

УДК 543. 42. 062: 546.72.2

DOI: 10.21779/2542-0321-2020-35-3-111–118

А.З. Залов¹, Ч.К. Расулов², К.А. Кулиев¹, Г.И. Ибрагимов¹, Ф.И. Салахова¹, Г.А. Гусейнова¹

**2-(пиперидинометил)-4-метилфенол как аналитический реагент
для экстракционно-фотометрического определения железа (III)**

¹ Азербайджанский государственный педагогический университет; Азербайджан, 1000, г. Баку, ул. У. Гаджибекова, 68; Zalov1966@mail.ru;

² НАНА им. Ю.Г.Мамедалиева Институт нефтехимических процессов; Азербайджан, 1025, г. Баку, пр. Ходжалы, 30.

Спектрофотометрическим методом исследовано комплексообразование железа (III) с 2-(пиперидинометил)-4-метилфенолом (L). Идентификацию синтезированного реагента проводили с помощью элементного анализа, ИК- и ЯМР-спектроскопии. Результаты химического анализа: найдено, %: 86,98 C; 3,57 H; 3,68 N; 4,12 O. Вычислено, %: 87,64 C; 3,93 H; 3,93 N; 4,49 O. ИК-спектр (KBr) – 3470 cm^{-1} ν (OH), 3050 cm^{-1} ν (CH), 2850 cm^{-1} ν (CH₃), 1610–1450 cm^{-1} ν (C₆H₅), 820–710 cm^{-1} δ (C-H), 1480–1470 cm^{-1} δ (-CH₂), 1420 cm^{-1} (ν_{CN}), 1391 cm^{-1} (ν_{CO}). Спектр ¹H ЯМР (300,18 МГц, C₆D₆). 2.90 (s, 3H, CH₃), 2.45 (s, 2H, N-CH₂ пиперидин), 1.60–2.47 (m, 10H, пиперидин), 7.38–7.42 (m, 3H, Ar). Найдены оптимальные условия образования и экстракции комплексного соединения и установлены соотношения компонентов в комплексе. Установлено, что комплексное соединение образуется в слабокислой среде (pH_{опт} 3,8–5,2). Молярный коэффициент поглощения равен $\varepsilon_{535} = 3.29 \times 10^4$. L максимально поглощает при 256 нм. Батохромный сдвиг составляет 279 нм. Выход комплекса максимален при концентрации 8.5×10^{-4} моль/л L. Комплексообразующей формой железа является FeOH²⁺. Соотношение компонентов в комплексе составляет 1:2. При электролизе раствора комплекса не наблюдалось его передвижение ни к аноду, ни к катоду даже после длительного пропускания тока, т. е. он электрически нейтрален. Методом пересечения кривых вычислена константа устойчивости ($\beta_K = 9.5$). При однократной экстракции хлороформом извлекается 97.5 % железа в виде комплекса. На основании полученных данных разработаны фотометрические методики определения железа в различных объектах.

Ключевые слова: железо, 2-(пиперидинометил)-4-метилфенол, экстракционно-фотометрический метод, спектрофотометрические измерения.

Железо относится к переходным элементам и образует очень прочные координационные связи с любыми донорными атомами лигандов. Поскольку ионы Fe²⁺ и Fe³⁺ обладают хромоформными свойствами, в большинстве методов используют реагенты, не содержащие хромоформных групп [1]. Избирательными реагентами на железо (III) являются соединения, содержащие фенольные OH-группы [2]. Реагенты, содержащие OH-группы и донорные атомы азота, считаются наиболее подходящими для определения железа(III) [3–5]. Для фотометрического определения железа в основном используют 1,10-фенантролин, 2,2-дипиридил и 2,2,2'-трипиридил [2]. Разработаны методики фотометрического определения железа (III) в фруктах с 1-фенил-2,3-диметилпиразолон-5-азопиригаллолом в присутствии 1,10-фенантролина и α, α' -дипиридила [6].

Ранее нами было исследовано взаимодействие некоторых из d-элементов с галогенпроизводными тиофенолов и гидрофобными аминами [7–9].

