

УДК 543.42.062: 546.72.2
DOI: 10.17223/24135542/22/4

К.Р. Алиева, К.А. Кулиев, Ш.А. Мамедова, Н.Н. Эфендиева

*Азербайджанский государственный педагогический университет
(г. Баку, Азербайджан)*

5-(4-гидроксibenзилиден)-2,4-тиазолидиндион как аналитический реагент для экстракционно- фотометрического определения кобальта(II)

Изучена возможность применения 5-(4-гидроксibenзилиден)-2,4-тиазолидиндиона (L) для фотометрического определения кобальта(II). Наилучшими экстрагентами оказались дихлорэтан, хлороформ и четыреххлористый углерод. При однократной экстракции хлороформом извлекается 97,6% кобальта в виде комплекса. Комплекс кобальта(II) экстрагируется в хлороформ в диапазоне $pH = 4,2-5,5$. Максимальный аналитический сигнал при комплексообразовании кобальта с 5-(4-гидроксibenзилиден)-2,4-тиазолидиндионом наблюдается при 528 нм. Молярный коэффициент поглощения равен $3,22 \times 10^4$. Соотношение компонентов в комплексе составляет $Co:L = 1:2$. Экстракт комплекса кобальта подчиняется основному закону светопоглощения при концентрации 0,25–16 мкг/мл. На основании результатов спектрофотометрического исследования комплексообразования кобальта(II) с 5-(4-гидроксibenзилиден)-2,4-тиазолидиндионом разработаны методики определения кобальта в разных объектах.

Ключевые слова: кобальт, 5-(4-гидроксibenзилиден)-2,4-тиазолидиндион, экстракционно-фотометрический метод

Введение

Кобальт(II) является биологически активным металлом. Установлено, что избыточное «техногенное» поступление соединений кобальта в организм оказывает токсичное действие на метаболизм [1]. Избыток солей кобальта вызывает морфологические изменения в клетке и тем самым оказывает канцерогенное действие на нее. Соединения кобальта играют большую роль в биологических процессах, протекающих в организме, и являются индикатором некоторых заболеваний. Например, отсутствие кобальта в организме вызывает акабальтоз.

Подобная активность кобальта и других металлов требует проведения постоянного мониторинга техногенных загрязнителей и миграции токсичных веществ в окружающей среде и вызывает необходимость осуществления оперативного и надежного контроля содержания тяжелых металлов, обладающих токсичными свойствами.

Для фотометрического определения кобальта довольно селективными являются реагенты с о-нитрозофенольной группировкой или аналогичного

строения с оксимной группировкой [2, 3]. Широкое распространение получили методы, в которых используются органические реагенты – производные нитрозоафтолов, пиридиновые азосоединения, из которых наиболее часто применяется 4-(2-пиридилазо)-резорцин [4].

Разработан спектрофотометрический метод определения Co(II) с N-(О-гидроксibenзилден)пиридин-2-амином. Данный метод применен для определения Co(II) в фармацевтических образцах [5]. Найдены оптимальные условия проведения эксперимента для количественной сорбции Co(II) – 4-(2-пиридилазо)резорцин. Предложенный метод использован для определения кобальта в различных пробах воды [6]. Исследованы процессы комплексообразования кобальта с дитиолфенолами и гидрофобными аминами. Предложены экстракционно-фотометрические методики для определения кобальта в разных природных и промышленных объектах [7–8].

Для экстракционно-фотометрического определения кобальта в разных природных и промышленных объектах использованы разнолигандные комплексы (РЛК) кобальта с 4-(2-пиридилазо)резорцином и 1,4-дифенил-3-(фениламино)-1Н-1,2,4-триазолом [9], с 4-(2-пиридилазо)резорцином и тетразолиевыми солями [10].

Нами изучена возможность применения 5-(4-гидроксibenзилден)-2,4-тиазолидиндиона (L) для фотометрического определения кобальта(II).

Экспериментальная часть

Реагенты и растворы. Исходный раствор (1 мг/мл) Co(II) готовили растворением точной навески $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в воде, содержащей 2 мл концентрированной H_2SO_4 , и разбавляли водой до 1 л [2].

