

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ / CHEMICAL SCIENCES

Оригинальная статья / Original article

УДК 543.42.062:546.98:547.74

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2227-2925-2018-8-3-6-11>**2-(4-ЭТИЛТИОФЕНИЛ)ПИРРОЛ КАК РЕАГЕНТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАЛЛАДИЯ**

© И.А. Алиев\*, Л.М. Синеговская\*\*, Б.А. Трофимов\*\*

\*Бакинский государственный университет,

Az 1148, Азербайджан, Баку, ул. Академика Захид Халилова, 23

\*\*Иркутский институт химии им. А.Е. Фаворского СО РАН,

664033, Российская Федерация, г. Иркутск, ул. Фаворского, 1

Целью настоящего исследования является разработка селективного экспресс-метода определения палладия. Впервые в качестве реагента на палладий использован 2-(4-этилтиофенил)пиррол, полученный по реакции Трофимова из 4-этилтиофенилкетоксима и ацетилена при атмосферном давлении (KOH/DMCO, 96 °C, 5 ч). Установлено, что в солянокислых растворах (6 M HCl до pH 5) Pd(II) образует с 2-(4-этилтиофенил)пирролом комплексное соединение желтого цвета, которое поглощает в видимой области  $\lambda = 415$  нм. Экстракционно-фотометрическим методом изучены свойства палладиевого комплекса пиррола, выявлены пределы концентраций Pd(II) (0,5-5,0 мкг/мл), подчиняющихся основному закону фотометрии. Разработанная методика определения Pd апробирована на растворах сложного состава и образцах промышленного катализатора РК-404. Показано, что новый реагент обеспечивает высокую избирательность определения Pd(II) в присутствии Ag(I), Mn(II), Zn(II), Pb(II), Ni(II), Co(II), Al(III), Fe(III), Bi(III), Th(IV), Pt(IV), U(VI), W(VI) и Re(VI); точность надежного определения палладия  $\pm 4\%$ . По сравнению с известными аналитическими реагентами 2-(4-этилтиофенил)пиррол отличается точностью и хорошей воспроизводимостью результатов, избирательностью анализа и экспрессностью (время анализа 4–5 мин).

**Ключевые слова:** алладий(II), 2-(4-этилтиофенил)пиррол, комплексобразование, фотометрическое определение палладия.

**Формат цитирования:** Алиев И.А., Синеговская Л.М., Трофимов Б.А. 2-(4-этилтиофенил)пиррол как реагент для определения палладия // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Т. 8, № 3. С. 6–11. DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-3-6-11

**2-(4-ETHYLTHIOPHENYL) PYRROLE AS A REAGENT FOR PALLADIUM DETERMINATION**

© I.A. Aliev\*, L.M. Sinegovskaya\*\*, B.A. Trofimov\*\*

\*Baku State University

23, Akademik Zahid Khalilov St., Baku, Az 1148, Azerbaijan

\*\*A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS

1, Favorsky St., Irkutsk, 664033, Russian Federation

The purpose of this research was to develop a selective rapid method for verifying the presence of palladium. For the first time, 2-(4-ethylthiophenyl) pyrrole has been used as a reagent for palladium determination. The reagent was obtained by the Trofimov reaction from 4-ethylthiophenylketoxime and acetylene at atmospheric pressure (Potassium Hydroxide/Dimethyl Sulfoxide, 96 °C, 5 h). It is established that Pd(II) and 2-(4-ethylthiophenyl) pyrrole form a complex compound of yellow colour in hydrochloric solutions (6 M of HCl, with a pH of up to 5). This compound absorbs in the visible region,  $\lambda = 415$  nm. The properties of the palladium pyrrole complex were studied by an extraction-photometric method. The limits of Pd(II) concentrations (0,5-5,0  $\mu\text{g/ml}$ ), obeying the basic law of photometry, were revealed. The developed method for verifying the presence of Pd has been tested on complex solutions and the samples of industrial catalyst RC-404. It is shown that the new reagent provides a high selectivity of Pd(II) determination in the presence of Ag(I), Mn(II), Zn(II), Pb(II) and Ni(II), Al(III), Fe(III), Bi(III), Th(IV), Pt(IV), (VI), W(VI) and (VI), with the accuracy of analysis being  $\pm 4\%$ . In comparison with other analytical reagents, 2-(4-ethylthiophenyl) pyrrole is characterized by a high accuracy and good reproducibility of results, as well as by the selectivity and promptness of the analysis (4-5 min).