В статье приведены результаты экстракционно-фотометрического исследования комплексообразования железа (III) с 2-(пиперидинометил)-4-метилфенолом (L).

Экспериментальная часть

Реагенты и растворы. Раствор железа (III) (0.1 мг/мл) готовили растворением из х. ч. $\text{FeCl}_3 \times 6\text{H}_2\text{O}$, как указано в [10], и стандартизацию проводили α -бензоиноксимом гравиметрическим методом [10]. Растворы с меньшим содержанием железа готовили последовательным разбавлением стандартного раствора.

2-(пиперидинометил)-4-метилфенол синтезировали по методике [11].

Идентификацию синтезированного реагента проводили с помощью элементного анализа, ИК- и ЯМР-спектроскопии [12]. Результаты химического анализа. Найдено (вычислено), %: 86,98 (87,64) C; 3,57 (3,93) H; 3,68 (3,93) N; 4,12 (4,49) O.

ИК-спектр (KBr) 3470 см^{-1} ν (OH), 3050 см^{-1} ν (CH), 2850 см^{-1} ν (CH_3), $1610\text{--}1450\text{ см}^{-1}$ ν (C_6H_5), $820\text{--}710\text{ см}^{-1}$ δ (C-H), $1480\text{--}1470\text{ см}^{-1}$ δ ($-\text{CH}_2$), 1420 см^{-1} (ν_{CN}), 1391 см^{-1} (ν_{CO}).

Спектр ^1H ЯМР (300,18 МГц, C_6D_6). 2.90 (s, 3H, CH_3), 2.45 (s, 2H, N- CH_2 пиперидин), 1.60–2.47 (m, 10H, пиперидин), 7.38–7.42 (m, 3H, Ar).

В работе использовали 0.01 М раствор I в хлороформе. В качестве экстрагента применен очищенный хлороформ.

Ионную силу растворов ($\mu = 0,1$) 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 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 снимали на спектрофотометре «Specord-M80».

Методика синтеза 2-(пиперидинометил)-4-метилфенола. Смесь 27.5 г *n*-крезола (254 ммоль), 7.5 г формальдегида (250 ммоль) и 27.5 г бензола (352 ммоль) тщательно перемешивают и нагревают. При достижении температуры реакционной смеси до 40–45 °С добавляют 21 г (247 ммоль) пиперидина по каплям из капельной воронки. После прибавления пиперидина температуру реакционной смеси поднимают до 80 °С и перемешивают в течение 1 часа. С целью удаления воды и бензола температуру смеси поднимают до 110 °С. Полученный продукт охлаждают до 40 °С и выделяют 2-(пиперидинометил)-4-метилфенола перегонкой при пониженном давлении (мм рт. ст.). Выход продукта: 48 %.

Определение знака заряда комплекса. При электролизе раствора комплекса не наблюдалось его передвижение ни к аноду, ни к катоду даже после длительного пропускания тока, т. е. он электрически нейтрален. Опыты вели обычным способом, в U-образной трубке с двумя кранами, при напряжении 180–200 в и силе тока 0.5–0.8 мА. Электролиз проводили на протяжении 3 час.

Определение железа в почве. Навеску тонко растертой в агатовой ступке (5 г), прокаливали в муфельной печи в течение 3 час. После охлаждения навеску обрабатывали и растворяли в графитовой чашке при температуре 50–60 °С смесью 16 мл конц. HF, 5 мл конц. HNO_3 и 15 мл конц. HCl. С целью удаления избытка HF 3 раза добавляли в раствор по 8 мл конц. HNO_3 и выпаривали каждый раз до 5–6 мл. После этого раствор переводили в мерную колбу объемом 100 мл и объем доводили до метки дистиллированной водой. Аликвотную часть (5 мл) помещают в делительную воронку, создавали оптимальный pH

(рН = 4), прибавляют 3 мл 0,01 М раствора L, 3 мл хлороформа и определяли содержание железа.