В работе использовали 0,01 М раствор L в хлороформе. L очищали пересаживанием из этанольных растворов прибавлением воды и затем перегонкой. В качестве экстрагента применяли очищенный хлороформ.

Ионную силу растворов, равную $\mu = 0,1$, поддерживали постоянной введением рассчитанного количества KNO_3 . Для создания необходимой кислотности растворов применяли ацетатный буферный раствор. Все использованные реагенты имели квалификацию ч.д.а. или х.ч.

Аппаратура. Оптическую плотность органической фазы измеряли на фотоколориметре КФК-2. Спектрофотометрические измерения в УФ и видимой областях проводили на спектрофотометре СФ-26. Величину pH растворов контролировали с помощью иономера И-130 со стеклянным электродом. ИК-спектры получали на спектрофотометре Specord-M 80.

Построение градуировочных графиков. В мерные колбы емкостью 25 мл вводили 10–80 мкг кобальта с интервалом 10 мкг, 2 мл 0,01 М раствора L, объем органической фазы доводили до 5 мл хлороформом, контролировали pH, разбавляли водой до метки и измеряли оптическую плотность растворов относительно воды. По полученным данным строили градуировочные графики.

Результаты и их обсуждение

Кобальт(II) с 5-(4-гидроксibenзилиден)-2,4-тиазолидиндионом (L) образует окрашенный комплекс, который хорошо растворяется в неполярных органических растворителях. Наилучшими экстрагентами оказались дихлорэтан, хлороформ и четыреххлористый углерод. При однократной экстракции хлороформом извлекается 97,6% кобальта в виде комплекса. Комплекс экстрагируется в хлороформ в диапазоне $\text{pH} = 4,2 \div 5,5$. С уменьшением pH водной фазы экстракция кобальта(II) постепенно уменьшается, что, очевидно, связано с уменьшением концентрации ионизированной формы L, и, вероятнее всего, в растворе он находится в недиссоциированном виде (рис. 1). При $\text{pH} \geq 9,5$ комплекс практически не экстрагируется, что, видимо, связано с гидролизом иона кобальта(II). Оптимальным условием образования и экстракции комплекса является концентрация L $0,8 \times 10^{-3}$ моль/л.

Комплекс кобальта(II) с L устойчив в водных и органических растворителях, не разлагается в течение двух суток, а после экстракции – больше месяца. Максимальная оптическая плотность достигается в течение 5 мин. Комплекс устойчив при нагревании до 80°C . Результаты изучения соотношения $V_{\text{в}}/V_0$ на извлечение Co(II) в виде Co-L показали, что оптимальным $V_{\text{в}}/V_0$ является 5/5–80/5.

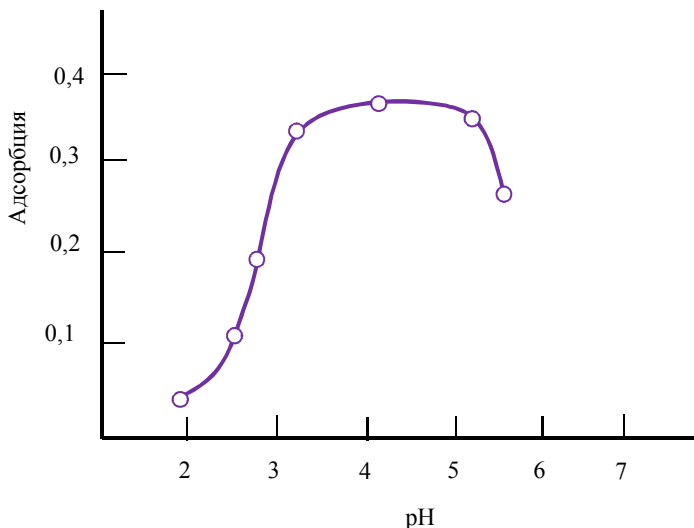


Рис. 1. Зависимость оптической плотности комплекса от pH водной фазы:
 $C_{\text{Co(II)}} = 3,38 \times 10^{-5}$ М; $C_{\text{R}} = 8,0 \times 10^{-4}$ М; КФК-2, $\lambda = 490$ нм, $l = 1$ см

Максимальный аналитический сигнал при комплексообразовании кобальта с L наблюдается при длине волны $\lambda = 528$ нм, тогда как сам L максимально поглощает при $\lambda = 256$ нм (рис. 2). Батохромный сдвиг составляет, таким образом, 276 нм. Молярный коэффициент поглощения составляет $3,22 \times 10^4$.

