

ЭКСТРАКЦИЯ ХЛОРИДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ПАЛЛАДИЯ(II) В РАССЛАИВАЮЩИХСЯ ВОДНЫХ СИСТЕМАХ С ПОСЛЕДУЮЩИМ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ ОПРЕДЕЛЕНИЕМ

Т. Н. Симонова, В. А. Дубровина

ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет», г. Донецк

Поступила в редакцию 01.08.2018 г.

Аннотация. Исследована экстракция хлоридных комплексов палладия(II) в двухфазной водной системе без введения дополнительного реагента. Предложена двухфазная водная система полиэтиленгликоль (ПЭГ-1500)–NaCl–(NH₄)₂SO₄–H₂O для избирательного извлечения хлоридных комплексов палладия с последующим его спектрофотометрическим определением. Установлено влияние природы водорастворимого экстрагента на полноту извлечения палладия из концентрированных сульфатных растворов, обусловленное различным содержанием воды в органической фазе. Хлоридный комплекс палладия практически полностью извлекается ПЭГ (R = 99 %), этанолом и изопропанолом - на 40 и 25 % соответственно. Состав экстрагируемого соединения установлен методами химического анализа, молекулярной абсорбционной спектрофотометрии и ИК-спектроскопии. В условиях насыщения мольное отношение хлорид-ионов к ионам палладия (II) равно четырем. В спектре поглощения экстракта палладия (II) наблюдается максимум при 470 нм, характерный для комплекса [PdCl₄]²⁻ в водных растворах. В органическую фазу извлекается экстрагируемое соединение H₂[PdCl₄]·nПЭГ·nH₂O. Найдены оптимальные условия извлечения хлоридного комплекса палладия(II), влияющие на полноту его извлечения: C(Cl⁻) = 2,5·10⁻³ – 2,3 моль/дм³, C(H⁺) = 0,02 – 1 моль/дм³. Установлена дифференциация экстракционного поведения разнозарядных хлоридных комплексов палладия (II), золота(III), родия(III), иридия(IV), платины(IV), рутения(III) в ДВС на основе ПЭГ и водорастворимых спиртов. Разработан способ экстракционного извлечения хлоридных комплексов палладия(II) и отделения его от родия(III), рутения(III) и других сопутствующих металлов на основе двухфазной водной системы ПЭГ-1500–NaCl–(NH₄)₂SO₄–H₂O. Предложена альтернативная методика экстракционно-фотометрического определения палладия в технологических растворах в виде хлоридного комплекса без введения дополнительного реагента. Относительное стандартное отклонение не превышает 0.06. Продолжительность определения 20 мин. Методика апробирована на модельных технологических растворах, палладий содержащих концентратах.

Ключевые слова: палладий, хлоридные комплексы, двухфазные водные системы, спектрофотометрия.

Поиск альтернативных методик извлечения и определения палладия в промышленных отходах и продуктах их переработки, отличающихся селективностью, экономичностью, безопасностью, является важной задачей аналитической химии. Для определения аналита наибольшее распространение получили методы атомно-абсорбционной и молекулярной абсорбционной спектроскопии [1]. Спектрофотометрические методы вследствие универсальности, точности, доступности оборудования удовлетворяют требованиям к контролю качества палладий содержащих объектов.

Процессы вскрытия, извлечения, разделения платиновых металлов, в том числе палладия, часто проводят в солянокислых средах. В технологических растворах преобладают разнозарядные хлоридные комплексы анионного типа: [PdCl₄]²⁻, [PtCl₆]²⁻, [IrCl₆]²⁻, [RhCl₆]³⁻, [RuCl₆]³⁻ и др. Для определения палладия в технологических растворах рационально использовать окраску его хлоридных комплексов, но определению аналита мешают многие элементы. Для повышения селективности используют экстракцию хлоридных комплексов палладия трибутилфосфатом, бисацилированным диэтилтриамином в толуоле, дибутилсульфоксидом в керосине, три-н-октиламином

