



CHEMICAL BULLETIN

of Kazakh National University

<http://bulletin.chemistry.kz/>



УДК 542.61: 546.593

http://dx.doi.org/10.15328/chemb_2014_416-23

Долгова Н.Д.* , Сыдыкова Ф.Б.

Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

*E-mail: natalya_dolgova@mail.ru

Экстракция золота трибутилфосфатом и диоктилсульфидом из солянокислых растворов

Трибутилфосфат и диоктилсульфид в жидких органических разбавителях являются широко известными экстрагентами, которые используются в аналитической химии золота. Представляет интерес изучение извлечения золота этими реагентами в высших карбоновых кислотах (ВКК) и парафине и сравнение их экстракционной способности при замене растворителя. На основании изучения экстракции золота трибутилфосфатом (ТБФ) и диоктилсульфидом (ДОС) в легкоплавких разбавителях выбран экстрагент для разработки экстракционно-рентгенофлуоресцентной методики анализа золота в различных объектах.

Показано, что трибутилфосфат количественно экстрагирует золото в области кислотности водной фазы $C_{HCl} = 0,5-3,5$ М при использовании в качестве разбавителя керосина. Экстрагент 5-20 % ТБФ-парафин-ВКК количественно не извлекает золото. Степень извлечения золота 5 % ДОС-ВКК-парафин в области $C_{HCl} = 0,5-3,0$ М составляет 98-99 %. На основании метода сдвига равновесий предложен состав экстрагируемого комплекса золота с ДОС: $AuCl_3 \cdot R_2S$. Данный экстрагент может быть использован для разработки рентгенофлуоресцентной методики определения золота. Градуировочная характеристика экстракционно-рентгенофлуоресцентного определения золота в экстрактах линейна в диапазоне концентраций $4,0 \cdot 10^{-3}-1,7 \cdot 10^{-1}$ % масс. Предел обнаружения золота составляет $5,0 \cdot 10^{-4}$ % масс.

Ключевые слова: золото; экстракция; трибутилфосфат; диоктилсульфид; легкоплавкие разбавители.

Dolgova N.D., Sydykova F.B.

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Extraction of gold by tributylphosphate and dioctylsulfide from hydrochloric acid solutions

Tributylphosphate (TBF) and dioctylsulfide (DOS) in liquid organic diluents are well known extractants used in analytical chemistry of gold. The study of the extraction of gold by these reagents in higher carboxylic acids (HCA) and paraffin as well as a comparison of their extraction capacities by replacing the solvent are of great interest. Extractant for development of X-ray fluorescence analysis technique for gold in various objects was selected by studying the extraction of gold by tributylphosphate and dioctylsulfide in low melting diluents.

It was shown that, when using kerosene for dilution, tributylphosphate quantitatively extracted gold $C_{HCl} = 0,5-3,5$ M. Extractant containing 5-20 % TBF-paraffin-HCA did not provide quantitative extraction of gold. Recovery of gold for 5 % DOS-HCA-paraffin at $C_{HCl} = 0,5-3,0$ M reached 98-99%. Using the method of equilibrium shift, composition of the extracted gold complex with DOS was proposed: $AuCl_3 - R_2S$. This

extractant can be used for development of X-ray fluorescence method for determination of gold. Calibration curve for X-ray fluorescence determination of gold in extracts is linear in the range of mass concentrations 4.0×10^{-3} - 1.7×10^{-1} % (w/w). Detection limit of the method is 5.0×10^{-4} % (w/w).

Key words: gold; extraction; tributylphosphate; dioctylsulfide; low melting diluents.

Долгова Н.Д., Сыдықова Ф.Б.