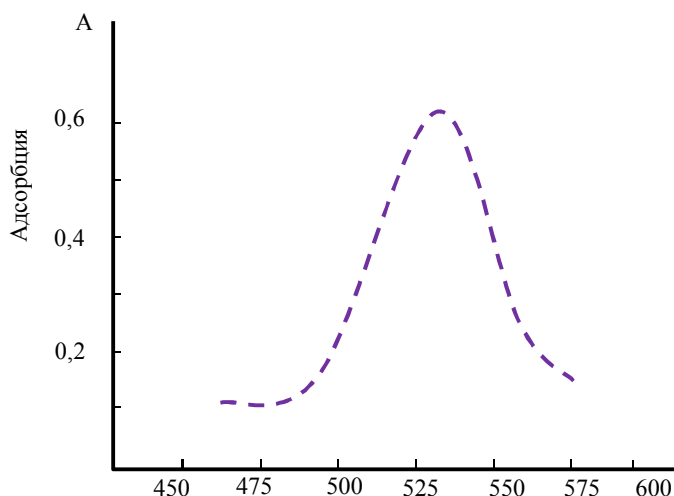


Рис. 2. Спектр поглощения комплекса:
 $C_{\text{Co(II)}} = 3,38 \times 10^{-5} \text{ M}$; $C = 8,0 \times 10^{-4} \text{ M}$; СФ-26, $l = 1 \text{ см}$

Стехиометрию исследуемых комплексов устанавливали методами сдвига равновесия, относительного выхода (метод Старика–Барбанеля) и прямой линии [11]. Все методы показали, что соотношение компонентов Co:L в комплексе составляет 1:2 (рис. 3).

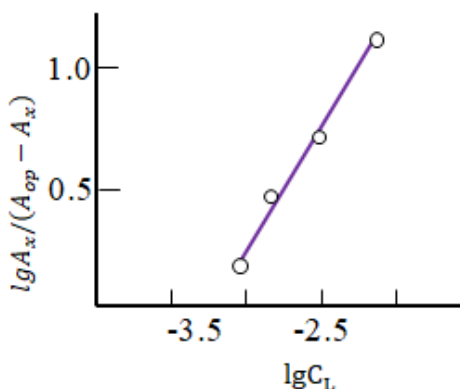


Рис. 3. Определение соотношения компонентов методом сдвига равновесия
 для $C_{\text{Co(II)}} = 3,38 \times 10^{-5} \text{ M}$; СФ-26, $l = 1 \text{ см}$

Синтезирован и исследован методами химического анализа и ИК-спектроскопии комплекс Co(II) с L . ИК-спектр комплекса сравнен со спектром реагента. Наблюдаемая полоса в области $1593\text{--}1448 \text{ см}^{-1}$ соответствует ароматическому кольцу ($\text{C}=\text{C}$). В ИК-спектрах комплекса в области $3040\text{--}3020 \text{ см}^{-1}$ имеются сильные полосы поглощения, связанные с ν_{CH} в ароматическом ядре.

Полосы поглощения при $820\text{--}710\text{ см}^{-1}$ могут быть отнесены к деформационным колебаниям C–H, полосы поглощения при $1\,610\text{--}1\,450\text{ см}^{-1}$ – к валентным колебаниям фенильных колец, а полосы поглощения при $1\,380\text{ см}^{-1}$ – к ν_{CN} , ν_{CS} наблюдается при 685 см^{-1} , а ν_{CO} – при $1\,291\text{ см}^{-1}$. Полосы поглощения при 440 и 573 см^{-1} соответствуют ν (Co–O) и ν (Co–N) соответственно [12, 13].