**Keywords:** iron, hydrogen peroxide, Fenton reaction, oxywater, oxene, pyridoxine

**For citation:** Aliev I.A., Sinegovskaya L.M., Trofimov B.A. 2-(4-ethylthiophenyl) pyrrole as a reagent for palladium determination. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* [Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2018, vol. 8, no. 3, pp. 6–11. (in Russian). DOI: 10.21285/2227-2925-2018-8-3-6-11

## ВВЕДЕНИЕ

Методы определения палладия в значительной степени основаны на процессах комплексообразования. Современная аналитическая химия располагает достаточным разнообразием реагентов на палладий и широким выбором вариантов фотометрического и экстракционно-фотометрического определения содержания палладия в различных природных и промышленных объектах [1]. При фотометрическом методе используют различные органические реагенты, содержащие S, N, Se, O, с которыми Pd образует устойчивые соединения. К их числу относятся, например, 8-меркаптохинолин (тиоксин) [2], сульфонитрофенол М [3], азосоединения [4–6]. Высокую селективность и достаточную чувствительность проявляют различные моно- и диоксими, образующие с Pd термодинамически стабильные комплексы [7–11]. Палладий образует также окрашенные соединения с серосодержащими реагентами [12].

Цель настоящей работы состояла в изучении свойств 2-(4-этилтиофенил)пиррола – производного 4-этилтиофенилкетоксима как аналитического реагента для определения палладия и разработка на его основе экспресс-метода с повышенной избирательностью.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Спектры ЯМР  $^1\text{H}$  получены на спектрометре «Tesla BS-567 А» (100 МГц) в растворе  $\text{CDCl}_3$ , внутренний стандарт – ГМДС.

Оптическую плотность растворов измеряли на фотоэлектроколориметре ФЭК-56 М при 415 нм (светофильтр №3) в кювете  $l = 2,0$  см на фоне *i*-BuOH.

2-(4-этилтиофенил)пиррол синтезирован из 4-этилтиофенилкетоксима и ацетилена по методике [13]. Серые пластинчатые кристалла с перламутровым блеском, т.пл. 129–130 °С. Спектр ЯМР  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ ,  $\delta$ , м.д.): 1.24 (т, J 6 Гц, 3H, Me), 2.83 (д, J 6 Гц, 2H,  $\text{CH}_2\text{S}$ ), 6.14 (д, 1H,  $\text{H}^3$ ), 6.34 (д, 1H,  $\text{H}^4$ ), 6.63 (д, 1H,  $\text{H}^5$ ), 7.23 (м, 4H,  $\text{C}_6\text{H}_4$ ), 8.21 (уш. с, 1H, NH). Найдено, %: С 70,76; Н 6,52; N 6,67; S 15,44.  $\text{C}_{12}\text{H}_{13}\text{NS}$  (203,30). Вычислено, %: С 70,89; Н 6,45; N 6,89; S 15,77.

Стандартный  $1 \cdot 10^{-3}$  М раствор реагента готовили растворением точной навески 0,203 г 2-(4-этилтиофенил)пиррола (чистота 99,6% по ГЖХ) в ацетоне в 1 л мерной колбе. Основной

$1 \cdot 10^{-3}$  М раствор палладия, содержащий 0,1064 мг/мл Pd(II), готовили растворением 0,1773 г  $\text{PdCl}_2$  в 0,1 М HCl. Рабочие растворы готовили разбавлением этого раствора 0,1 М HCl.

Стандартные  $1 \cdot 10^{-3}$  М растворы для определения избирательности метода готовили растворением соответствующих навесок солей в дистиллированной воде. Для приготовления  $1 \cdot 10^{-5}$  М раствора смеси солей в мерную колбу объемом 100 мл помещали по 1 мл раствора каждой соли, доводили до метки 0,1 М HCl.