в толуоле и др. [2–7]. Снижение опасности экстрагента, упрощение методик анализа, сокращение продолжительности определения можно достигнуть использованием двухфазных водных систем (ДВС) [8–13]. В литературе описана экстракция палладия(II) с дибромкарбоксииарсенатом в фазу ПЭГ, использовали для его селективного определения в палладий/платиновых сплавах [14]. Для определения Pt(II), Pd(II), Rh(III), Au(III) в платиновых катализаторах, анодных шлаках предложена их экстракция в виде комплексов с хлоридом олова с применением изопропанол (ИПС), ПЭГ [15]. Перспективным направлением в ДВС является экстракция металлов без введения дополнительных реагентов, что повышает экономичность, экспрессность экстракционных процессов [16]. В работе [17] показано, что палладий и платина в виде двухзарядных ацидокомплексов $[PdCl_4]^{2-}$, $[PtCl_6]^{2-}$ плохо извлекаются в ДВС на основе ИПС в отличие от однозарядного комплекса $[AuCl_4]^-$, что является основой для экстракционного отделения золота от палладия и платины в солянокислых растворах. Нами предложен способ экстракционного извлечения хлоридных комплексов палладия(II) в присутствии родия, рутения и цветных металлов ПЭГ и показана возможность экстракционно-фотометрического его определения [18].

Цель данной работы – исследование механизма экстракции хлоридных комплексов палладия(II) в ДВС, оптимизация условий его извлечения и отделения от драгоценных, цветных металлов и разработка на этой основе экспрессной методики определения аналита в технологических растворах в соответствии с принципами “зеленой” экстракции.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Использовали ИПС и этанол хч; ПЭГ-1500 (Apply Chem, Germany); ПЭГ-115 (Реахим, ТУ 6-14 826-86); NaCl, LiCl, $(NH_4)_2SO_4$, HCl, H_2SO_4 , HNO_3 хч. Исходный раствор палладия(II) (1 мг/мл) готовили растворением точной навески аффинированного палладия в 5 мл HNO_3 (1:1) при нагревании и разбавляли до 25 мл дистиллированной водой.

Спектрофотометрические измерения проводили на фотоколориметре КФК-3, спектрофотометре СФ-2000, атомно-абсорбционные – на спектрофотометре Сатурн-3. ИК-спектры регистрировали в области $4000-500\text{ см}^{-1}$ в таблетках с KBr на спектрофотометре Avatar 370 (TermoN-

ikolet). Кислотность растворов контролировали иономером И-160 МИ со стеклянным электродом.

Содержание палладия(II) в равновесных фазах системы определяли иодидным методом. Содержание хлорид-ионов в водной и органической фазах определяли аргентометрическим методом, сульфат-ионов – титриметрическим методом с солью бария и нитрхромазо. Эксперимент проводили при комнатной температуре.

Исследования проводили в оптимальных условиях образования анионных хлоридных комплексов палладия в водных растворах: $C(Cl^-) = 1\text{ моль/дм}^3$, $C(H^+) = 1\text{ моль/дм}^3$. Для выбора условий экстракции в делительную воронку вводили раствор палладия (1 мг/см³), 10 мл 3 М $(NH_4)_2SO_4$, кислотность создавали H_2SO_4 (1:1), затем прибавляли необходимое количество раствора NaCl или LiCl, дистиллированную воду для достижения объема водной фазы 15 см³, 5 см³ экстрагента. В качестве экстрагентов были исследованы водорастворимые спирты (этанол, ИПС), полимеры (ПЭГ-1500) в присутствии высаливателя $(NH_4)_2SO_4$. При выборе высаливателя учитывали устойчивость ацидокомплексов платиновых металлов с разными лигандами, которая увеличивается в следующей последовательности: $SO_4^{2-} < Cl^- < Br^- < SCN^- < CN^-$. Расслаивание фаз происходит при концентрации 2.2–3.0 М $(NH_4)_2SO_4$, соотношение объемов водной и органической фаз составляло 3:1. Экстракционное равновесие достигается в течение 1 мин.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Хлоридные комплексы палладия(II) извлекаются ПЭГ в присутствии высаливателя $(NH_4)_2SO_4$ на 98% (табл. 1). Комплекс $PdCl_4^{2-}$ в отличие от ПЭГ экстрагируется ИПС, этанолом на 25, 40% соответственно. Различное поведение хлоридных комплексов аналита связано с условиями гидратации и сольватации в равновесных фазах системы. ПЭГ, содержащий согласно литературным данным до 70% воды, в большей степени экстрагирует гидратированные соединения, чем ИПС, содержание воды, в органической фазе которого составляет до 30% [17].