Результаты элементного химического анализа L и Co–L приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты элементного анализа L и Co–L

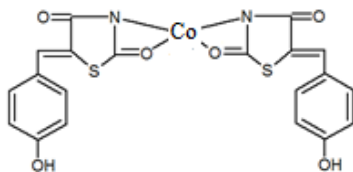
Соединение	%	C	H	N	Fe
L	Найдено	54,48	3,25	6,47	–
	Вычислено	54,29	3,19	6,33	–
Co–L	Найдено	46,83	2,62	5,67	10,95
	Вычислено	46,69	2,53	5,45	10,89

Термогравиметрическое исследование комплексов Co–L показало, что их термическое разложение происходит в три этапа. О дегидратации комплексов свидетельствует температура дегидратации ($90\text{--}110^\circ\text{C}$) на кривых ДТА, что сопровождается эндотермическим эффектом (потеря веса – $5,09\%$). В интервале температур $385\text{--}450^\circ\text{C}$ наблюдается максимальная скорость потери массы, что связано с удалением L (потеря веса $39,88\%$). Конечным продуктом термоллиза комплекса является CoO.

Методом Назаренко было установлено, что комплексообразующей формой кобальта является Co^{2+} [14, 15]. При этом число атомов водорода, вытесняемых им из одной молекулы L, оказалось равным 1.

Произведенные расчеты показали, что разнолигандный комплекс в органической фазе не полимеризуется и находится в мономерной форме ($\Upsilon = 1,05$) [16].

На основании соотношения компонентов в образующихся комплексах, числа вытесняемых протонов и ионной формы кобальта, можно представить вероятную структуру комплексов на Co–L:



Установлено, что с L окрашенные комплексы образуют также ионы Fe(III), V(IV), Cu(II), Ni(II), Mo(VI), Pt(II), Mn(II), Cd(II), Zn(II), Pd(II) и UO_2^{2+} . Избирательность определения существенно увеличивается в присутствии маскирующих реагентов или же при изменении pH среды. При использовании $0,01\text{ М}$ раствора ЭДТА определению не мешают Ti(IV), V(IV), Nb(V), Ta(V), Mo(VI), Fe(III) и Ni(II). Большие количества фторид-,

оксалат-, тиосульфат-, бромид-, хлорид-, тартрат-, сульфат-, ацетат- и цитрат-ионов также не мешают определению. Тиоцианат, тиомочевина и фосфат-ион мешают, даже когда присутствуют в малых количествах (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Влияние посторонних ионов на определение кобальта(II) с L
(взято 30 мкг Со(II), $n = 3$, $P = 0,95$)

Ион	Мольный избыток иона	Маскирующий реагент	Найдено, мкг	S_r
Ni(II)	50	ЭДТА	29,8	0,05
Fe(II)	50	—	29,8	0,04
Cd(II)	200	—	30,5	0,03
Al(III)	180	—	29,6	0,03
Fe(III)	50	Аскорбиновая кислота	30,2	0,05
Zr(IV)	50	—	29,8	0,05
Cu(II)	25	Тиомочевина	29,8	0,04
Hg(II)	40	—	30,4	0,05
Ti(IV)	30	Аскорбиновая кислота	29,6	0,03
V(IV)	20	—	30,5	0,04
Mo(VI)	10	ЭДТА	29,8	0,05
W(VI)		—	29,8	0,03
Cr(III)	120	—	30,2	0,03
Nb(V)	50	$C_2O_4^{2-}$	29,7	0,05
Ta(V)	50	Аскорбиновая кислота	30,2	0,03
UO_2^{2+}	50	—	29,8	0,03
Салициловая кислота	25	—	29,8	0,05
Сульфосалициловая кислота	30	—	30,5	0,04
Аскорбиновая кислота	120	—	29,6	0,03
Винная кислота	120	—	30,2	0,03
Оксалат	48	—	29,8	0,05
Фторид	45	—	29,5	0,05
H_3PO_4	30	—	30,4	0,04
Тиомочевина	20	—	29,6	0,03

Произведенные расчеты показали, что комплекс в органической фазе не полимеризуется и находится в мономерной форме. Экстракт комплекса подчиняется основному закону светопоглощения при концентрации 0,25–16 мкг/мл. Данные, полученные для построения градуировочного графика, были обработаны методом наименьших квадратов [17]. На основании уравнения градуировочных графиков рассчитывали предел фотометрического обнаружения и предел количественного определения кобальта.

В табл. 3 приведены основные спектрофотометрические характеристики методики определения Co(II) с L.