Определение железа в мясе. Навеску (3г) говяжьего мяса помещали в фарфоровый тигель и высушивали до удаления влаги, после чего озоляли сначала на открытом огне, затем в муфельной печи при 500 °С. Для ускорения озоления вынимали тигель из печи, охлаждали, содержимое тигля смачивали 3%-ным раствором H_2O_2 , подсушивали на водяной бане и в сушильном шкафу и вновь прокаливали до получения однородной массы бурого цвета. В охлажденную золу дважды прибавляли по 2 мл 2М HCl, нагревали на водяной бане, перемешивая стеклянной палочкой. Фильтровали в химический стакан, нагревали на водяной бане до 60 °С, прибавляли 5 мл 1%-ного раствора алюмоаммонийных квасцов, 5 г NH_4Cl и концентрированный NH_4OH . Для коагуляции осадка гидроксида железа и алюминия раствор выдерживали при 60 °С. Осадок растворяли в 10 мл 2М HCl, фильтровали в колбу вместимостью 100 мл и объем доводили до метки дистиллированной водой. Аликвотную часть (5 мл) помещают в делительную воронку, создавали оптимальный рН (рН = 4), прибавляли 3 мл 0,01 М раствора L, 3 мл хлороформа и определяли содержание железа.

Результаты и их обсуждение

Влияние рН. Из рис. 1 видно, что комплексы железа (III) экстрагируются в хлороформ в диапазоне рН 3.8–5.2. Экстракция уменьшается как при уменьшении, так и при увеличении рН водной фазы. При высоких значениях рН процесс комплексообразования осложняется гидролизом иона металла.

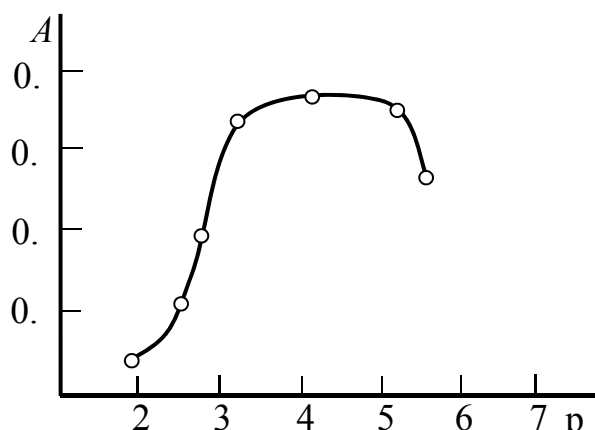


Рис. 1. Зависимость оптической плотности от рН водной фазы.
 $C_{Fe(III)} = 3.57 \times 10^{-5}$ М, $C_L = 8.50 \times 10^{-4}$ М; КФК-2, $l = 0,5$ см

Спектры поглощения. Максимальный аналитический сигнал при комплексообразовании железа с L наблюдается при 535 нм. L максимально поглощает при 256 нм (рис. 2). Батохромный сдвиг составляет 279 нм. Контрастность реакций высока: исходный реагент почти бесцветен, а комплекс красно-фиолетового цвета. Молярный коэффициент поглощения составляет $\varepsilon = 3.29 \times 10^4$.

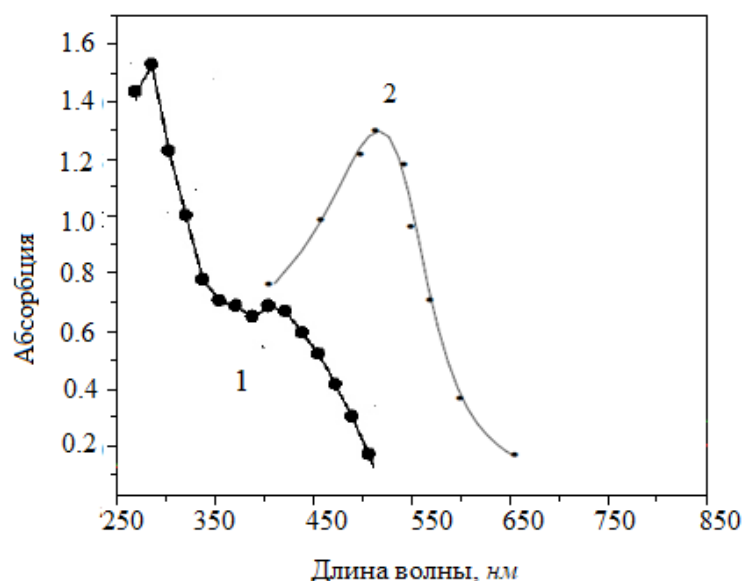


Рис. 2. Спектры поглощения *L* (1) и комплекса *Fe-L* (2)

