, МОЛЬ/Л	λ_{max} ЭХЦ- Kat	$A_{\lambda_{\text{max}}}$ ЭХЦ- Kat	λ_{max} ЭХЦ-Al- Kat	$A_{\lambda_{\text{max}}}$ ЭХЦ-Al- Kat
		на фоне воды		на фоне реагента	
4,26	$1,0 \cdot 10^{-3}$	514	0,69	601	0,57
5,02	$1,0 \cdot 10^{-3}$	527	0,45	611	1,33
5,15	$1,0 \cdot 10^{-3}$	453	0,57	617	2,15
6,15	$1,0 \cdot 10^{-3}$	426	0,60	626	2,33
	$2,6 \cdot 10^{-3}$	441	0,48	611	1,67
	$5,2 \cdot 10^{-3}$	440	0,39	617	1,47
7,47	$1,0 \cdot 10^{-3}$	424	0,66	612	1,74
7,63	$1,0 \cdot 10^{-3}$	427	0,53	626	0,84

Методами изомолярных серий и насыщения при pH 6,15 определен состав комплексов ЭХЦ с алюминием. В отсутствие ПАВ соотношение Al : ЭХЦ = 1:2, что согласуется с имеющимися литературными данными [25]. В присутствии катамина АБ при том же значении pH соотношение Al : ЭХЦ = 1:3.

Для расчета значений коэффициентов молярного светопоглощения (ϵ) были построены градуировочные графики. Уравнения, рассчитанные методом наименьших квадратов:

без катамина АБ: $A = 0,047 \cdot c_{\text{Al}} + 0,003$ ($r = 0,999$);

в присутствии катамина АБ: $A = 0,057 \cdot c_{\text{Al}} - 0,037$ ($r = 0,999$),

где A – оптическая плотность,

c_{Al} – содержание алюминия, мкг в 25 мл фотометрируемого раствора.

Закон Бугера – Ламберта – Бера выполним в интервале концентраций алюминия от 2 до 20 мкг/25 мл. Методом Бабко [26] определены константы устойчивости комплексов (β). Полученные результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Влияние катамина АБ на спектрофотометрические характеристики комплексов ЭХЦ с алюминием

Система	λ , нм	ϵ	β
Без катамина АБ	533	$6,5 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^{18}$
В присутствии катамина АБ	626	$6,9 \cdot 10^4$	$5,1 \cdot 10^{24}$

ЭХЦ не является селективным реагентом и со многими ионами металлов образует интенсивно окрашенные комплексы. Для изучения влияния мешающих ионов на определение алюминия в мерные колбы на 25 мл вводили 1 мл раствора ЭХЦ с концентрацией $2,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л, 3 мл буферного раствора с pH 6,15, 3

мл раствора $1,6 \cdot 10^{-4}$ моль/л алюминия с концентрацией, раствор мешающего иона, 1 мл $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л раствора катамина АБ и довели дистиллированной водой до метки. Оптическую плотность замеряли в кюветах толщиной 0,5 см при 626 нм.

Определению алюминия не мешают щелочные металлы, двукратные количества кобальта, кальция, небольшие количества меди, бария. Наибольшее мешающее действие оказывают металлы, образующие с ЭХЦ окрашенные соединения, которые поглощают в той же области спектра, что и алюминий, например железо (III) и скандий.

Влияние оксифоса Б на комплексообразование ионов алюминия с эриохромцианином R

Изучение влияния анионного ПАВ оксифоса Б на изменение окраски красителя и его комплекса с ионами алюминия при оптимальном для комплексообразования значении pH показало, что оксифос Б практически не влияет на окраску самого реагента и существенно ослабляет интенсивность окраски комплекса, не изменяя длину волны максимума светопоглощения. Большие концентрации ПАВ подавляют окраску, как реагента, так и комплекса. Таким образом, в присутствии оксифоса Б фотометрическое определение алюминия с ЭХЦ невозможно.

Влияние синтанола ДС-10 на комплексообразование ионов алюминия с эриохромцианином R

Присутствие в фотометрируемом растворе синтанола ДС-10 практически не сказывается на значении максимума светопоглощения ЭХЦ, находящегося в интервале 420–450 нм. При этом наблюдается уменьшение оптической плотности растворов реагента примерно

на 25–30%. Добавление ПАВ приводит к появлению второго небольшого максимума в области 530 нм.