Таблица 3

Условия образования и некоторые химико-аналитические свойства Co(II) с L

Параметр	Значение
Окраска	Красный
$\text{pH}_{\text{Образования}}$	3,6–9,2
$\text{pH}_{\text{Оптимальная}}$	4,2–5,5
λ_{max} , нм	528
Батохромный сдвиг	276
Молярный коэффициент поглощения	$3,22 \cdot 10^4$
Чувствительность, нг/см ²	1,83
R, %	97,6
Уравнение градуировочных графиков	$0,027 + 0,28x$
Коэффициент корреляции	0,9965
Константа равновесия K_p	6,20
Константа устойчивости β_k	9,65
Линейный диапазон градуировочных графиков, мкг/мл	0,25–16
Предел обнаружения (ПрО) нг/ см ³	12
Предел количественного определения (ПрКО), нг/ см ³	40

В табл. 4 приведены данные, позволяющие сравнить аналитические характеристики разработанных нами фотометрических методик определения кобальта(II) с некоторыми уже известными методиками [3, 9, 16]. Как видно из таблицы, предложенные нами методики достаточно избирательны, чувствительны, отличаются экспрессностью и позволяют определять даже малые количества ионов металла и получать воспроизводимые результаты.

Таблица 4

Сравнительные характеристики методик определения кобальта

Реагент	РН	Растворитель	λ , нм	$\epsilon \times 10^{-4}$	Область подчинения закону бэра, мкг/ мл
1-нитрозоафтол-2 [3]	≥ 3	Хлороформ	415	2,9	–
Нитрозо R-соль [3]	Слабокислая	–	500	1,5	–
Бромпирогаллол красный [18]	2,0	–	575	1,08	0,25–110
Пар + хлорид 2-(4-иодфенил)-3-(4-нитрофенил)-5-фенил-2h-тетразолия [9]	4,7	–	515	1,4	–
L	4,2–5,5	Хлороформ	528	3,22	0,25–16

На основании результатов спектрофотометрического исследования кобальта(II) с L разработаны методики определения кобальта в растениях, сточных водах и донных отложениях.

Определение кобальта в растениях. Навеску растений готовили по методике [19]. Оптическую плотность полученного окрашенного раствора измеряли на КФК-2 в кювете толщиной 0,5 см. Количество Co(II) и Ni(II) определено по градуировочным графикам на основании измеренного значения оптической плотности. Полученные результаты обработаны методами математической статистики. Результаты определения представлены в табл. 5.

Таблица 5
Результаты определения кобальта (II) в растениях ($n = 6$, $P = 0,95$)

Методика		Найдено в образце, мг/кг	S	S_r	$\bar{X} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$
Фасоль	1-нитрозонафтол-2	0,20	0,0050	0,024	$0,20 \pm 0,0053$
	8-меркаптохинолин	0,19	0,0044	0,023	$0,19 \pm 0,0050$
	L	0,18	0,0034	0,019	$0,18 \pm 0,0039$
Горох	1-нитрозонафтол-2	0,11	0,0038	0,035	$0,11 \pm 0,0040$
	8-меркаптохинолин	0,12	0,0046	0,038	$0,12 \pm 0,0048$
	L	0,13	0,0056	0,049	$0,13 \pm 0,0058$

Определение кобальта (II) в сточных водах и донных отложениях. Для анализа брали 1 л сточной воды (в случае донных отложений 250 мл), выпаривали до получения осадка, не доводя до кипения. Осадок растворяли в 5 мл концентрированной HNO_3 , переводили в колбу емкостью 50 мл и разбавляли водой до метки.

Таблица 6
Результаты определения кобальта (II) в сточных водах и донных отложениях ($n = 6$, $P = 0,95$)

Объект анализа		Введено, мг/л	Найдено, мг/кг (с добавкой)	$\bar{X}$	$\bar{X} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$	S_r
Сточная вода	Проба 1	2,0	2,48	0,48	$0,48 \pm 0,07$	0,073
	Проба 2	5,0	6,15	1,15	$1,15 \pm 0,12$	0,082
Донные отложения	Проба 1	5,0	6,26	1,26	$1,26 \pm 0,05$	0,064
	Проба 2	5,0	6,95	1,95	$1,95 \pm 0,07$	0,069

В аликвотных частях определяли содержание Co(II) с L. Оптическую плотность полученного окрашенного раствора измеряли при $\lambda = 490$ нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 0,5 см. Неизвестные концентрации Co(II) определяли по градуировочному графику. Результаты определения представлены в табл. 6.