Выбор экстрагента. 2-(пиперидинометил)-4-метилфенол плохо растворяется в воде. Анион реагента ($pK = 10.48$) переходит в водную фазу, и комплекс образуется в водной фазе. Комплекс также малорастворим в воде, но растворимость в неполярных органических растворителях высокая. Для выяснения возможности экстракции комплекса испытаны растворители: $CHCl_3$, $C_2H_4Cl_2$, CCl_4 , C_6H_6 , $C_6H_5CH_3$ и C_6H_5Cl . Наилучшими экстрагентами оказались $CHCl_3$, $C_2H_4Cl_2$ и CCl_4 . При однократной экстракции хлороформом извлекается 97.5 % железа в виде комплекса. Дальнейшие исследования проводили с хлороформом. Содержание железа в органической фазе определяли фотометрически – салициловой кислотой после реэкстракции, а в водной – по разности.

Влияние концентрации лигандов и времени выдерживания. Для выбора оптимальных условий изучено влияние концентрации реагирующих веществ, температуры и времени на образование окрашенного комплекса. Выход комплекса максимален при концентрации реагента 8.5×10^{-4} моль/л *L*. Комплекс максимально образуется при 20–25-кратном избытке реагента.

Максимальная оптическая плотность достигается в течение 5 минут. При 30 °С окраска развивается мгновенно.

Комплекс железа с *L* устойчив в водных и органических растворителях и не разлагается в течение двух суток, а после экстракции – больше месяца.

Степень извлечения не зависит от соотношения объемов водной и органической фаз в широком интервале (от 5:5 до 110:5), что позволяет проводить одновременное концентрирование и фотометрическое определение железа. Коэффициент концентрирования составляет 22.

Состав комплекса и механизм комплексообразования. Методом Назаренко было установлено, что комплексообразующей формой железа является $FeOH^{2+}$ [13]. Стехиометрию исследуемого комплекса установили методами пересечения кривых, сдвига равновесия, относительного выхода и прямой линии [14]. Все методы показали, что соотношение компонентов в комплексе составляет 1:2 (рис. 3). Методом пересечения кривых вычислена константа устойчивости ($\beta_K = 9.5$).

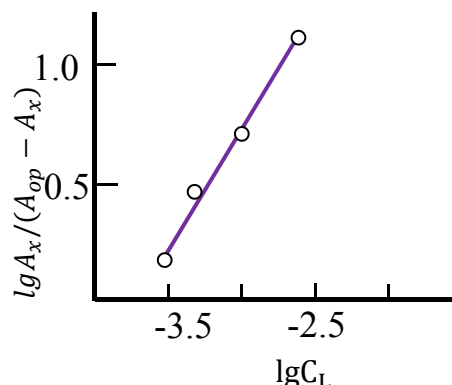


Рис. 3. Определение соотношения компонентов в комплексе методом сдвига равновесия.

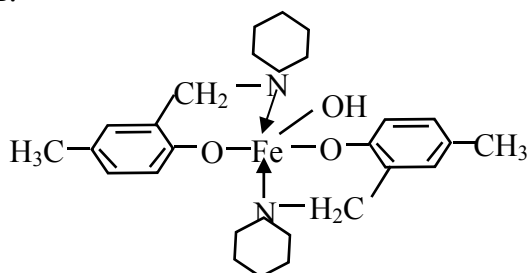
$$C_{Fe(III)} = 3.57 \times 10^{-5} \text{ М; СФ-26, } l = 1 \text{ см}$$

