

Исатаева А.Т., Исмаилова А.Г.,
Наурызбаев М.К.

**Скандийдің
жеңіл балқитын еріткіштегі
ди-2-этилгексилфосфор
қышқыл балқымасымен
экстракциясы**

Қазіргі кезде жеңіл балқитын реагенттерді қолдану арқылы орындалатын экстракциялық әдістердің артықшылығы процестің жоғары кинетикалық сипаттамасымен, фазалардың оңай бөлінуімен, экстрагенттердің үлкен талғампаздылығымен және олардың салыстырмалы түрде толық регенерациялану қабілеттілігімен ерекшеленеді. Технологиялық мақсатта скандийді экстракциялау үшін бейтарап және катионалмастырғыш экстрагенттер қолданылады. Скандийдің ди-2-этилгексилфосфор қышқылы – жоғары карбон қышқылы – парафин балқымасымен экстракциясы зерттелген және экстракция процесіне сулы ортаның қышқылдығының, сулы фазадағы скандий және органикалық фазадағы экстрагент концентрацияларының, су және органикалық фазалардың көлемдік қатынастарының әсері қарастырылған. Скандийдің экстракциясы катионалмастыру механизмімен жүретіндігі дәлелденген. Скандий қышқылды орта ерітінділерінен (>99,0%) толық бөлінеді. Экстрагенттегі ди-2-этилгексилфосфор қышқылының тиімді концентрациясы 0,250 М құрайды, скандийдің экстракциялық бөлінуі оның 10^{-3} – 10^{-6} М концентрация аралығында және органикалық және сулы фазалардың көлемдік қатынастарында 1:5–1:20 жағдайда сандық мөлшерде толық жүретіндігі көрсетілген.

Түйін сөздер: экстракция; экстрагент; скандий; ди-2-этилгексилфосфор қышқылы; парафин; жоғары карбон қышқылдары.

Issataeva A.T., Ismailova A.G.,
Nauryzbaev M.K.

Al-Farabi Kazakh National University,
Almaty, Kazakhstan

**Extraction of scandium by liquid
di-2-ethylhexylphosphoric acid in
fusible diluents**

Currently widespread distribution of extraction methods using fusible reagents can be explained by a number of advantages, such as high kinetic characteristics of the process, the ease separation of two phases, high selectivity of many extractants, relatively complete regeneration. For the extraction of scandium in technological order, neutral and cation exchange extractants can be used. Extraction of scandium by melt mixtures of di-2-ethylhexylphosphoric acid – higher carboxylic acid – paraffin and the effect of acidity of the aqueous phase, the concentration of scandium and the aqueous extractant in the organic phase, the volume ratio of organic and aqueous phases on the extraction of metal were studied. It was found that the extraction of scandium proceeds through the cation exchange mechanism. Scandium was extracted quantitatively (> 99.0%) from acid solutions. The optimal concentration of di-2-ethylhexylphosphoric acid in the extractant was 0,250 M, quantitative extraction of scandium was observed in the range of its concentrations of 10^{-3} – 10^{-6} M and the volume ratio of organic phases to aqueous phases of 1:5–1:20.

Key words: extraction; extractant; scandium; di-2-ethylhexylphosphoric acid; paraffin; higher carboxylic acid.

Исатаева А.Т., Исмаилова А.Г.,
Наурызбаев М.К.

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

**Экстракция скандия расплавом
ди-2-этилгексилфосфорной
кислоты в легкоплавких
разбавителях**

В настоящее время распространение экстракционных методов при использовании легкоплавких реагентов объясняется рядом свойственных им преимуществ, таких как высокие кинетические характеристики процесса, легкость разделения двух фаз, большая селективность многих экстрагентов, возможность сравнительно полной их регенерации. Для экстракции скандия в технологических целях применяют нейтральные и катионообменные экстрагенты. Исследована экстракция скандия расплавом смесей ди-2-этилгексилфосфорной кислоты – высшие карбоновые кислоты – парафин и рассмотрено влияние кислотности водной фазы, концентрации скандия в водной и экстрагента в органической фазах, соотношения объемов органической и водной фаз на экстракцию металла. Установлено, что экстракция скандия протекает по катионообменному механизму. Скандий количественно извлекается (>99,0%) из кислых растворов. Оптимальная концентрация ди-2-этилгексилфосфорной кислоты составляет 0,250 М в экстрагенте, количественное извлечение скандия наблюдается в интервале его концентраций 10^{-3} – 10^{-6} М и при соотношении объемов органической и водной фаз 1:5–1:20.