Оптическая плотность растворов комплекса алюминия с ЭХЦ в присутствии небольших количеств синтанола ДС-10 несколько возрастает. Сдвига максимума светопоглощения не наблюдается.

Таким образом, введение невысоких концентраций НПАВ – синтанола-ДС-10 дает гораздо меньший положительный эффект, чем КПАВ – катамина АБ, при этом не оказывает негативного влияния, как АПАВ – оксифос Б.

Изучение комплексообразования ионов железа (III) с эриохромцианином R в присутствии ПАВ

Комплексообразование ионов железа (III) с эриохромцианином R в присутствии катамина АБ

Комплексообразование ЭХЦ с железом (III) начинается с pH ~ 4 , т.е. в более кислой среде, чем с алюминием. Наиболее высокая оптическая плотность у комплексов наблюдается при pH 6,15, контрастность реакции оставляет 116 нм. Присутствие катамина АБ приводит к смещению значения pH, при котором наблюдается наиболее высокое светопоглощение в более кислую область, с 6,15 до 4,96. В связи с этим, дальнейшее изучение влияния концентраций катамина АБ на оптические характеристики комплексов железа (III) с ЭХЦ изучали, используя буферный раствор с pH 4,96.

При всех используемых концентрациях катамина АБ (табл. 3) происходят батохромные сдвиги максимумов светопоглощения комплексов. Наибольшие значения оптической плотности наблюдаются при концентрации ПАВ $2,1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, λ_{\max} комплекса при этом

составляет 643 нм, контрастность реакции 122 нм.

Таблица 3

Оптические характеристики ЭХЦ и его комплексов с железом (III) при различных значениях pH и концентрациях ПАВ (C_{ЭХЦ} = 8,1·10⁻⁵ моль/л; C_{Fe} = 6,4·10⁻⁶ моль/л; V_{р-ра} = 25 мл; l = 1 см; СФ-2000)

pH	C _{кат} моль/л	λ _{max} ЭХЦ- Kat	A _{λmax} ЭХЦ- Kat	λ _{max} ЭХЦ-Fe- Kat	A _{λmax} ЭХЦ-Fe- Kat
		на фоне воды		на фоне реагента	
4,96	5,2·10 ⁻⁴	528	0,8328	658	0,6865
	1,0·10 ⁻³	523	0,6537	642	0,8908
	2,1·10 ⁻³	521	0,6956	643	0,9866
	5,2·10 ⁻³	514	0,6521	635	0,5445
5,7	1,0·10 ⁻³	484	0,4739	645	0,7003
6,15	1,0·10 ⁻³	451	0,4065	654	0,6687

Обнаружены различия в развитии окраски комплекса от времени в зависимости от присутствия катамина АБ. В отсутствии ПАВ (pH 6,15, C_{ЭХЦ} = 8,1·10⁻⁵ моль/л, C_{Fe} = 7,5·10⁻⁶ моль/л, λ = 557 нм, l = 1,0 см) окраска комплекса развивается сразу после сливания, и его оптическая плотность в течение часа незначительно уменьшается с 0,32 до 0,28. В присутствии катамина АБ (pH 4,96, C_{ЭХЦ} = 8,1·10⁻⁵ моль/л, C_{Fe} = 7,5·10⁻⁶ моль/л, C_{кат} = 2,1·10⁻³ моль/л, λ = 643 нм, l = 1,0 см) оптическая плотность возрастает с 0,74 в течение 25 мин до 0,84 и стабилизирует свое значение.

Методами насыщения и изомолярных серий изучено влияние катамина АБ на соотношение Fe : ЭХЦ в комплексах. При pH 6,15 в отсутствии ПАВ это соотношение составило 1:2, а в присутствии ПАВ при pH 4,96 – 1:3.