**Фотометрическое определение палладия в присутствии посторонних ионов.** К анализируемому раствору Pd(II) добавляли 1–5 мл  $1 \cdot 10^{-5}$  М раствора смеси солей, 2 мл  $10^{-3}$  М ацетонического раствора 2-(4-этилтиофенил)пиррола и доводили объем до 10 мл 0,1 М HCl. При необходимости добавляли 1–2 капли 1 М NaOH. Полученный желтый раствор переносили в делительную воронку и экстрагировали 10 мл изобутилового спирта в течение 30 сек, после чего экстракт отделяли и измеряли оптическую плотность при  $\lambda = 415$  нм при толщине слоя 20 мм на фоне экстрагента – *i*-BuOH. Количество Pd(II) определяли по калибровочному графику.

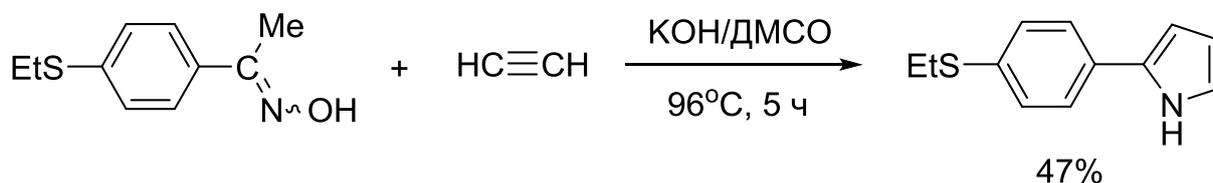
**Определение палладия (II) в катализаторе РК-404.** Навеску 0,10 г катализатора растворяли в 30 мл смеси концентрированной HCl и воды (1:1) при слабом нагревании. После охлаждения раствор переносили в колбу емкостью 100 мл, доводили до метки 0,1 М HCl. Аликвоту этого раствора смешивали с 2 мл  $10^{-3}$  М раствора 2-(4-этилтиофенил)пиррола в ацетоне и обрабатывали, как указано выше.

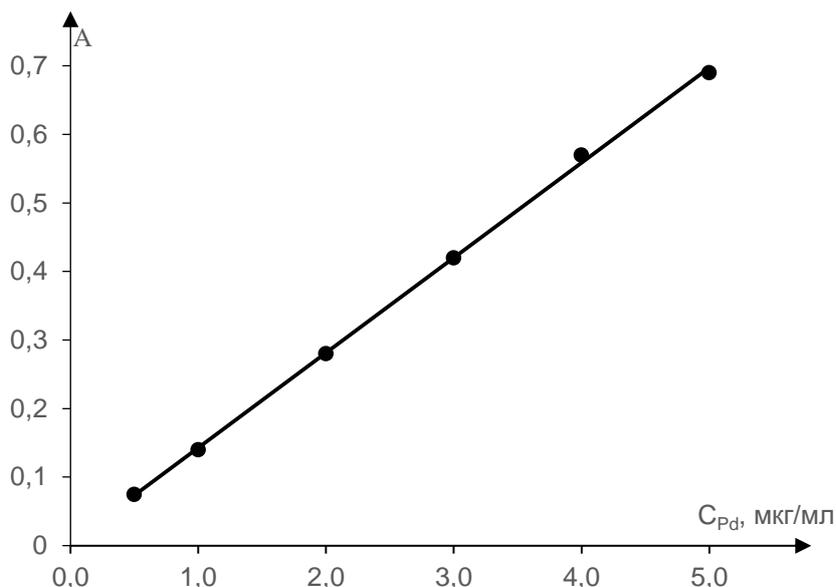
## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Предлагаемый новый аналитический реагент получен по реакции Трофимова из 4-этилтиофенилкетоксима и ацетилена в сверхосновной каталитической системе KOH/DMCO (96 °С, 5 ч), выход 47% [13].

Для получения 2-(4-этилтиофенил)пиррола по реакции Трофимова в качестве синтетических эквивалентов ацетилена могут быть использованы также винилхлорид [14] и 1,2-дибромэтан [15].

При добавлении к раствору Pd(II) в соляной кислоте бесцветного раствора 2-(4-этилтиофенил)пиррола в ацетоне сразу же появляется устойчивое желтое окрашивание, что свидетельствует об образовании комплекса.