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

Түз қышқылды ерітінділерінен алтынның трибутилфосфат және диоктилсульфид көмегімен экстракциясы

Сұйық органикалық сұйылтқыштардағы трибутилфосфат пен диоктилсульфид алтынның аналитикалық химиясында белгілі экстрагенттер болып табылады. Осы аталған реагенттердің жоғары карбон қышқылы мен парафиндегі балқыларымен алтынды бөліп алу және еріткішті ауыстырғандағы олардың экстракциялық қабілеттіліктерін салыстыру қызығушылық танытады. Алтынды жеңіл балқитын еріткіштегі диоктилсульфид және трибутилфосфат балқымаларымен экстракциясын зерттеу негізінде әртүрлі объектілерден алтынды талдаудың біріктірілген экстракциялы-рентген-флуоресцентті әдістемесін дамыту үшін тиімді экстрагент таңдалған.

Сұйылтқыш ретінде керосин қолданғанда трибутилфосфат алтынды су фазасы қышқылдығының $C_{\text{HCl}}=0,5-3,5$ М шамасында экстракциялайды. 5- 20 % ТБФ-парафин-ЖКҚ экстрагентімен алтынның сандық экстракциясы жүрмейді. 5 % ЕОС-ЖКҚ-парафинмен $C_{\text{HCl}}=0,5-3,0$ М шамасында алтынның бөліну дәрежесі 98-99 % құрайды. Тепе-теңдік ығысу әдісі бойынша алтынның ЕОС-пен экстракцияға ұшырайтын комплексінің құрамы ұсынылды. Берілген экстрагент алтынды анықтаудың экстракциялық рентгенфлуоресцентті әдістемесін жетілдіру үшін пайдаланыла алады. Экстракттардағы алтынның экстракциялық-рентгенфлуоресцентті анықтаудың градуирлеу сипаттамасы $4,0 \cdot 10^{-3}$ – $1,7 \cdot 10^{-1}$ % үлестік концентрация аралығында түзу сызықты. Шекті анықтау мәні $5,0 \cdot 10^{-4}$ % құрайды.

Түйін сөздер: алтын; экстракция; трибутилфосфат; диоктилсульфид; балқығыш сұйылтқыштар.

Введение

Трибутилфосфат (ТБФ) и диоктилсульфид (ДОС) в жидких органических разбавителях – широко известные экстрагенты, используемые в технологии и аналитической химии золота. При количественном определении золота многие методики включают как стадию экстракции, так и последующее выделение металла в водную фазу. Для извлечения золота из органической фазы чаще всего прибегают к удалению экстрагента путем его испарения при нагревании (для легколетучих экстрагентов). Существуют способы рекстракции золота, основанные на осаждении гидроокиси золота (III) растворами щелочей или аммиака, восстановления золота до металла растворами щавелевой кислоты или гидразина, на связывании золота в неэкстрагируемый тиомочевинный комплекс, или на вымывании золота из экстрактов водой или разбавленными растворами кислот при низких величинах коэффициентов распределения. Распространенными методами анализа золота являются атомно-абсорбционный и атомно-эмиссионный, при этом определение металла проводится в жидком экстракте [1-2]. Многие методики, использующие

экстракцию, имеют статус стандартов [3-5]. При извлечении же золота легкоплавкими экстрагентами легко можно получить образцы-излучатели для рентгеноспектральных методов анализа металла непосредственно в экстракте [6].

Целью данной работы было изучение экстракции золота ТБФ и ДОС в легкоплавких разбавителях и выбор экстрагента для разработки экстракционно-рентгенофлуоресцентной методики анализа золота в различных объектах.

Для выяснения химизма процессов экстракционного извлечения золота ТБФ и ДОС в керосине и легкоплавких разбавителях было исследовано влияние кислотности водной фазы, концентрации металла в водной и экстракционного реагента в органической фазах, природы разбавителя.

Эксперимент

Стандартный раствор золота готовили растворением при нагревании точной навески металлического золота в 10 мл концентрированной HNO_3 и 30 мл концентрированной HCl . Доводили до метки бидистиллированной водой в мерной колбе на 1 л. Концентрация исходного

раствора составляла 1 мг/мл. В работе использовали только свежеприготовленные растворы, полученные путем разбавления до нужной концентрации стандартного раствора (от 1 до 100 мкг/мл).