Построенные градуировочные графики показывают существенное увеличение чувствительности определения железа в присутствии

катамина АБ. Уравнения, рассчитанные методом наименьших квадратов:

без катамина АБ: $A = 0,033 \cdot c_{Fe} + 0,025$ (r = 0,998) (l = 1,0 см; C_{ЭХЦ} = 8,1·10⁻⁵ моль/л; C_{кат} = 2,1·10⁻³ моль/л; λ = 643 нм);

в присутствии катамина АБ: $A = 0,069 \cdot c_{Fe} - 0,071$ (r = 0,999) (l = 1,0 см; C_{ЭХЦ} = 8,1·10⁻⁵ моль/л; λ = 557 нм),

где A – оптическая плотность,

c_{Fe} – содержание железа, мкг в 25 мл фотометрируемого раствора.

Закон Бера выполним в интервале концентраций алюминия от 2 до 12 мкг/25 мл. Методом Бабко определены константы устойчивости комплексов (β). Полученные результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Влияние катамина АБ на спектрофотометрические характеристики комплексов ЭХЦ с железом (III)

Система	λ, нм	ε	β
Без катамина АБ	557	5,4·10 ⁴	2,38·10 ¹⁸
В присутствии катамина АБ	643	8,7·10 ⁴	3,9·10 ²⁴

Изучено влияние некоторых мешающих ионов на определение 10,5 мкг железа (III) с ЭХЦ в присутствии катамина АБ (C_{ЭХЦ} = 8,1·10⁻⁵ моль/л; C_{кат} = 2,1·10⁻³ моль/л; pH 4,96). Не мешают эквимольные количества скандия, кобальта, меди и никеля. По сравнению с определением алюминием, смещение pH в более кислую область увеличило селективность.

Влияние оксифоса Б на комплексообразование ионов железа (III) с эриохромцианином R

Добавление оксифоса Б к раствору комплекса железа (III) с ЭХЦ при pH 6,15 не приводит к смещению длины волны максимума

светопоглощения. Присутствие небольшого количества (1 мл с разбавлением 1:1000) оксифоса Б незначительно увеличивает светопоглощение комплекса. Однако при более высоких концентрациях ПАВ оптическая плотность комплексов постепенно снижается.

**Влияние синтанола-ДС-10
на комплексообразование ионов железа (III)
с эриохромцианином**

Введение НПАВ – синтанола-ДС-10 при всех изученных концентрациях не меняет окраску комплексов (сдвигов максимума светопоглощения не отмечается) и приводит к небольшому увеличению оптической плотности комплексов при pH 6,15.

Заключение

Изучение влияния ПАВ различных типов на реакции комплексообразования эриохромцианина R с ионами алюминия и железа (III) показало, что существенное улучшение оптических характеристик (батохромные сдвиги, повышение чувствительности, контрастности, устойчивости комплексов) происходит лишь в присутствии КПАВ – катамина АБ, НПАВ – синтанол-ДС-10 не оказывает существенного влияния, АПАВ – оксифос Б проявляет негативное действие. Положительное действие катамина АБ объясняется образованием комплексов с большим числом координированных лигандов. Оптимальная концентрация катамина АБ ($1 \cdot 10^{-3}$ моль/л) примерно в 3 раза превышает критическую концентрацию мицеллообразования.

Финансирование

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

Список литературы

1. Штыков С.Н. Поверхностно-активные вещества анализе. Основные достижения и тенденции развития // Журнал аналитической химии. 2000. Т. 55, № 7. С.679.
2. 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.
3. Неудачина Л.К., Петрова Ю.С. Применение поверхностно-активных веществ в анализе. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. 76 с.
4. 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, №1. С. 39–53.
5. 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, № 1. С. 28–38.
6. 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.
7. Заболотных С.А., Денисова С.А. Спектрофотометрическое определение лантана (III) с арсеназо III в присутствии алкилбензолсульфокислоты // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2020. Т. 10, вып. 3. С. 268–276.
8. Денисова С.А., Леснов А.Е. Влияние ПАВ различной природы на спектрофотомет-

- рические характеристики комплекса скандия с ксиленоловым оранжевым // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2019. Т. 9, вып. 3. С. 240–249.
9. *Леснов А.Е., Денисова С.А., 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.
 10. *Денисова С.А., Леснов А.Е., Кудряшова О.С., Останина Н.Н.* Экстракция тиоцианатных комплексов металлов в расслаивающейся системе вода – калий бис-(алкилполиоксиэтилен)фосфат – сульфат аммония // Журнал неорганической химии. 2015. Т. 60, № 8. С. 1124–1128.
 11. *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.
 12. *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.
 13. *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.
 14. *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.
 15. *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.
 16. *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.
 17. *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.
 18. *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.
 19. *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.