В качестве экстрагента для дальнейших исследований выбран ПЭГ. Изучено влияние кислотности среды, концентрации хлорид-ионов на полноту экстракции аналита. Максимальное извлечение палладия(II) наблюдается в широком интервале кислотности среды и концентрации хлорид-ионов: $C(H^+) = 2 \cdot 10^{-2} - 2\text{ моль/дм}^3$, $C(Cl^-) = 2.5 \cdot 10^{-3} - 4\text{ моль/дм}^3$ (рис. 1, 2).

Таблица 1

Экстракция палладия(II) в ДВС
 $(C(Pd^{2+})=6.3 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³, $C(Cl^-)=1$ моль/дм³, $C(H^+)=1$ моль/дм³)

Экстрагент	R, %
Изопропанол	25
Этанол	40
ПЭГ-1500	98
ПЭГ-115	98

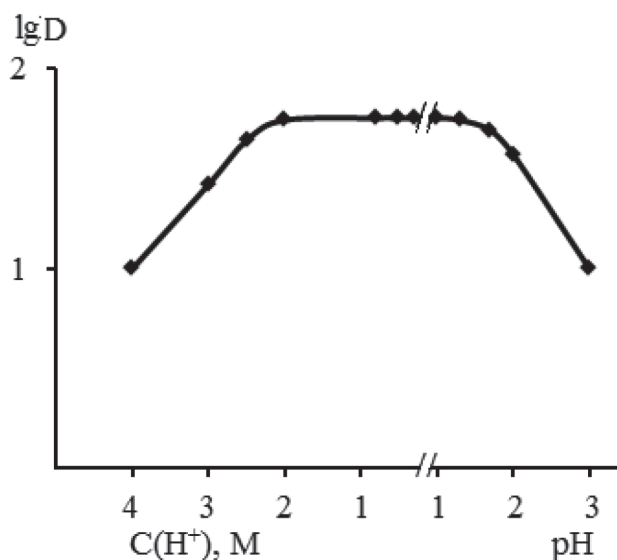


Рис. 1. Зависимость коэффициента распределения палладия(II) от кислотности и рН среды ($6.3 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³ Pd(II), 0.25 моль/дм³ Cl⁻)

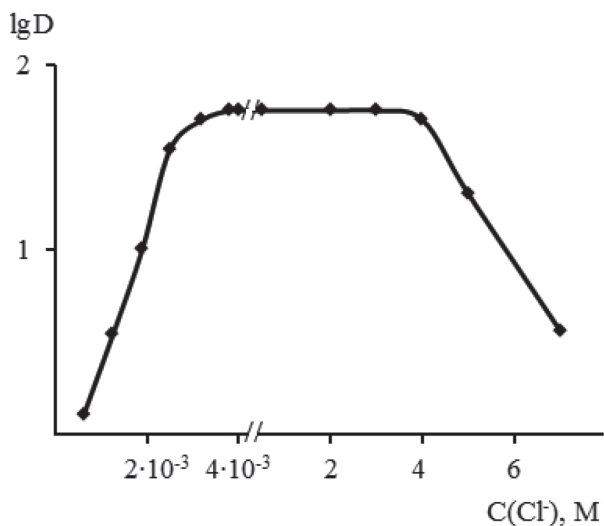


Рис. 2. Зависимость коэффициента распределения палладия(II) от концентрации хлорид-ионов в водной фазе ($C(Pd^{2+})=6.3 \cdot 10^{-4}$ моль/дм³, $C(H^+)=0.25$ моль/дм³)

Уменьшение коэффициента распределения при $pH > 1$ связано с гидролизом соединений палладия(II). При концентрации хлорид-ионов

больше 4 М извлечение палладия уменьшается, что может быть связано с конкурентной экстракцией хлорид-ионов или образованием ВЗА типа $[PdCl_5]^{3-}$ [20].