В качестве экстракционных реагентов использовали ТБФ и ДОС. В качестве разбавителей применяли авиационный керосин и легкоплавкие органические вещества: высшие карбоновые кислоты технической фракции C_{17} – C_{20} (ВКК) и парафин.

Контроль содержания золота в растворах до и после экстракции осуществляли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на спектрометре АА 6200 (Shimadzu, Япония). Рабочие условия определения – атомизация в пламени ацетилен-воздух; $\lambda = 242,80$ нм; щель – 0,7 нм. Концентрация стандартных растворов золота для построения градуировочного графика варьировалась от 1 до 10 мкг/мл. Концентрацию золота в органической фазе рассчитывали по разнице между исходной концентрацией металла и его концентрацией в водной фазе после экстракции.

Извлечение золота проводили при непрерывном перемешивании водной и органической фаз в конических колбах в течение 3-5 минут при температуре 70-90°C (разбавитель - парафин-ВКК) и при температуре 20°C при использовании в качестве разбавителя керосина. Соотношение объемов контактирующих фаз оставалось постоянным $V_0:V_b = 1:10$, концентрация экстракционных реагентов составляла 5 %, концентрация золота в исходном растворе – 12 мкг/мл.

Концентрацию ионов водорода контролировали с помощью иономера И-160 (Россия) со стеклянным электродом ЭСК 10603, стандартизованным по буферным растворам.

Изучение влияния кислотности водной фазы на экстракцию золота ТБФ-парафин-ВКК, ТБФ-керосин, ДОС-парафин-ВКК и ДОС-керосин проводили при варьировании концентрации соляной кислоты от 10^{-3} до 3,5 М. Выбор данной области кислотности водной фазы обусловлен тем, что образцы растворов, получаемые после кислотного разложения золотосодержащих руд, и доведения объема дистиллированной водой до 25 или 50 мл, имеют кислую среду ($\approx 1-2$ М). Для проведения исследований данная область концентрации кислоты была расширена как в сторону уменьшения, так и в сторону ее увеличения.

Изучение влияния концентрации экстракционного реагента на извлечение золота проводи-

ли ДОС в смеси ВКК с парафином при варьировании концентрации ДОС от 10^{-6} М до 10^{-1} М. Концентрация HCl оставалась постоянной 0,5 М, отношение органической и водной фаз составляло 1:10.

Для приготовления градуировочных образцов для рентгенофлуоресцентного (РФА) определения золота использовали ДОС-ВКК-парафин и стандартные растворы золота. Для этого в экстракционный сосуд помещали навеску экстрагента 5% ДОС-ВКК-парафин и стандартный раствор золота (III) ($C_{HCl} = 0,5$ М). Смесь нагревали до температуры плавления экстрагента, сосуд встряхивали вручную в течение 5 мин. По окончании экстракции смесь охлаждали до комнатной температуры, а твердый экстракт отделяли. Из полученного экстракта готовили образцы-излучатели для РФА. Экстракт расплавляли и заливали в металлическую ячейку определённого размера и формы, лежащую на гладкой поверхности. Приготовленный таким образом образец является твёрдым, компактным, гомогенным, имеющим гладкую поверхность.

Определение золота в градуировочных образцах проводили с помощью волнодисперсионного рентгенофлуоресцентного спектрометра «Спектроскан МАКС-GV» (НПО «Спектрон», Россия). Предварительной стадией определения золота на рентгенофлуоресцентном спектрометре является выбор режимов измерений аналитического сигнала. Для этого проводили качественный анализ подготовленных градуировочных образцов с максимальным и минимальным содержанием золота с минимальной экспозицией (0 сек), получая спектр во всем рабочем диапазоне прибора. Анализ на отдельных участках проводили в соответствии со справочными значениями длин волн, увеличивая экспозицию. Установлено, что элементы, способные оказывать влияние на аналитический сигнал золота, отсутствуют. Режимы измерений градуировочных образцов для установления градуировочной характеристики представлены в таблице 1.