Заключение

Предложенные нами методики определения кобальта в разных объектах избирательны, чувствительны, отличаются экспрессностью и позволяют определять даже малые количества ионов металла и получать воспроизво-

димые результаты. На основании результатов спектрофотометрического исследования комплексов кобальта(II) с L разработаны методики определения кобальта в растениях, сточных водах и донных отложениях.

Литература

1. Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М. : Высшая школа, 2006. 334 с.
2. Марченко З., Бальцежак М.К. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. М. : Бином. Лаборатория знаний, 2007. 711 с.
3. Умланд Ф., Янсен А., Тириг Д., Вюнш Г. Комплексные соединения в аналитической химии. М. : Мир, 1975. 286 с.
4. Пешкова В.М., Совостина В.М. Аналитическая химия никеля. М. : Наука, 1966. 200 с.
5. Makhijani R.M., Barhate V.D. Development of extractive spectrophotometric determination of cobalt(II) with [N-(O-hydroxy benzyldene)pyridine-2-amine] // International Journal of Scientific and Research Publications. 2016. Vol. 6, № 4. P. 108–111.
6. Ciftci H. Solid phase extraction method for the determination of cobalt in water samples on duolite XAD-761 resin using 4-(2-Pyridylazo) resorcinol by FAAS // Current Analytical Chemistry. 2010. Vol. 6, № 2. P. 154–160.
7. Kuliev K.A., Verdizadeh N.A., Suleymanova G.S. Spectrophotometric determination of cobalt(II) with 2, 6-dithiolphenol and its derivatives in the presence of hydrophobic amines // American Journal of Chemistry. 2016. Vol. 6, № 4. P. 95–103.
8. Kuliev K.A., Verdizade N.A., Mamedova Sh.A. Extraction-spectrophotometric study of ternary complexes of Co(II) and Ni(II) using dithiolphenols and diphenylguanidine // World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2017. Vol. 6, № 3. P. 60–76.
9. Racheva P.V., Gavazov K.B., Lekova V.D., Dimitrov A.N. Complex formation in a liquid-liquid extraction system containing cobalt(ii), 4-(2-pyridylazo) resorcinol, and nitron // Journal of Materials. Vol. 2013. Art. 897343. P. 1–7. DOI: 0.1155/2013/897343
10. Divarova V.V., Gavazov K.B., Lekova V.D., Dimitrov A.N. Spectrophotometric investigations on liquid-liquid extraction systems containing cobalt, 4-(2-pyridylazo)-resorcinol and tetrazolium salts // Chemija. 2013. Vol. 24, № 2. P. 81–87.
11. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. Л. : Химия, 1986. 432 с.
12. Иоффе Б.В., Костиков Р.Р., Разин В.В. Физические методы определения строения органических соединений. М. : Высшая школа, 1984. 336 с.
13. Анисимова Н.А. Идентификация органических соединений. Горно-Алтайск : РИО Горно-Алт. гос. ун-та, 2009. 118 с.
14. Назаренко В.А., Бирюк Е.А. Исследование химизма реакций ионов многовалентных элементов с органическими реагентами // Журнал аналитической химии. 1967. Т. 22, № 1. С. 57–64.
15. Назаренко В.А. Взаимодействие ионов многовалентных элементов с органическими реагентами // Труды комиссии по аналитической химии АН СССР. М. : Наука, 1969. Т. 17. С. 22.
16. Ахмедли М.К., Клыгин А.Е., Иванова Л.И., Баширов Э.А. О химизме взаимодействия ионов галлия с некоторыми сульфоталеинами // Журнал неорганической химии. 1974. Т. 19, № 8. С. 2007–2012.
17. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Аналитическая химия (физико-химические методы анализа). М. : Высшая школа, 1991. 256 с.
18. Sharp G.A., Soomro G.A. Spectrophotometric determination of cobalt(II) as complexes with brompirogallol red in micellar media // Journal of The Chemical Society of Pakistan. 2006. Vol. 22, № 5. P. 444–447.
19. Практикум по агрохимии : учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под ред. В.Г. Минеева. М. : Изд-во МГУ, 2001. 689 с.