Состав экстрагируемого соединения Pd(II) определяли методами химического анализа, ИК-спектроскопии, спектрофотометрии. Насыщенную органическую фазу получали последовательным контактированием экстракта со свежими порциями водной фазы. В условиях насыщения молярное отношение хлорид-ионов к ионам палладия(II) равно четырем (за вычетом контрольного опыта). Следует отметить, что содержание сульфат-ионов в органической фазе анализата и контрольном опыте одинаковое. Возможно, сульфат-ионы не принимают участия в образовании экстрагируемого соединения. В спектре поглощения экстракта палладия(II) ($C(H^+)=0.25$ М, $C(Cl^-)=0.25$ М) наблюдается максимум при 470 нм (рис. 3), характерный для комплекса $[PdCl_4]^{2-}$ в водных растворах [19]. Увеличение оптической плотности экстракта в 3 раза по сравнению с водной фазой связано с абсолютным концентрированием. В ИК-спектре экстракта Pd(II) по сравнению с холостым опытом в области 500–4000 см⁻¹ наблюдается увеличение интенсивности полосы в области ~3400 см⁻¹, соответствующей колебаниям ОН-групп молекул воды, что может быть связано с вхождением воды в состав экстрагируемого соединения.

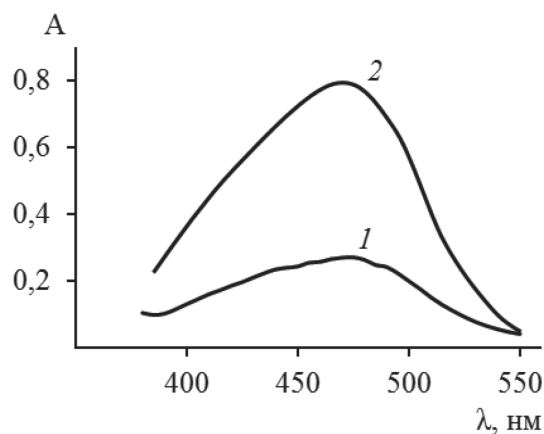
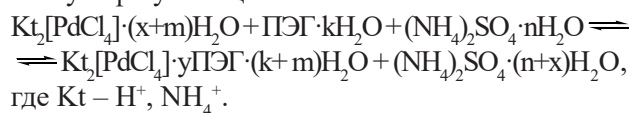


Рис. 3. Спектры поглощения хлоридного комплекса палладия(II) (1 – водная фаза; 2 – органическая фаза)

Извлечение хлоридного комплекса палладия(II) характеризуется переходом в органическую фазу ассоциата:



На основании проведенных исследований разработана методика извлечения и отделения палладия от родия, рутения и других сопутствующих металлов с последующим экстракционно-фотометрическим определением аналита.

В оптимальных условиях извлечения ($C(H^+) = 0.25$ моль/дм³, $C(Cl^-) = 0.25$ моль/дм³) палладий отделяется от Rh(III), Ru(III), образующих высокозарядные хлоридные ацидокомплексы $[RhCl_6]^{3-}$, $[RuCl_6]^{3-}$, а также Fe(III), Al, Ni(II), Cu(II), Co(II), Mg, Zn, Pb, образующих неэкстрагируемые сульфатные комплексы и аммиакааты. Фактор разделения для пары Pd(II)/Ru(III) составляет 170, для Pd(II)/Rh(III) – 450. Методика экстракционного отделения палладия(II) от родия(III), рутения(III) отличается полнотой извлечения аналита ($R = 98\%$), широким диапазоном концентрации хлорид-ионов и кислотности (кислотность можно создавать HCl, H₂SO₄, HNO₃), скоростью перехода аналита в органическую фазу, высокой емкостью экстрагента (8.5 г/л). В фазу ПЭГ в присутствии хлорид-ионов переходят Pt(IV) (98 %), Au(III) (99 %), Ir(IV) (96 %), но при соотношении 1:4 они не мешают в этих условиях спектрофотометрическому определению Pd(II).