Результаты и обсуждение

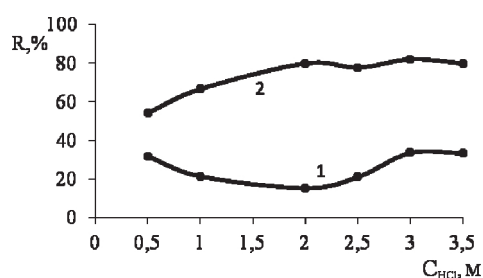
Экстракция золота ТБФ в керосине протекает с большими степенями извлечения, чем при использовании в качестве разбавителя ВКК (рисунк 1). Степень извлечения золота незначительно растет с увеличением концентрации HCl при экстракции ТБФ-керосин и составляет 80% в области концентрации HCl 2,0-3,5 М. Экстрагент ТБФ-парафин-ВКК максимально извлекает

золото на 38-40% из растворов HCl 3,0-3,5 М. Количественного извлечения золота 5% ТБФ в обоих разбавителях достичь не удалось. Меньшие значения степени извлечения золота при использовании в качестве разбавителя ВКК по сравнению с керосином можно объяснить влиянием полярного разбавителя на сольватацию молекул экстракционного реагента. В результате

этого взаимодействия заметно уменьшается термодинамическая активность ТБФ. Извлечение золота 5% ТБФ-парафин-ВКК незначительно снижается с уменьшением кислотности растворов и в среднем составляет 20%. Исходя из полученных данных, дальнейшее изучение извлечения золота проводили только из растворов соляной кислоты с концентрациями 0,5-3,5 М.

Таблица 1 – Параметры рентгенофлуоресцентного определения интенсивности аналитического сигнала золота в градуировочных образцах

Кристалл-анализатор	LiF200
Сила тока	0,5 мА
Время экспозиции (в зависимости от диапазона концентраций золота в градуировочном образце)	30 секунд
Аналитическая линия	Au L α 1, порядок 1
Длина волны	1276,5 мÅ
Учет дрейфа	Fe K α 1, порядок 1
Учет фона	по двум точкам



$C_{Au} = 12$ мкг/мл, О:В = 1:10, $\tau = 5$ мин;
разбавитель: 1–ВКК-парафин; 2–керосин

Рисунок 1– Зависимость степени извлечения золота 5% ТБФ от концентрации HCl

При увеличении концентрации экстракционного реагента в экстрагенте реакция должна сместиться в сторону образования комплекса и увеличения количественных характеристик экстракции. Поэтому было рассмотрено влияние концентрации ТБФ на экстракцию золота. Концентрацию ТБФ варьировали от 5 до 20%. Результаты экспериментов представлены в таблице 2.

Как следует из таблицы 2, степень извлечения золота увеличивается с повышением концентрации ТБФ. Лучших результатов удалось достичь при концентрации ТБФ 20% в органическом растворителе-керосине. Для разработки экстракционно-рентгенофлуоресцентной методики определения золота требуются твердые образцы-излучатели. Трибутилфосфат в легко-

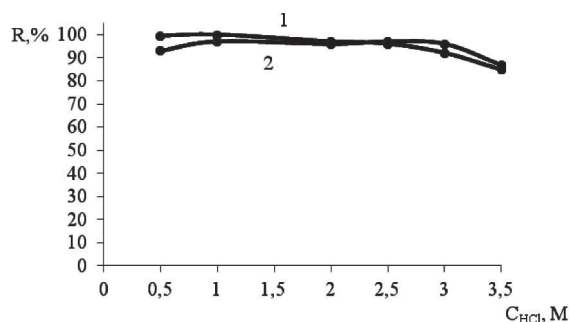
плавком разбавителе ВКК количественно не извлекает золото, поэтому для дальнейших исследований был выбран нейтральный реагент – диоктисульфид (ДОС), так как серосодержащие реагенты количественно извлекают золото при использовании жидких разбавителей [3,5]. Полученная зависимость степени извлечения золота от концентрации соляной кислоты представлена на рисунке 2.