**Зависимость оптической плотности растворов комплекса Pd(II) с 2-(4-этилтиофенил)пирролом (pH 1;  $l = 2,0$  см) от концентрации Pd(II)**

**Optical density of Pd(II) complex with 2-(4-ethylthiophene)pyrrole (pH 1;  $l = 2,0$  cm) versus concentration of Pd(II)**

Комплексное соединение Pd(II) в солянокислых растворах образуется в широком интервале кислотности (оптимально pH 1). Фотометрическое определение содержания Pd(II) осуществлялось после однократной 30-секундной экстракции комплекса из 0,1 М раствора HCl изобутиловым спиртом. Для определения использовалась полоса поглощения комплекса в видимой области спектра при  $\lambda = 415$  нм. При однократной экстракции *i*-BuOH палладий извлекается полностью, о чем свидетельствует исчезновение максимума в анализируемой области спектра.

Для построения градуировочного графика (рис. 1) аликвотную часть рабочего раствора Pd(II) в 0,1 М HCl, содержащую 5, 10, 20, 30, 40, 50 мкг Pd, переносили в делительную воронку, добавляли 2 мл  $1 \cdot 10^{-3}$  М раствора 2-(4-этилтиофенил)пиррола в ацетоне. Затем добавлением нескольких капель 1 М NaOH добивались интенсивного развития желтой окраски, довели объем до 10 мл 0,1 М HCl и экстрагировали 10 мл изобутилового спирта встряхиванием содержимого делительной воронки в течение 30 сек.

Уравнение градуировочной зависимости имеет вид:  $A = 0,04 + 0,13 \cdot C_{Pd}$  ( $r = 0,99$ ), где  $C_{Pd}$  – концентрация палладия (II), мкг/мл (см. рисунок). Градуировочный график линеен в интервале содержания палладия (II) в экстракте от 0,5 до 5 мкг/мл. Рассчитанное значение коэффициента молярного поглощения комплекса  $\epsilon$  ( $\lambda_{max} = 415$  нм) равно  $7,2 \cdot 10^3$ .

Изучено влияние 14 различных ионов на результаты экстракционно-фотометрического определения Pd(II) с использованием 2-(4-этилтиофенил)пиррола. Для этой цели к анализируемому раствору палладия добавляли  $10^{-3}$  М растворы различных солей и 2 мл  $1 \cdot 10^{-3}$  М раствора 2-(4-этилтиофенил)пиррола. После стандартной обработки измеряли оптическую плотность при  $\lambda = 415$  нм. Если посторонний ион не мешал определению, его объем постепенно увеличивали до тех пор, пока не определится интервал, при котором среднеквадратичная ошибка измерения превысит 5%. Если же посторонний ион мешал комплексообразованию, то его объем постепенно уменьшали до значений, удовлетворяющих точности определения 5%. В ходе исследования установлено, что реакция Pd(II) с 2-(4-этилтиофенил)пирролом избирательна по отношению к платине и сопутствующим макроэлементам (Fe, Ni, Co). При проведении анализа допустимо содержание в растворе 50-кратных количеств Pt(IV) и W(VI), 100-150-кратных Ag(I), Al(III) и Th(IV), 250-300-кратных Fe(III), Ni(II), Co(II), Mn(II), Zn(II), Re(VI) и 1000-кратных Pb(II), Bi(III) и U(VI).

Определение проводили в кислых средах. Раствор реагента в присутствии посторонних ионов не поглощает в области 415 нм. К анализируемому раствору палладия и искусственно приготовленной смеси солей добавляли раствор 2-(4-этилтиофенил)пиррола. Далее поступали, как описано при построении градуировочного графика.

Таблица 1

Определение Pd(II) в присутствии посторонних ионов<sup>a</sup> ( $n = 5; p = 0,95$ )

Table 1

Determination of Pd(II) in the presence of foreign ions ( $n = 5; p = 0,95$ )

Взято Pd(II), мкг	Найдено Pd(II), мкг	$S_r$
1,00	1,05	0,04
2,00	2,00	0,03
3,00	3,00	0,03
4,00	4,00	0,03
5,00	4,98	0,02

<sup>a</sup>Смесь 14 ионов, для которых установлены интервалы инертности.