Основные характеристики методики экстракционно-фотометрического определения палладия представлены в табл. 2. Методика не отличается высокой чувствительностью и может быть применена для определения больших содержаний аналита.

Таблица 2

Основные характеристики методики экстракционно-фотометрического определения палладия

Характеристика	Значение
Уравнение градуировочного графика, мг/мл	$A = 0.51 \cdot C + 0.013$
Диапазон линейности, мг/мл	0.02–0.2
Предел обнаружения (3S-критерий, $n = 6, P = 0.95$), мг/мл	$8 \cdot 10^{-3}$
Степень извлечения, %	98

Методика экстракционно-фотометрического определения палладия с хлорид-ионами. В делительную воронку помещают раствор, содержащий не более 2 мг палладия(II), прибавляют

8 см³ 4 М раствора (NH₄)₂SO₄, 0.6 см³ HCl (1:1) и доводят объем водной фазы дистиллированной водой до 15 см³. После тщательного перемешивания хлоридный комплекс палладия(II) экстрагируют 5 см³ ПЭГ-1500 или ПЭГ-115 в течение 1 мин. После разделения объем органической фазы доводят дистиллированной водой до 10 см³. Измеряют оптическую плотность экстракта при длине волны 470 нм и толщине оптического слоя 2 см. Содержание палладия в анализируемом растворе находят по градуировочному графику, проведенному через все стадии анализа.

Правильность разработанной методики проверена методом введено-найденно на модельном технологическом растворе, содержащем Pd(II), Pt(IV) и др., и сравнением с атомно-абсорбционным методом (табл. 3).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена экстракционная система ПЭГ-2000–NaCl–(NH₄)₂SO₄–H₂O для избирательного извлечения хлоридных комплексов палладия(II) и спектрофотометрического определения его в экстракте. Изучены оптимальные условия экстракции хлоридного комплекса палладия(II) с применением ПЭГ. Разработана экспрессная методика экстракционного отделения палладия(II) от родия, рутения, цветных металлов с последующим экстракционно-фотометрическим определением аналита без введения дополнительного реагента. Методика отличается простотой, экологической безопасностью, экономичностью и апробирована на технологических растворах, концентратах. Продолжительность определения составляет 20 мин. Относительное стандартное отклонение не превышает 0.06.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотов Ю.А., Варшал Г.М., Иванов В.М. // Сб. обзорных статей Москва. Едиториал УРСС, 2003. 592 с.
2. Al-Bazi S. J., Chow A. // Talanta. 1984. Vol. 31, №10A. pp.815-836.

Таблица 3

Результаты определения палладия ($n = 5, P = 0.95$)

Объект анализа	Введено	Найдено			
		предложенным экстракционно-фотометрическим методом	S _r	контрольным атомно-абсорбционным методом	S _r
мг/мл					
Модельный раствор	0.10	0.11 ± 0.01	0.06		
	0.20	0.20 ± 0.01	0.05		
%, масс					
Палладий-содержащий концентрат	–	6.4 ± 0.4	0.06	6.3 ± 0.5	0.08
	–	16 ± 1	0.06	16 ± 1	0.06