Методом ИК-спектроскопии исследован механизм образования комплекса Fe (III) с L. Наблюдаемое исчезновение полосы поглощения в области $3600\text{--}3250 \text{ см}^{-1}$ с максимумом при 3470 см^{-1} показывает, что -ОН принимает участие в образовании связи с металлом. В ИК-спектре комплекса колебательная частота ν_{CN} (1350 см^{-1}) по сравнению с ИК-спектром свободного лиганда (полоса поглощения $\nu_{CN} = 1850 \text{ см}^{-1}$) смещена в область низких частот на 30 см^{-1} . Это позволяет утверждать о координации лиганда к металлу через атом азота пиперидинового кольца. Полосы поглощения при 440 см^{-1} и 573 см^{-1} соответствуют $\nu(\text{Fe-O})$ и $\nu(\text{Fe-N})$ соответственно [13, 15].

Результаты химического анализа. Найдено, %: 67,35 С; 6,72 Н; 6,89 N; 13,91 Fe. Вычислено, %: 68.42 С; 7.00 Н; 7,00 N; 14.00 Fe.

Произведенные расчеты показали, что комплекс в органической фазе не полимеризуется и находится в мономерной форме ($\gamma = 1,05$) [9].

Учитывая молярное соотношение компонентов в составе комплекса, комплексообразующую форму центрального иона, мономерность комплекса в органической фазе, а также данные ИК-спектроскопического и химического анализа, структуру комплекса Fe(III) с L можно представить:



В табл. 1 приведены некоторые химико-аналитические характеристики методик определения Fe (III).

Влияние посторонних ионов. Подробно изучено влияние различных ионов на определение железа с L. Для этого к раствору, содержащему 50 мкг железа, добавляли по 50 мг солей щелочных металлов или 0,5–1,0 мг других солей. Экстрагировали по описанной методике. Определению железа не мешают по 50 мг анионов цитрата, тартрата, F^- , Cl^- , J^- , Br^- и 40 мг PO_4^{3-} . Из изученных катионов – Co (II), Ni (II), Cd (II), Bi (III), Cu (II), Zr (IV), W (VI), Hg (II), Ti (IV), V (IV), Mo (VI), Mn (II), Nb (V), Ta (V), Ag (I) – мешают только Mn (II), Co (II), Ni (II) и Cd (II). Мешающее влияние Mn(II), Co(II), Ni(II) и Cd(II) устраняли осаждением Fe(III) аммиаком.

Экстракты железа в виде Fe-L подчиняются основному закону светопоглощения при концентрациях 0.25–16 мкг/мл. Уравнение градуировочного графика приведено в табл. 1.

На основании уравнения градуировочного графика рассчитывали предел фотометрического обнаружения (ПрО) и предел количественного определения (ПрКО) железа в виде Fe-L.

Таблица 1. Химико-аналитические характеристики комплекса железа (III) с L

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Молярный коэффициент поглощения	$3.29 \cdot 10^4$	Окраска	Красный
Чувствительность, нг/см ²	1.7	pH _{об}	1.9–5.8
Уравнение градуировочного графика	$0.032 + 0.27x$	pH _{оп}	3.2–5.2
Коэффициент корреляции	0.9975	λ_{max} (нм)	535
Константа равновесия K_p	6.25	R, %	97.5
Константа устойчивости β_k	9.5	ПрО, нг/см ³	12
Линейный диапазон градуировочного графика, мкг/мл	0.25–16	ПрКО, нг/см ³	39

В табл. 2 приведены данные, позволяющие сравнить аналитические характеристики методики определения железа с некоторыми уже известными методиками.