Таблица 2

Определение Pd(II) в катализаторе РК-404 ( $n = 9; p = 0,95$ )

Table 2

Determination of Pd(II) catalyst RK-404 ( $n = 9; p = 0.95$ )

Аликвота, мл	Содержание Pd(II), мкг		$S_r$
	Полярнографическое определение	Фотометрическое определение	
1,5	23,2	23,0 ± 0,9	0,04
2,0	31,0	30,0 ± 1,0	0,03
3,0	46,5	46,0 ± 1,4	0,03

После измерения оптической плотности экстракта содержание Pd(II) устанавливали по градуировочному графику. Результаты определений представлены в табл. 1. Относительное стандартное отклонение при 5 параллельных определениях составляет 2–4%. Этот результат демонстрирует широкие возможности предложенного реагента и разработанной на его основе методики.

Метод апробирован на анализе палладиевого катализатора гидрирования РК-404 на пористом алюмооксидном носителе, модифицированном оксидом магния. Как видно из табл. 2 относительная ошибка определения Pd(II) в катализаторе составляет 3–4%, что вполне соответствует метрологическим возможностям фотометрии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, предложен новый аналитический реагент для определения палладия – 2-(4-этилтиофенил)пиррол, обладающий значительными преимуществами по отношению к известным реагентам. Во-первых, он обеспечивает высокую экспрессность и избирательность определения Pd(II), которое возможно в присутствии больших количеств катионов.

Новый реагент для количественного определения палладия дает достаточно точные и хорошо воспроизводимые результаты. Он повышает избирательность анализа по сравнению с другими известными реагентами и сокращает время анализа до 4–5 мин.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гинзбург С.И., Езерская Н.А., Прокофьева И.В., Федоренко Н.В. Аналитическая химия платиновых металлов. М.: Наука, 1972. 616 с.
2. Инютина О.Д., Иванкова И.А., Щербов Д.П. Экстракционно-фотометрическое исследование реакции 8-меркаптохинолина (тиоксина) с платиновыми металлами // Исследование цветных и флуоресцентных реакций для определения благородных металлов. ОНТИ Казахский ИМС. Алма-Ата, 1969. С. 48–55.
3. Саввин С.Б., Прописцова Р.Ф., Оханова Л.Н. Сульфонитрофенол М - новый реагент на палладий, ниобий и другие элементы // Журнал аналитической химии. 1969. Т. 24. С. 1634–1642. DOI: 10.7868/S0044450215080071.
4. Coufalova O., Rudzitis G., Mezaraup G., Germakova L. An extraction-spectrophotometric determination of palladium with 4-(2-pyridylazo)resor-

cinol in the presence of diphenylguanidine // Microchemical Journal. 1985. V. 32, N 1. P. 24–29.

5. Coufalova O., Germakova L. Spectrophotometric determination of the platinum metals. VIII. Highly sensitive extraction determination of palladium with 4-(2-pyridylazo)resorcinol in the presence of cetylpyridinium bromide // Chemical Zvesti. 1985. V. 39, N. 1. P. 83–90.

6. Яхшиева З.З., Сманова З.А., Каримова Н.О. Азореагент на ионы палладия(II) 4-(2-N-метиланабазилазо)-м-фенилдиамин // Наука и мир. 2016. Т. 1, N 2. С. 107–108.

7. Пешкова В.М., Шленская В.И., Рацевская А.И. К вопросу определения палладия оксимами // Вестник Московского университета. 1954. С. 83–90.

8. Иванкова А.И., Гладышева В.П., Щербов Д.П. Экстракционно-фотометрическое исследование

дование реакции палладия с  $\alpha$ -фурилдиоксимом // Исследование цветных и флуоресцентных реакций для определения благородных металлов. ОНТИ Казахский ИМС, Алма-Ата, 1969. P. 64–68.

9. Rao D.M., Reddy K.H., Reddy D.V., Spectrophotometric determination of palladium with 5,6-dimethyl-1,3-indanedione-2-oxime // Talanta. 1991. N 38. P. 1047–1050.

10. Reddy K.V., Paul A. Spectrophotometric determination of palladium (II) using 2-hydroxy-1-acetonaphthone-oxime // Indian Journal Chemistry. Section A. 1984. N 23. P. 702–704.