3. Belova V.V., Khol'kin A.I., Zhidkova T.I. // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2007. Vol. 41, №5. pp.743-751.
4. Москвин Л.Н., Григорьева Г.Л., Симанова В.М. // Доклады АН СССР. 1981. Т.257, №5. С.1183.
5. Хасамутдинов Р.А., Бондарева С.О., Муринов Ю.И., Байкова И.П. // Журнал неорганической химии. 2008. Т. 53, № 3. С.512-519.
6. Lee J.Y. // Separation and Purification Technology. 2010. Vol. 2, № 2. pp. 213-218.
7. Мазурова А.А., Гиндин Л.М. // Журнал неорганической химии. 1965. Т. 10, № 2. С. 489-496.
8. Seeley F., Crouse D. // Journal of Chemical and Engineering Data. 1966. Vol. 11, №3. pp.424-429.
9. Anastas P.T., Warner J.C. // New York: Oxford University Press, 1998. p.144
10. Armenta S., Garrigues S., DelaGuardia M. // Trends in Anal. Chem. 2015. Vol. 71, № 9. pp. 2-8.
11. Geckeler K.E., Shkinev V.M., Spivakov B. Ya. // Separ. and Purif. Methods. 1988. Vol.17, №2. pp.105-140.
12. Molochnikova N.P., Shkinev V.M., Myasovodov B.F. // Solv. Extr. Ion Exchange. 1992. Vol. 10, №4. pp.697-712.
13. Zvarova T.I., Skinev V.M., Vorob'eva G.A., Spivakov B. Ya., Zolotov Yu.A. // Mikrochim. Acta. 1984. Vol. 3, pp.449-458.
14. Wang K., Zhang B., Chai F. // Rock and mineral analysis. 2006. Vol. 25, №1. pp.39-41.
15. Yuntao C., Lishend W., Wei W. // Chinese Journal of Analytical Chemistry. 2001. Vol. 29, №8. pp.901-903
16. Rogers R.D., Bond A.H., Bauer C.B. // Sep. Sci. Technol. 1993. Vol.28, №5. pp.1091.
17. Chung N.H., Tabata M. // Talanta. 2002. Vol. 58. pp. 927-933.
18. Патент України № 63045, МПК G 01 N 33/20 (2006.01). Спосіб екстракційного вилучення паладію(II) в присутності родію, рутенію та кольорових металів / Т.М. Симонова, В.О. Дубровина Заявл. 28.02.2011; Опубл. 26.09.2011. Бюл. №18.
19. Буслаева Т.М., Умрейко Д.С., Новицкий Г.Г. Химия и спектроскопия галогенидов платиновых металлов. Минск, Университетское, 1990, 279 с.
20. Sundaram A.K., Sandell E.B. // J. Amer. Chem. Soc.. 1955. Vol.77. pp. 855-857

Донецкий национальный университет

Симонова Т.Н., кандидат химических наук, доцент кафедры аналитической химии

Тел.: +38 (095) 362-92-10

E-mail: simonovatn@yandex.ru

Дубровина В.А., кандидат химических наук,

заведующая научно-исследовательской частью

Тел.: +38 (066) 958-16-97

E-mail: v.dubrovina@donnu.ru

Donetsk National University

Simonova T.N., Ph.D. (chemistry), associate professor, department of analytical chemistry

Ph.: +38 (095) 362-92-10

E-mail: simonovatn@yandex.ru

Dubrovina V.A. Ph.D. (chemistry), head of the research section

Ph.: +38 (066) 958-16-97

E-mail: v.dubrovina@donnu.ru

PALLADIUM(II) CHLORIDE COMPLEXES EXTRACTION IN AQUEOUS SEGREGABLE SYSTEMS WITH FOLLOWING SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION

T. N. Simonova, V. A. Dubrovina

Donetsk National University, Donetsk

Abstract. The palladium(II) chloride complexes extraction in two-phase water system without additional reagent was investigated. A two-phase water system PEG-1500 – NaCl – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – H_2O was proposed for selective extraction of palladium(II) chloride complexes with palladium subsequent spectrophotometric determination/ The influence of water-soluble extractants nature on the completeness of palladium extraction from concentrated sulfate solutions as a function of different water content in the organic phase was investigated. Palladium chloride complex is almost completely extracted by PEG (R = 99%), by ethanol, isopropanol – 40 and 25%, respectively. The composition of the extracted compound was