Ключевые слова: экстракция; экстрагент; скандий; ди-2-этилгексилфосфорная кислота; парафин; высшие карбоновые кислоты.



CHEMICAL BULLETIN

of Kazakh National University

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



ӘОЖ 542.61; 546.63.056

<http://dx.doi.org/10.15328/cb278>

Исатаева А.Т., *Исмаилова А.Г., Наурызбаев М.К.

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

*E-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

СКАНДИЙДІҢ ЖЕҢІЛ БАЛҚИТЫН ЕРІТКІШТЕГІ ДИ-2- ЭТИЛГЕКСИЛФОСФОР ҚЫШҚЫЛ БАЛҚЫМАСЫМЕН ЭКСТРАКЦИЯСЫ

Кіріспе

Бүгінгі таңда скандий және оның қосылыстарының ғылым мен техника саласындағы қолдану аясы кеңейген. Себебі, скандий қосылған қоспалар жоғары төзімділікке ие және дәнекерлікке, коррозияға, вибрацияға төзімді, сонымен қатар, радиациялық сәулеленуге тұрақты болып келеді. Скандий мен алюминийден алынған құйманың төзімділігі басқа сирек жер металдарымен салыстырғанда үш есе жоғары. Тағы бір артықшылығы алюминий құймасына скандийді қосқанда оның формасы өзгеріп, жартылай фабрикалы, пайдалы және төзімді бұйым шығады және олардың дәнекерленген қосылыстары мен кристалданбаған тең өлшемді құрылысы, өнімнің құрамындағы пайдалану төзімділігін анықтап береді. Сәулелік техникада және арнайы керамика өндіруде де скандий кеңінен қолданылады. Қазіргі таңдағы скандий өндірудің заманауи технологиялары күрделі және көп сатылы. Бүгінгі таңда скандийді экспортқа шығаратын негізгі елдерге Ресей, Қытай, Қазақстан және Украина жатады. Қазақстан басты экспорттаушы мемлекеттің қатарында бола алады, себебі, елімізде скандийдің шикізат көздері көптеп табылған. Зерттеушілердің басты мақсаты скандийдің құнын төмендету және оны өндіру масштабын барынша кеңейту болып табылады [1].

Осы мақсатта қоспа құрамындағы металды анықтаудың сезімталдығын арттыру үшін алдын-ала концентрлеу әдісі жүргізіледі. Скандийді концентрлеуде және басқада сирек жер металдардан бөлу үшін, иондық орынбасу, хроматографиялық экстракция, экстракциялық бөлу, тұндыру әдістері қолданылады [2]. Осы әдістердің ішінде қоспа құрамынан скандийді анықтау және тазалауда және сұйылтылған ерітінділерден бөліп алуда экстракция әдісі тиімді әдіс болып саналады. Айтылған әдістің ерекшелігі, біріншіден, жоғары дәрежелі таза қосылысты алу үшін бірнеше әдісті комбинирлеу мүмкіндігі мол, екіншіден, әдістің қолданылуын зертханалық масштабта жүргізуге болады. Себебі, әдіс қолданылатын құралдар жағынан қарапайым, тиім-

ді, өнімділігі жоғары әрі көптеген ілесе жүрген қоспалардан оңай бөлінетімен ерекшеленеді [3].

Тәжірибелік бөлім

Әдеби шолу нәтижелер бойынша скандийдің катионды формасы сулы ортада кеңінен кездеседі. Сол себепті оны катион күйінде бөліп алу үшін катионалмастырғыш экстрагент қолданылады. Берілген мақалада скандийдің ди-2-этилгексилфосфор қышқылы (Д2ЭГФҚ) экстрагентімен әртүрлі еріткіштегі экстракциясы келтірілген.

Орындалған жұмыстарда скандий оксидінің стандартты ерітіндісі қолданылды [4]. Алынған скандийдің нақты мөлшерігравиметрлік әдіс арқылы анықталды [5]. Зерттеу жүргізу үшін концентрациясы $2 \cdot 10^{-2}$ М скандийдің стандартты ерітіндісін әрі қарай сұйылту арқылы пайдаланылды. Барлық экспериментте тек жаңа дайындалған ерітінділер қолданылды.