11. Одяков В.Ф., Жижина Е.Г. Экстракционно-фотометрическое определение палладия в гомогенном катализаторе (Pd + гетерополи-кислота) // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2009. Т. 75, N 8. С. 22–24.

12. Умланд Ф., Янсен А., Тириг Д., Вюнш Г.

Комплексные соединения в аналитической химии. М.: Мир, 1975. 531 с.

13. Коростова С.Е., Шевченко С.Г., Шмидт Е.Ю., Алиев И.А., Лазарев И.М., Сигалов М.В., Михалева А.И. Пирролы из кетоксимов и ацетилена. 42. Особенности синтеза новых 2-арилпирролов // Химия гетероциклических соединений. 1992. N 5. С. 609–613.

14. Алиев И.А., Михалева А.И., Гасанов Б.Р., Голованова Н.И. Пирролы из кетоксимов и ацетилена. 43. 1,2-Дигалогеналканы и винилхлорид в синтезе 2-(4-алкилтиофенил)пирролов // Химия гетероциклических соединений. 1990. N 10. С. 1337–1340.

15. Алиев И.А., Гасанов Б.Р., Зейналова С.Н., Михалева А.И. Синтез 2,5-дизамещенных пирролов реакцией кетоксимов с 1,2-дибромпропаном // Известия АН СССР. Серия химическая. 1988. С. 2175–2177.

## REFERENCES

1. Ginzburg S.I., Ezerskaya N.A., Prokof'eva I.V., Fedorenko N.V. Analiticheskaya khimiya platinovykh metallov [Analytical chemistry of platinum metals]. Moscow: Nauka Publ., 1972, 616 p.

2. Inyutina O.D., Ivankova I.A., Shcherbov D.P. Ekstraktsionno-fotometricheskoe issledovanie reaktsii 8-merkaptokhinolina (tioksina) s platinovymi me-tallami [Extraction and photometric research of reaction 8 mercaptoquinolines (thioxin) with platinum metals]. In: Issledovanie tsvetnykh i fluo-orestsentykh reaktsii dlya opredeleniya blagorodnykh metallov [Research of color and fluorescent reactions for definition of precious metals]. Alma-Ata, ONTI Kaz. IMS Publ., 1969, pp. 48–55.

3. Savvin S.B., Propistsova R.F., Okhanova L.N. Sulfonitrophenol M – new reagent on palladium, niobium and other elements. Zhurnal analiticheskoi khimii [Journal of Analytical Chemistry]. 1969, vol. 24, pp.1634–1642. (in Russian)

4. Coufalova O., Rudzitis G., Mezaraup G., Germakova L. An extraction-spectrophotometric determination of palladium with 4-(2-pyridylazo)resorcinol in the presence of diphenylguanidine. Microchemical Journal. 1985, vol. 32, no. 1, pp. 24–29.

5. Coufalova O., Germakova L. Spectrophotometric determination of the platinum metals. VIII. Highly sensitive extraction determination of palladium with 4-(2-pyridylazo)resorcinol in the presence of cetylpyridinium bromide. Chemical Zvesti. 1985, vol. 39, no. 1, pp. 83–90.

6. Yakhshieva Z.Z., Smanova Z.A., Karimova N.O. Azoreagent on ions of palladium (II) 4-(2-N-metilanabazinazo) – m-phenylenediamine. Nauka i mir [Science and World]. 2016, vol. 1, no. 2, pp. 107–108. (in Russian)

7. Peshkova V.M., Shlenskaya V.I., Ratsevskaya A.I. To the question of definition of palladium with an oximes. Vestnik Moskovskogo universiteta [Moscow University Chemistry Bulletin]. 1954, pp. 83–90. (in Russian)

8. Ivankova A.I., Gladysheva V.P., Shcherbov D.P. Ekstraktsionno-fotometricheskoe issledovanie reaktsii palladiya s  $\alpha$ -furildioksimom [An extraction and photometric research of reaction of palladium with  $\alpha$ -furyl-dioxime]. In: Issledovanie tsvetnykh i fluo-orestsentykh reaktsii dlya opredeleniya blagorodnykh metallov [Research of color and fluorescent reactions for definition of precious metals]. Alma-Ata, ONTI, Kazakhskii IMS, 1969, pp. 64–68.