determined by chemical analysis, molecular absorption spectrophotometry and IR spectroscopy. Under saturation conditions the molar ratio of chloride ions to palladium(II) ions is four. In the absorption spectrum of palladium(II) extract there is a maximum at 470 nm which is a characteristic of $[\text{PdCl}_4]^{2-}$ complex in aqueous solutions. The $\text{H}_2[\text{PdCl}_4] \cdot y\text{PEG} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ is extracted into the organic phase. The optimal conditions for the palladium(II) chloride complexes extraction were found: $C(\text{Cl}^-) = 2,5 \cdot 10^{-3} - 2,3 \text{ mol/dm}^3$, $C(\text{H}^+) = 0,02 - 1 \text{ mol/dm}^3$. Differentiation of extraction behavior of different-charge palladium(II), gold(III), rhodium(III), iridium(IV), platinum(IV) complexes using water-soluble extractants, ethanol, isopropanol was established. The method of palladium(II) chloride complexes extraction and their separation from rhodium(III), ruthenium(III) and other related metals using a two-phase water system $\text{PEG-1500} - \text{NaCl} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{H}_2\text{O}$ was developed. An alternative palladium extraction-photometric determination in the form of chloride complex in a technological solution was proposed without the additional reagents. The relative standard deviation does not exceed 0,06. The analysis duration is 20 min. The method was tested on model technological solutions, palladium containing concentrates.

Keywords: palladium, chloride complexes, two-phase water systems, spectrophotometry.

REFERENCES

- Zolotov Yu.A., Varshal G.M., Ivanov V.V. Sb. Obzornyh statey. Moscow, Editorial URSS, 2003. 592 p.
- Al-Bazi S. J., Chow A., Talanta, 1984, Vol. 31, №10A. - pp. 815-836.
- Belova V.V., Khol'kin A.I., Zhidkova T.I., Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2007, Vol. 41, №5. pp. 743-751.
- Moskvin L.N., Grigor'eva G.L., Simanova V.M., Doklady AN SSSR, 1981, T. 257, № 5, p. 1183.
- Hasamutdinov R.A., Bondareva S.O., Murinov Ju.I., Bajkova I.P., Zhurnal neorganicheskoy himii, 2008, T. 53, №3, pp. 512-519.
- Lee J.Y., Separation and Purification Technology, 2010, Vol. 2, №2, pp. 213-218.
- Mazurova A.A., Gindin L.M., Zhurnal neorganicheskoy himii, 1965, T. 10, № 2, pp. 489-496.
- Seeley F., Crouse D., Journal of Chemical and Engineering Data, 1966, Vol. 11, №3, pp. 424-429.
- Anastas P.T., Warner J.C., NewYork: Oxford University Press, 1998, p.144.
- Armenta S., Garrigues S., Dela Guardia M., Trends in Anal. Chem., 2015, Vol. 71, № 9, pp. 2-8.
- Geckeler K.E., Shkinev V.M., Spivakov B.Ya., Separ. And Purif. Methods, 1988, Vol. 17, №2, pp. 105-140.
- Molochnikova N.P., Shkinev V.M., Myasoedov B.F., Solv. Extr. Ion Exchange, 1992, Vol. 10, №4, pp. 697-712.
- Zvarova T.I., Skinev V.M., Vorob'eva G.A., Spivakov B.Ya., Zolotov Yu.A., Mikrochim. Acta, 1984, Vol. 3, pp. 449-458.
- Wang K., Zhang B., Chai F., Rock and mineral analysis, 2006, Vol. 25, №1, pp. 39-41.
- Yuntao C., Lishend W., Wei W., Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2001, Vol. 29, №8, pp. 901-903.
- Rogers R.D., Bond A.H., Bauer C.B., Sep. Sci. Technol., 1993, Vol. 28, №5, pp. 1091.
- Chung N.H., Tabata M., Talanta, 2002, Vol. 58, pp. 927-933.
- Patent Ukraini № 63045, MPK G 01 N 33/20 (2006.01). Sposib ekstrakciynogo viluchennja paladiju(II) v prisutnosti rodiju, ruteniju ta kol'orovih metaliv / T.M. Simonova, V.O. Dubrovina Zajavl. 28.02.2011; Opubl. 26.09.2011. Bjul. №18
- Buslaeva T.M., Umrejko D.S., Novickij G.G., Himija I spektroskopija galogenidov platinovyh metallov, Minsk, Universitetskoe, 1990, 279 p.
- Sundaram A.K., Sandell E.B., J. Amer. Chem. Soc., 1955, Vol. 77, pp. 855-857.