ДОС в керосине количественно извлекает золото во всей рассмотренной области концентрации HCl. В области концентрации соляной кислоты от 0,5 М до 2 М степень извлечения остаётся практически постоянной и составляет в среднем 98%. А при концентрации соляной кислоты от 2,5 М до 3,5 М степень извлечения незначительно уменьшается до 82-85%. Что касается экстракции золота 5% ДОС-ВКК-парафин, степень извлечения золота составляет 98-99% практически во всей изученной области кислотности водной фазы $C_{HCl} = 0,5-3,0$ М. Данный экстрагент может быть использован для разработки рентгенофлуоресцентной методики определения золота.

При разработке аналитических методик определения металлов возникает вопрос: можно ли оставлять растворы, полученные после проведения стадии кислотного разложения проб, перед проведением стадии концентрирования или же как можно быстрее проводить извлечение металла.

Таблица 2 – Зависимость степени извлечения золота от концентрации ТБФ

C_{HCl}, M	Содержание ТБФ в экстрагенте					
	Керосин			ВКК		
	5 %	10 %	20 %	5 %	10 %	20 %
0,5	55	48	99	32	32	33
1,0	67	69	99	22	41	48
2,0	80	82	99	16	41	54
2,5	78	84	99	21	43	45
3,0	82	85	99	34	33	41



$C_{\text{Au}}=12$ мкг/мл, О:В = 1:10, $\tau = 5$ мин;
разбавитель: 1 – ВКК-парафин; 2 – керосин

Рисунок 2 – Зависимость степени извлечения золота 5% ДОС от концентрации соляной кислоты

Для ответа на этот вопрос была проведена экстракция из свежеприготовленных растворов золота и из растворов через 8 суток после их приготовления экстрагентом -5% ДОС-парафин-ВКК (рисунок 3). В интервале концентрации соляной кислоты 0,1-2,0 М экстракция протекает идентично для обоих растворов, что нельзя сказать о растворах с рН=2 и рН=3, в этом случае степень извлечения резко снижается от 55% до 2%. Спектрофотометрическое исследование комплексов золота в исходных растворах показало изменение ионных форм золота после их приготовления [7]. По-видимому, в растворе образуются неизвлекаемые соединения золота. Поэтому можно сделать вывод о том, что при проведении анализа желательна стадия концентрирования проводить из кислых растворов $C_{\text{HCl}}=0,1-3,0$ М, а если раствор имеет меньшую кислотность, то экстрагировать сразу после проведения стадии разложения проб.

В реальных системах, как правило, форма существования металлов в водной и органической фазах различна, следовательно, коэффи-

циенты распределения металлов зависят от исходной концентрации элемента в водной фазе. Если при увеличении концентрации металла происходит увеличение коэффициентов распределения металла, то это связано с процессами агрегации в органической фазе. Уменьшение коэффициентов распределения с увеличением концентрации металла свидетельствует либо о полимеризации металла в водной фазе, либо о диссоциации экстрагирующегося соединения в экстракте.

Для выяснения возможности экстракционного извлечения различных концентраций золота, а также полимеризации золота в водной фазе было исследовано влияние концентрации металла на его экстракцию расплавом 5 % ДОС-ВКК-парафин. Концентрацию золота варьировали от 2,4 мкг/мл до 150 мкг/мл при соотношении объёмов органической и водной фаз 1:10, время контакта фаз составляло 5 минут. Золото количественно переходит в органическую фазу в изученном интервале концентраций золота. Емкости экстрагента достаточно, чтобы сконцен-

трировать золото из растворов даже с содержанием 150 мкг/мл.