Информация об авторах:

Алиева Конул Расим кызы, научный сотрудник кафедры аналитической и органической химии Азербайджанского государственного педагогического университета (Баку, Азербайджан). E-mail: kerim.kuliev.69@mail.ru

Кулиев Керим Аваз оглы, кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической и органической химии Азербайджанского государственного педагогического университета (Баку, Азербайджан). E-mail: memmedova.shafa@mail.ru

Мамедова Шафа Ага кызы, Азербайджанский государственный педагогический университет (Баку, Азербайджан). E-mail: memmedova.shafa@mail.ru

Ефендиева Наиба Насрадин кызы, Азербайджанский государственный педагогический университет (Баку, Азербайджан). E-mail: nefendiyeva2@gmail.com

Tomsk State University Journal of Chemistry, 2021, 22, 38–49. DOI: 10.17223/24135542/22/4

K.R. Alieva, K.A. Kuliev, Sh.A. Mamedova, N.N. Efendieva

Azerbaijan State Pedagogical University (Baku, Azerbaijan)

5-(4-hydroxybenzylidene)-2,4-thiazolidinedione as analytical reagent for extraction-photometric determination of cobalt(II)

The possibility of using 5-(4-hydroxybenzylidene)-2,4-thiazolidinedione (L) for photometric determination of cobalt(II) has been studied. The best extractants were dichloroethane, chloroform and carbon tetrachloride. With a single extraction with chloroform, 97.6% of cobalt is recovered as a complex. The cobalt(II) complex is extracted into chloroform in the pH range 4.2–5.5. The maximum analytical signal for the complexation of cobalt with L is observed at 528 nm. The molar absorption coefficient is 3.22×10^4 . The ratio of components in the complex is Co:L = 1:2. The extract of the cobalt complex obeys the basic law of light absorption at a concentration range $0.25 \div 16 \mu\text{g/ml}$. Based on the results of spectrophotometric studies of cobalt(II) with L, methods for determining cobalt in different objects have been developed.

Keywords: cobalt, 5-(4-hydroxybenzylidene)-2,4-thiazolidinedione, extraction-photometric method

References

1. Sadovnikova L. K., Orlov D. S., Lozanovskaya I. N. *Ekologiya i okhrana okruzhayushchey sredy pri khimicheskom zagryaznenii* [Ecology and environmental protection during chemical pollution]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 2006. 334 p. (in Russian)
2. Marchenko Z., Baltsezhak M. K. *Metody spektrofotometrii v UF i vidimoy oblastiakh v neorganicheskom analize* [Spectrophotometry methods in the UV and visible regions in inorganic analysis]. Moscow, Binom. Laboratoriya znaniy Publ., 2007. 711 p. (in Russian)
3. Umland F., Yansen A., Tirig D., Vyunsh G. *Kompleksnyye soedineniya v analiticheskoy himii* [Complex compounds in analytical chemistry]. M.: Mir, 1975, 286 p. (in Russian)
4. Peshkova V. M., Sovostina V. M. *Analiticheskaya himiya nikelya* [Analytical chemistry of nickel]. M. Nauka. 1966. 200 p. (in Russian)
5. Makhijani R. M., Barhate V. D. Development of extractive spectrophotometric determination of cobalt(II) with [N-(O-hydroxy benzylidene)pyridine-2-amine] // *International Journal of Scientific and Research Publications*, 2016, V. 6, № 4, pp. 108–111.
6. Ciftci H. Solid phase extraction method for the determination of cobalt in water samples on duolite XAD-761 resin using 4-(2-Pyridylazo) resorcinol by FAAS // *Current Analytical Chemistry*, 2010. V. 6, № 2, pp. 154–160.