20. Денисова С.А., Хомутова А.О., Елохов А.М. Концентрирование органических реагентов и их комплексов с ионами металлов в системах на основе смесей анионных и катионных ПАВ // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2020. Т. 10, вып. 4. С. 338–347.
21. Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1979. 480 с.
22. Филимонова Т.И., Несс Е.И., Беневоленская Л.Н. Инструкция по применению дезинфицирующего средства «Катамин АБ» на предприятиях. ? Общество с ограниченной ответственностью «Химитэк-Н», 2009. 5 с.
23. ТУ 2484-344-05763441-2001 «Поверхностно-активное вещество "Оксифос". Технические условия».
24. Шенфельд Н. Поверхностно-активные вещества на основе оксида этилена. М.: Химия, 1982. 752 с.
25. Тихонов В.Н., Анисимова Т.М. Исследование комплексообразования некоторых элементов с эриохромцианином R // Журнал аналитической химии. 1983. Т. 38, № 5. С. 778.
26. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Л.: Химия, 1986. 432 с.
1. Shtykov S.N. Surfactants analysis. Main achievements and development trends // Journal of Analytical Chemistry. 2000. Т. 55, N. 7. P. 679. (In Russ.).
2. Shtykov S.N., Goryacheva I.Yu., Shtykov L.S. Micelles and microemulsions in separation and concentration // Journal of Analytical Chemistry. 2003. Vol. 58, N. 7. P. 732. (In Russ.).
3. Neudachina L.K., Petrova Yu.S. The use of surfactants in the analysis. Yekaterinburg: Ural University Press, 2017. 76 p. (In Russ.).
4. Denisova S.A., Lesnov A.E. Complexation of copper (II), aluminum and zirconium ions with chromazurol S in the presence of cationic AB // Bulletin of Perm University. Series Chemistry. 2018. V. 8. N 1. P. 39–53. (In Russ.).
5. Denisova S.A., Lesnov A.E. Effect of cationic AB on complex formation of lanthanum and thulium with xylenol orange // Bulletin of Perm University. Chemistry. 2019. V. 9. N 1. P. 28–38. (In Russ.).
6. 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. (In Russ.).
7. Zabolotnykh S.A., Denisova S.A. Spectrophotometric determination of lanthanum (III) with arsenazo III in the presence of alkylbenzenesulfonic acid // Bulletin of Perm University. Chemistry series. 2020, V. 10, N. 3. P. 268–276. (In Russ.).
8. Denisova S.A., Lesnov A.E. Influence of surfactants of different nature on the spectrophotometric characteristics of the complex of scandium with xylenol orange // Bulletin of Perm University. Chemistry series. 2019. V. 9. Iss. 3. P. 240–249. (In Russ.).
9. 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. (In Russ.).
10. Denisova S.A., Lesnov A.E., Kudryashova O.S., Ostanina N.N. Extraction of metal thiocyanate complexes in a water – potassium bis(alkylpolyoxyethylene) phosphate – ammonium sulfate segregating system // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 2015. V. 60. N. 8. P. 1022–1026.
 11. Zabolotnykh S.A., Lesnov A.E., Denisova S.A. Gel extraction of metal ions with diantipyrylalkanes in aqueous stratified systems based on alkylbenzenesulfonic acid // Water. Chemistry and Ecology. 2017. N. 1. P. 73-79. (In Russ.).
 12. 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.).
 13. 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. P. 300–308. (In Russ.).
 14. 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.).
 15. Denisova S.A., Kylosova K.V., Elokhov A.M., Lesnov A.E. 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 series. 2017. T. 7. Iss. 3.S. 306-313. (In Russ.).
 16. Denisova S.A., Lesnov A.E., Mikheeva M.N. Application of the system water – syntanol ALM-10 – ammonium sulfate in extraction-photometric analysis // Bulletin of Perm University. Chemistry series. 2016. Iss. 2 (22). P. 55–62. (In Russ.).
 17. 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.).
 18. Stankova A.V., Elokhov A.M. Concentration and determination of metal ions in the system water - oxyethylated nonylphenol - sodium chloride in the presence of sulfarsazene // Bulletin of Perm University. Chemistry series. 2019. V. 9. Iss. 1. P. 50–61. (In Russ.).
 19. 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.
 20. Denisova S.A., Khomutova A.O., Elokhov A.M. Concentration of organic reagents and their complexes with metal ions in systems based on mixtures of anionic and cationic surfactants // Bulletin of Perm University. Chemistry series. 2020.V. 10, N. 4. P. 338-347. (In Russ.).
 21. Lurie Yu.Yu. Analytical Chemistry Handbook. Moscow: Chemistry, 1979. 480 p.
 22. Filimonova T.I., Ness E.I., Benevolenskaya L.N. Instructions for the use of the "Catamin AB" disinfectant at enterprises. Limited Lia-