На рисунке 4 приведена логарифмическая зависимость равновесных концентраций золота в органической и водной фазах. Из уравнения прямой $\lg C_o - \lg C_v$ следует, что тангенс угла наклона прямой близок к единице. Это свидетельствует о том, что в водной фазе не происходит полимеризации комплексов золота.

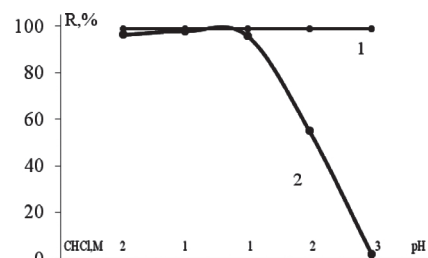
Изучение влияния концентрации экстракционного реагента на извлечение золота необходимо для выбора его оптимальной концентрации при экстракции металла. Логарифмическая зависимость коэффициента распределения золота от концентрации экстракционного реагента показана на рисунке 5. Данная зависимость представляет собой прямую с тангенсом угла наклона, близким к единице, что свидетельствует о том, что в реакции экстракции золота участвует одна молекула экстракционного реагента. Количественного извлечения золота можно достичь при концентрации ДОС 0,1 М (2,6 %) в экстрагенте.

Исходя из проведенных исследований закономерностей экстракции золота ДОС, а именно, влияния концентраций металла в водной фазе и экстракционного реагента в органической фазе на коэффициенты извлечения золота, можно сделать вывод о том, что в органическую фазу переходит комплекс золота следующего состава: $AuCl_3 \cdot R_2S$.

Таким образом, для извлечения золота из растворов был выбран 5 % ДОС-ВКК-парафин. Были приготовлены твердые градуировочные образцы. Содержание золота в градуировочных образцах и соответствующие им средние значения интенсивностей представлены в таблице 3. Измерение интенсивности аналитического сигнала (количество импульсов в секунду) проводили 6 раз для каждого образца.

Используя полученные значения, была построена градуировочная характеристика, отражающая зависимость интенсивности аналитического сигнала золота от содержания металла в градуировочных образцах (%) (рисунок 6).

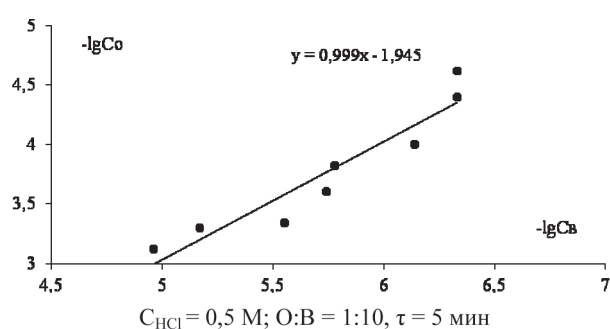
Коэффициент аппроксимации градуировочной характеристики составляет 0,9958, что свидетельствует о жесткой корреляции между значениями ω_{Au} (содержание золота) и I_N (интенсивность сигнала). Градуировочная характеристика линейна в диапазоне концентраций



$C_{Au} = 12$ мкг/мл, $O:B = 1:10$, $\tau = 5$ мин;
1 – свежеприготовленные растворы;

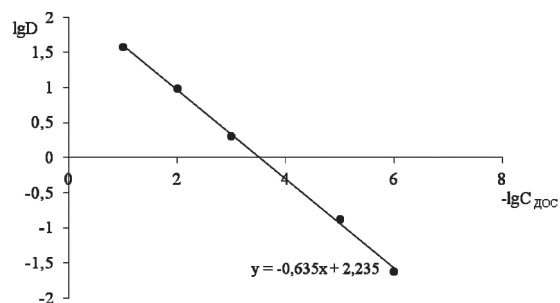
2 – растворы золота через 8 суток после приготовления