7. Kuliev K.A., Verdizadeh N. A, Suleymanova G.S. Spectrophotometric determination of cobalt(II) with 2, 6-dithiolphenol and its derivatives in the presence of hydrophobic amines. *American Journal of Chemistry*, 2016, V.6, № 4, pp. 95-103.
8. Kuliev K.A., Verdizade N. A. Mamedova Sh. A. Extraction-spectrophotometric study of ternary complexes of Co(II) and Ni(II) using dithiolphenols and diphenylguanidine. *World journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 2017, V. 6, № 3, pp. 60-76.
9. Racheva P. V., Gavazov K. B., Lekova V. D., Dimitrov A. N. Complex formation in a liquid-liquid extraction system containing cobalt(ii), 4-(2-pyridylazo) resorcinol, and nitron // *Journal: Materials*, V. 2013, 1-7.
10. Divarova V. V, Gavazov K. B., Lekova V. D., Dimitrov A. N. Spectrophotometric investigations on liquid-liquid extraction systems containing cobalt, 4-(2-pyridylazo)-resorcinol and tetrazolium salts // *Chemija*, 2013, V. 24, №2, pp. 81–87.
11. Bulatov M. I., Kalinkin I. P. *Prakticheskoye rukovodstvo po fotokolorimetriceskim i spektrofotometriceskim metodam analiza* [A practical guide to photolorimetric and spectrophotometric methods of analysis]. Leningrad, Khimiya Publ., 1986. 432 p. (in Russian)
12. Ioffe B. V., Kostikov R. R., Razin V. V. *Fizicheskie metody opredeleniya stroeniya organicheskikh soedinenij* [Physical methods for determining the structure of organic compounds]. M.: Vysshaya shkola. 1984. 336 p. (in Russian)
13. Anisimova N. A. *Identifikaciya organicheskikh soedinenij* [Identification of organic compounds]. Gorno-Altajsk. RIO Gorno-Altajskogo gosuniversiteta, 2009, 118 p. (in Russian)
14. Nazarenko V. A., Biryuk E. A. *Issledovanie himizma reakcij ionov mnogovalentnykh elementov s organicheskimi reagentami* [Investigation of the chemistry of reactions of ions of multivalent elements with organic reagents]. *Zhurn. analit. himii*.1967, T. 22, №1, p. 57- 64. (in Russian)
15. Nazarenko V. A. *Vzaimodejstvie ionov mnogovalentnykh elementov s organicheskimi reagentami* [Interaction of ions of multivalent elements with organic reagents]. Tr. komis. po analit. himii AN SSSR, M.: Nauka, 1969, T. 17. p.22. (in Russian)
16. Ahmedli M. K., Klygin A. E., Ivanova L. I., Bashirov E. A. *o himizme vzaimodejstviya ionov galliya s nekotorymi sulfotfaleinami* [on the chemistry of the interaction of gallium ions with some sulfophthaleins] // *Zhurnal neorganicheskoy himii*, 1974, v. 19, №8, pp. 2007-2012. (in Russian)
17. Dorohova E. N., Prohorova G. V. *Analiticheskaya himiya (fiziko-himicheskie metody analiza)* [Analytical chemistry (physicochemical methods of analysis)]. M.: Vysshaya shkola, 1991, p. 250. (in Russian)
18. Sharp G. A., Soomro G. A. Spectrophotometric determination of cobalt(II) as complexes with brompirogallol red in micellar media // *Journal of The Chemical Society Of Pakistan*, 2006, V. 22, № 5, pp. 444-447.
19. *Praktikum po agrohimii* [Workshop on agrochemistry]: Ucheb. posobie. - 2-e izd., pere-rab. i dop./ Pod red. akademika PACXH V G. Mineeva. - M.: Izd-vo MGU, 2001, 689 p. (in Russian)

Information about the authors:

Alieva Konul Rasim kizi, Researcher, Department of Analytical and Organic Chemistry, Azerbaijan State Pedagogical University (Baku, Azerbaijan).

Kuliyev Kerim Avaz oglu, PhD in Chemistry, Assistant professor of the Department of Analytical and Organic Chemistry of the Azerbaijan Pedagogical University (Baku, Azerbaijan). E-mail: kerim.kuliev.69@mail.ru

Mamedova Shafa Aga qizi, Azerbaijan State Pedagogical University (Baku, Azerbaijan). E-mail: memmedova.shafa@mail.ru.

Efendiyeva Naiba Nasraddin qizi, Azerbaijan State Pedagogical University (Baku, Azerbaijan). E-mail: nefendiyeva2@gmail.com