9. Rao D.M., Reddy K.H., Reddy D.V., Spectrophotometric determination of palladium with 5,6-dimethyl-1,3-indanedione-2-oxime. Talanta, 1991, no. 38, pp. 1047–1050.

10. Reddy K.V., Paul A. Spectrophotometric determination of palladium (II) using 2-hydroxy-1-acetonaphthone-oxime. Indian Journal Chemistry. Section A. 1984, no. 23, pp. 702–704.

11. Odyakov V.F., Zhizhina E.G. Extraction and photometric definition of palladium in the homogeneous catalyst (Pd + heteropolyacid). Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov [Industrial Laboratory]. 2009, vol. 75, no. 8, pp. 22–24. (in Russian)

12. Умланд Ф., Янсен А., Тириг Д., Вюнш Г. Kompleksnye soedineniya v analiticheskoi khimii [Complex compounds in analytical chemistry]. Moscow: Mir Publ., 1975, 531 p.

13. Korostova S.E., Shevchenko S.G., Shmidt E.Yu., Aliev I.A., Lazarev I.M., Sigalov M.V., Mikhaleva A.I. Pirrols from ketoxim and acetylene. 42. Features of synthesis of new 2-arylpyrrole. Khimiya geterotsiklicheskih soedinenii [Chemistry of heterocyclic compounds]. 1992, no. 5, pp. 609–613. (in Russian)

14. Aliev I.A., Mikhaleva A.I., Gasanov B.R., Golovanova N.I. Pirrols from ketoximes and acetylene. 43. 1,2-Digalogenalkanes and vinyl chloride in synthesis of 2-(4 alkylthiophenyl)pyrrole. Khimiya geterotsiklicheskih soedinenii [Che-

mistry of heterocyclic compounds]. 1990, no. 10, pp. 1337–1340. (in Russian)

15. Aliev I.A., Gasanov B.R., Zeinalova S.N., Mikhaleva A.I. Synthesis of the 2,5-direplaced pirrole

#### ***Критерии авторства***

Алиев И.А. и Синеговская Л.М. выполнили экспериментальную работу. На основании полученных результатов. Алиев И.А., Синеговская Л.М. и Трофимов Б.А. провели обобщение и написали рукопись. Все авторы имеют на статью равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

#### ***Конфликт интересов***

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

##### ***Принадлежность к организации***

##### **Исмаил А. Алиев**

Бакинский государственный университет,  
Д.х.н., профессор  
ialiyev@mail.ru

##### **Лидия М. Синеговская**

Иркутский институт химии  
им. А.Е. Фаворского СО РАН  
Д.х.н., профессор  
lida@irioch.irk.ru

##### **Борис А. Трофимов**

Иркутский институт химии  
им. А.Е. Фаворского СО РАН  
Д.х.н., профессор, академик РАН,  
заведующий лабораторией  
boris\_trofimov@irioch.irk.ru

***Поступила 27.07.2017***

by the reaction of ketoxime with 1,2-di-bromopropane. Izvestiya Akademii Nauk SSSR. Seriya khimicheskaya [Russian Chemical Bulletin]. 1988, pp. 2175–2177. (in Russian)

#### ***Contribution***

Aliev I.A. and Sinegovskaya L.M. carried out the experimental work. Aliev I.A., Sinegovskaya L.M. and Trofimov B.A. on the basis of the results summarized the material and wrote the manuscript. All authors have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

#### ***Conflict of interests***

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

#### **AUTHORS' INDEX**

##### ***Affiliations***

##### **Ismail A. Aliev**

Baku State University, Department of  
Organic Chemistry,  
Doctor of Chemistry, Professor  
ialiyev@mail.ru

##### **Lidiya M. Sinegovskaya**

A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS,  
Doctor of Chemistry, Professor  
lida@irioch.irk.ru

##### **Boris A. Trofimov**

A.E. Favorsky Irkutsk Institute of Chemistry SB RAS,  
1, Favorsky St., Irkutsk, 664033, Russia  
Doctor of Chemistry, Professor, Academician of  
RAS, Head of the Laboratory  
boris\_trofimov@irioch.irk.ru

***Received 27.07.2017***