Рисунок 3 – Зависимость степени извлечения золота 5% ДОС-ВКК-парафин от кислотности водной фазы



$C_{HCl} = 0,5$ М; $O:B = 1:10$, $\tau = 5$ мин

Рисунок 4 – Изотерма экстракции золота 5% ДОС-ВКК-парафин



$C_{Au} = 12$ мкг/мл, $C_{HCl} = 0,5$ М, $O:B = 1:10$, $\tau = 5$ мин;
разбавитель: ВКК-парафин

Рисунок 5 – Логарифмическая зависимость коэффициента распределения от концентрации ДОС

$4,0 \cdot 10^{-3} - 0,17$ % масс. Для расчета предела обнаружения провели серию анализов фонового образца (не содержащего золота) и рассчитали среднее значение интенсивности аналитического сигнала, а также стандартное отклонение результатов анализа [8]. Значение предела обнаружения составляет $5,0 \cdot 10^{-4}$ % масс.

Таблица 3 – Результаты анализа градуировочных образцов методом РФА

N	Холостой	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\omega_{AuN}, \% \text{ масс.}$	0	$4 \cdot 10^{-3}$	$8 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-2}$	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	0,102	0,168
$\bar{I}_N, \text{ имп/с}$	-180	30	192	397	600	1265	2020	3514	7327	10899

Примечания: N – номер градуировочного образца; C_{Au} – содержание золота в градуировочном образце, % масс.; \bar{I}_n – среднее значение интенсивности аналитического сигнала золота, имп/с.

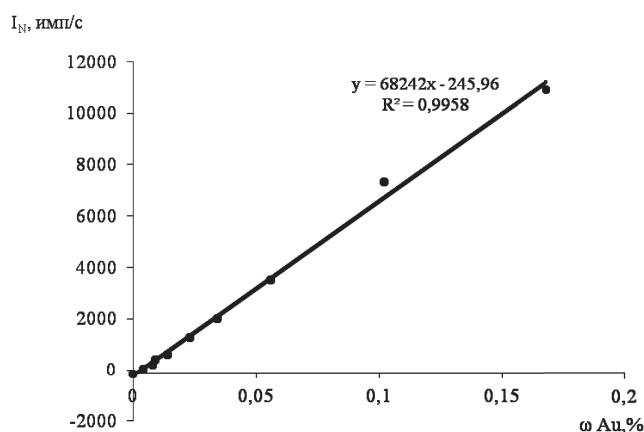


Рисунок 6 – Зависимость интенсивности аналитического сигнала золота от содержания металла в градуировочном образце при его рентгенофлуоресцентном определении

Заключение

На основании проведённых исследований экстракции золота трибутилфосфатом и диоктилсульфидом в керосине и смеси парафин-ВКК из солянокислых растворов можно сделать следующие выводы:

Условиями количественного извлечения золота 20% ТБФ являются: $C_{HCl} = 0,5-3,5 \text{ М}$ (ТБФ-керосин). Максимальное извлечение золота данным экстрагентом составляет 99 %. 20 % ТБФ-парафин-ВКК количественно не извлекает золото.

Степень извлечения золота 5% ДОС-ВКК-парафин в области $C_{HCl} = 0,5-3,0 \text{ М}$ составляет 98-99%. Данный экстрагент может быть использован для разработки рентгенофлуоресцентной методики определения золота. На основании метода сдвига равновесий предложен состав экстрагируемого комплекса золота с ДОС: $AuCl_3 \cdot R_2S$.