Таблица 2. Сравнительные характеристики методик определения железа

Степень окисления	Реагент	pH (растворитель)	λ , нм	$\varepsilon \times 10^{-4}$	Лит.
+3	Галловая кислота + анилин	4–5 (н-C ₅ H ₁₁ ОН)	560	0.44	[16]
+3	Сульфосалициловая кислота	1.2	528	0.38	[2]
+2	фенантролин	2–9 (изо- C ₅ H ₁₁ ОН)	512	1.10	[1]
+2	батофенантролин	4–7(CHCl ₃ + C ₂ H ₁₁ ОН)	533	2.24	[1]
+3	L	3.8–5.2 (CHCl ₃)	535	3.29	

Определение железа в мясе и почве. Разработанные методики применены для определения железа в мясе и почве светло-каштанового цвета, взятой из прикаспийской зоны. Результаты определения содержания железа в мясе и почве контролировали известными фотометрическими методиками. Полученные результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты определения железа в различных объектах ($n = 6$, $P = 0,95$)

Объект	Метод	\bar{X} , % (10^{-2})	$S(10^{-2})$	S_r	$\bar{X} \pm \frac{t_p \cdot S}{\sqrt{n}}$
Почва	ААС	2.72	0.106	0.039	$(2.72 \pm 0.11) \cdot 10^{-2}$
	Роданидный	2.70	0.113	0.042	$(2.70 \pm 0.12) \cdot 10^{-2}$
	L	2.68	0.094	0.035	$(2.68 \pm 0.10) \cdot 10^{-2}$
Мясо	Роданидный	2.92	0.134	0.045	$(2.92 \pm 0.14) \cdot 10^{-2}$
	Сульфосалицилатный	2.95	0.127	0.043	$(2.95 \pm 0.13) \cdot 10^{-2}$
	L	2.91	0.105	0.036	$(2.91 \pm 0.11) \cdot 10^{-2}$

Заключение

Спектрофотометрическим методом исследовано комплексообразование железа (III) с 2-(пиперидинометил)-4-метилфенолом. Было установлено, что комплексные соединения образуются в слабокислой среде ($pH_{\text{опт}} 3,8-5,2$). Молярный коэффициент поглощения равен $\varepsilon_{535} = 3,29 \times 10^4$. Выход комплекса максимален при концентрации $8,5 \times 10^{-4}$ моль/л L. Комплексообразующей формой железа является $FeOH^{2+}$. Соотношение компонентов в комплексе составляет 1:2. Методом пересечения кривых вычислена константа устойчивости ($\beta_k = 9,5$). При однократной экстракции хлороформом извлекается 97,5 % железа в виде комплекса. На основании полученных данных разработаны фотометрические методики определения железа в различных объектах.

Литература

1. Марченко З., Бальцезжак М.К. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. – М.: Бином, 2007. – 711 с.
2. Унор Э., Махон М., Новак Д. Фотометрические методы определения следов неорганических соединений. – М.: Мир, 1985. – 359 с.
3. Рустамов Н.Х., Алиева А.А., Агамалиева М.М. Экстракционно-фотометрическое определение железа (III) с ароматическими диаминами и динитробензоласалициловой кислоты // Химические проблемы. – 2003. – № 2. – С. 83–86.
4. Алиева А.А., Мамедова М.Ф. Спектрофотометрическое определение железа (III) с бис-[2,3,4-тригидроксифенилазобензидином и гидрофобными аминами в виде разнолигандных комплексов // Вестник БГУ. – 2006. – № 2. – С. 35–39.
5. Рустамов Н.Х., Керамова А.А. Экстракционно-фотометрическое определение железа (III) с гетероциклическими диаминами и азопроизводными салициловой кислоты // Заводская лаборатория. – 2009. – Т. 75, № 5. – С. 3–8.
6. Нагиев Х.Д., Еспанди Ф., Чырагов Ф.М. Определение микроколичеств железа в фруктах // Аналитика и контроль. – 2013. – Т. 17, № 1. – С. 107–111.
7. Zalov A.Z., Kuliev K.A. Extraction-photometric determination of cobalt (II) with 5-(4-Hydroxybenzylidene)-2,4-tiazolidindion in different objects // Journal of pharmacognosy and phytochemistry. – 2019. – Vol. 8 (1). – P. 2612–2616.
8. Zalov A.Z., Kuliev K.A., Mammadova Sh.A., Isgenderova K.O. Extraction-photometric determination of iron in fruit, berries and in natural waters // International journal of chemical studies. – 2019. – Vol. 7 (1). – P. 2379–2384.
9. Zalov A.Z., Kuliev K.A., Akberov N.A., Abasgulieva U.B., Bakhsieva U.Sh. Composition and extraction of tungsten (VI) complexes with 2-hydroxy-5-bromtiphenol and aminophenols // Chemical problems. – 2019. – Vol. 1 (17). – P. 50–58.
10. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. – М.: Наука, 1964. – С. 260.
11. Агамалиева З.З., Гусейнова Г.А., Залов А.З., Расулов Ч.К. Материалы Международной научной конференции «Актуальные проблемы современной химии». – Баку: ИНХП, 2019. – С. 126.
12. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. – М.: Мир, 1963. – 592 с.
13. 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.
14. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотоколориметрическим и спектрофотометрическим методам анализа. – М.: Химия, 1986. – 432 с.

15. Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений. – М.: Мир, 1991. – 536 с.

16. Ализаде Т.Д., Ганиева Э.М. Разнолигандные комплексы железа (III) с галловой кислотой и анилином. Экстракционно-фотометрическое определение железа // Журнал аналитической химии. – 1978. – Т. 33, № 2. – С. 332–335.

Поступила в редакцию 7 ноября 2019 г.

UDC 543. 42. 062: 546.72.2

DOI: 10.21779/2542-0321-2020-35-3-111-118

2- (piperidinomethyl) -4-methylphenol as an Analytical Reagent for Extraction-photometric Determination of Iron (III)

A.Z. Zalov¹, Ch.K. Rasulov², K.A. Kuliev¹, G.I. Ibragimov¹, F.I. Salahova¹, G.A. Guseinova¹

¹ Azerbaijan State Pedagogical University; Azerbaijan, 1000, Baku, U. Hajibekov st., 68; zalov1966@mail.ru

² NANA them. Yu.G. Mamedaliev Institute of Petrochemical Processes; Azerbaijan, 1025, Baku, 30 Khojaly Ave.

The complexation of iron (III) with 2-(piperidinomethyl)-4-methylphenol (L) was studied by spectrophotometric methods. The identification of the synthesized reagent was carried out using elemental analysis, IR and NMR spectroscopy. As a result of chemical analysis 86.98 C; 3.57 H; 3.68 N; 4.12 O are found out. 87.64 C; 3.93 H; 3.93 N; 4.49 O. IR (KBr) – 3470 cm^{-1} ν (OH), 3050 cm^{-1} ν (CH), 2850 cm^{-1} ν (CH₃), 1610–1450 cm^{-1} ν (C₆H₅), 820–710 cm^{-1} δ (CH), 1480–1470 cm^{-1} δ (-CH₂), 1420 cm^{-1} (ν CN), 1391 cm^{-1} (ν CO). ¹H NMR spectrum (300.18 MHz, C₆D₆). 2.90 (s, 3H, CH₃), 2.45 (s, 2H, N-CH₂ piperidine), 1.60–2.47 (m, 10H, piperidine), 7.38–7.42 (m, 3H, Ar) are calculated. The optimal conditions for the formation and extraction of the complex compound are found and the ratios of the components in the complex are established. It was found out that the complex compound is formed in a slightly acidic medium (pH_{opt} 3.8–5.2). The molar absorption coefficient is $\varepsilon_{535} = 3.29 \times 10^4$. L absorb as much as possible at 256 nm. The bathochromic shift is 279 nm. The yield of the complex is maximum at the concentration of 8.5×10^{-4} mol/l L. The complexing form of iron is FeOH²⁺. The ratio of components in the complex is 1:2. During electrolysis of the solution of the complex, its movement to either the anode or the cathode was not observed even after prolonged transmission of current, that is, it is electrically neutral. The method of intersection of the curves calculated the stability constants ($\beta_k = 9.5$). Upon a single extraction with chloroform, 97.5 % of iron is recovered as a complex. Based on the data obtained, photometric techniques for the determination of iron in various objects were developed.

Keywords: iron, 2-(piperidinomethyl)-4-methylphenol, extraction-photometric method, spectrophotometric measurements.

Received 7 November 2019