- bility Company "Himitex-N", 2009. 5 p. (In Russ.).
23. TU 2484-344-05763441-2001 "Surfactant" Охуфос". Specifications".
24. Schoenfeld N., Ethylene Oxide Surfactants. M.: Chemistry, 1982. 752 p.
25. Tikhonov V.N., Anisimova T.M. Investigation of the complexation of some elements with eriochrome cyanine R // Journal of Analytical Chemistry. 1983. V. 38. N. 5. P. 778. (In Russ.).
26. Bulatov M.I., Kalinkin I.P. A practical guide to photometric methods of analysis. L.: Chemistry, 1986. 432 p. (In Russ.).

Об авторах

Драчёв Артем Максимович,
магистр, кафедра аналитической химии
Пермский государственный национальный ис-
следовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
электронный адрес?

Денисова Светлана Александровна,
кандидат химических наук, доцент, кафедра ана-
литической химии
Пермский государственный национальный ис-
следовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
электронный адрес?

Леснов Андрей Евгеньевич,
доктор химических наук, старший научный со-
трудник Лаборатории органических комплексо-
образующих реагентов
Институт технической химии Уральского отделен-
ия Российской академии наук,
ул. Академика Королева, 3,
Пермь, Российская Федерация, 614013.
Профессор кафедры экологии, Пермский госу-
дарственный аграрно-технологический универси-
тет, ул. Петропавловская, 23,
Пермь, Российская Федерация, 614000.
lesnov_ae@mail.ru

About the authors

Artem M. Drachev, master of chemistry, Department
of Analytical Chemistry. Perm State University,
614990, 15, Bukireva st., Perm, Russia.
E-mail: artdr96@gmail.com

Svetlana A. Denisova,
Candidate of Chemistry, Associate Professor, De-
partment of Analytical Chemistry.
Perm State University,
614990, 15, Bukireva st., Perm, Russia.
E-mail sw.denisova@yandex.ru

Andrey E. Lesnov
Doctor of chemistry science, senior researcher of
laboratory of organic complexing agents, Institute of
Technical Chemistry Ural Branch of the Russian
Academy of Sciences,
Academic Korolev st., 3, Perm, Russia, 614013.
Professor of ecology Department, Perm State Agro-
technology university,
Petropavlovskaya st., 23, Perm, Russia, 614000.
E-mail: lesnov_ae@mail.ru
Tel. 79223099184

Информация для цитирования:

Драчев А.М., Денисова С.А., Леснов А.Е. Комплексообразование эриохромцианина R с ионами алюминия и железа (III) в присутствии ПАВ // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2021. Т. 11, вып. 2. С. 114–125. DOI: 10.17072/2223-1838-2021-2-114-125.

Drachev A.M., Denisova S.A., Lesnov A.E. *Kompleksoobrazovanie eriokhromtsianina R s ionami aliuminiia i zheleza (III) v prisutstvii PAV* [Complexation of eriochromcyanine r with aluminum and iron (III) ions in the presence of surfactants] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2021. Vol. 11. Issue 2. P. 114–125 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2021-2-114-125.