Градуировочная характеристика экстракционно – рентгенофлуоресцентного определения золота в экстрактах линейна в диапазоне концентраций $4,0 \cdot 10^{-3}-1,7 \cdot 10^{-1} \% \text{ масс.}$ Значение предела обнаружения составляет $5,0 \cdot 10^{-4} \% \text{ масс.}$

Список литературы

- 1 Гуськова Е.А. Экстракционно – реэкстракционное концентрирование платиновых металлов и золота в ААС-ЭТА и АЭС-ИСП методах анализа технологических и геологических объектов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. – Новосибирск, 2013. – 22 с.
- 2 Mitkin V.N., Galizky A.A., Korda T.M. Some observation on the determination of gold and the platinum-group elements in black shales // Geostandards Newsletter. – 2000. – Vol.24, Is. 2. – P.227-240.
- 3 ГОСТ 27973.3-88.Золото. Метод атомно-абсорбционного анализа. Введен 01.07.90. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 8 с.

- 4 ГОСТ Р 53372-2009. Золото. Методы анализа. – Введен 2010.07.01. – М.: Стандартиформ, 2009. – 36 с.
- 5 ГОСТ 25363-82. Концентраты цинковые. Атомно-абсорбционные методы определения золота и серебра. – Переизд. Март 2004 с 1-3. – Введ. с 01.01.84. Издательство стандартов, 2004. – 11 с.
- 6 Злобина Е.В., Зебрева А.И. Экстракция металлов расплавами легкоплавких органических веществ в химическом анализе // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2012. – №2(66). – С.132-138.
- 7 Долгова Н.Д., Сыдыкова Ф.Б. Экстракция золота аламинол 336 и алкиланилином из солянокислых растворов // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2013. – №4. – С.25-30.
- 8 РМГ 54-2002. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Характеристики градуировочных средств измерений состава и свойств веществ и материалов. Методика выполнения измерений с использованием стандартных образцов. – М.: Изд-во стандартов, 2004. – 9 с.

References

- 1 Guskova E.A. Extraction – reextraction concentration of platinum metals and gold in ETA-AAS and ICP-AES methods of the analysis of technological and geological objects [Ekstraktsionno – reekstraktsionnoe kontsentrirovanie platinovyih metalloiv i zolota v AAS-ETA i AES-ISP metodah analiza tehnologicheskikh i geologicheskikh ob'ektov]. Abstract of dissertation for Candidate of Chemical Sciences Degree. – Novosibirsk, 2013. (in Russian).
- 2 Mitkin VN, Galizky AA, Korda TM (2000) Geostandard Newslett 24:227-240. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1751-908X.2000.tb00774.x>
- 3 GOST 27973.3-88. Gold. Method of analysis by atomic absorption spectroscopy [Zoloto. Metod atomno-absorbtsionnogo analiza]. Moscow, Standards Publishing House, 1988. (in Russian).
- 4 (2009) GOST R 53372-2009. Gold. Methods of analysis methods [Zoloto. Metody analiza]. Standartinform, Moscow, Russia. (in Russian)
- 5 (2004) GOST 25363-82. Zinc concentrates. Methods for determination of gold and silver by atomic absorption spectroscopy [Kontsentraty tsinkovyie. Atomno-absorbtsionnyie metodyi opredeleniya zolota i serebra]. Standards Publishing House, Moscow, Russia. (in Russian)
- 6 Zlobina EV, Zebreva AI (2012) Chemical Bulletin of Kazakh National University 2:132-138. (in Russian). http://dx.doi.org/10.15328/chemb_2012_2132-139
- 7 Dolgova ND, Sydykova FB (2013) Chemical Bulletin of Kazakh National University 4:25-30. (in Russian). http://dx.doi.org/10.15328/chemb_2013_425-30
- 8 (2004) RMG 54-2002. Recommendations on interstate standardization. Specifications of calibration tools for determination of composition and properties of substances and materials. The method of determination based on standard samples [Rekomendatsii po mezhgosudarstvennoy standartizatsii. Harakteristiki graduirovocnyih sredstv izmereniy sostava i svoystv veschestv i materialov. Metodika vyipolneniya izmereniy s ispolzovaniem standartnyih obraztsov]. Publishing House of Standards, Moscow, Russia. (in Russian).