Стандартты ерітінділерден скандийді экстракциялауда экстрагент ретінде 10% Д2ЭГФҚ – 90% ЖКҚ, 10% Д2ЭГФҚ – 90% парафин балқымалары қолданылып жүргізілді. Тәжірибелер 3 минут аралығында, парафин мен жоғары карбон қышқылдары (ЖКҚ) үшін жоғары температурада орындалды, органикалық және сулы фазалардың 1:10 көлемдік қатынастарында жүргізілді. Скандий ерітіндісінің концентрациясы $1 \cdot 10^{-3}$ М қолданылды. Қажетті ортаның қышқылдығы тұз қышқылы және аммиак ерітіндісін қолдана отырып реттелді, рН аралығы 0-4,0 аумағын қамтыды. Экстракциядан кейін сулы ерітіндідегі скандийдің мөлшері фотоколориметриялық КФК-2МП ($\lambda=670$ нм, $l=2$ см) және индуктивті плазмамен байланысқан масс-спектроскопиялық MS-ICP «Agilent 7500» (плазма температурасы 8000°C ; газ тасымалдау ағынының жылдамдығы 0,8-1,3 л/мин; плазма түзгіш газ ағынының жылдамдығы 15 л/мин) әдістер арқылы бақыланды.

Зерттеу үшін қолданылатын экстракциялық реагенттер қосымша тазалаудан өткізілді. Құрамы (64,6%) Д2ЭГФҚ және (11,7%) – моно-2-этилгексилфосфор қышқылынан тұратын техникалық Д2ЭГФҚ жұмыста берілген әдістеме бойынша тазартылды [6].

Экстракциялық реагенттерге еріткіш ретінде әртүрлі кластардың органикалық заттары – көмірсутектер (жеке немесе заттар қоспасы ретінде) және Шебекин химкомбинаты өндірісінің C_{17} - C_{20} техникалық фракциясының жоғары карбон қышқылдары (ЖКҚ) қолданылды. Жоғары карбон қышқылдары металдар қоспасынан

балқыған күйінде 2 моль/л HNO_3 және дистилденген сумен қышқылдық әсер жойылғанша бірнеше қайтара өңдеу арқылы тазаланды.

Экстрагенттер экстракциялық реагенттердің есептелген мөлшерін органикалық еріткіштерге қосу жолымен дайындалды. Парафин және ЖКҚ негізіндегі экстрагенттер экстракциялық реагенттердің белгілі мөлшерін еріткіштердің балқымасымен бірге балқыта отырып дайындалды. Суытқаннан кейін экстрагенттер қатты гомогенді жүйеде болды.

Нәтижелер және оларды талқылау

Скандийдің экстракциясына еріткіштің әсері

Берілген бөлімдереагентке парафин және техникалық фракциясы C_{17} - C_{20} болатын жоғары карбон қышқылының қоспаларының әсері қарастырылды, кей жағдайларда жоғары карбон қышқылы көптеген металдарды бөлуде экстрагент ретінде қолданылады. ЖКҚ-ң негізгі ерекшеліктері – суда аздаған мөлшерде ериді, фазаларға тез және анық бөлінеді, алынған экстрактылар гомогенді және металдарды физика – химиялық әдістер арқылы анықтауда қолданылады [7].

Тәжірибелік талдау техникасы келесі ретпен, яғни, экстракциялық процесс $70-90^{\circ}\text{C}$ температурада, 3 минут уақыт аралығында және сулы әрі органикалық фазалар 1:10 қатынасында орындалды. Ортаның қышқылдық рН мәні ретінде 0-4,0 интервал аралығы алынды. Экстракция үшін пайдаланылған скандий ерітіндісінің концентрациясы $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Ортаның қышқылдығына байланысты әртүрлі еріткіштердің Sc – Д2ЭГФҚ экстракциясының бөліну дәрежесіне әсері 1-суретте көрсетілген.

1-суретте скандийдің экстракциялық сызығы (1) ЖКҚ балқымасымен рН=1,3 мәнінде максималды R_{Sc} (99,8%) бөлу дәрежесін көрсетеді, яғни ЖКҚ сандық металды бөліп, экстрагент ролін атқарады. Сонымен қатар, тәуелділіктен көрініп тұрғандай зерттелген жүйеде 10% Д2ЭГФҚ – 90% ЖКҚ (2) және 10% Д2ЭГФҚ- 90% парафин (3) балқымалары сулы фазаның тепе-теңдігі рН мәні 1,1–1,5 аралығында металдың бөліну дәрежесі максималды мәнге ие болады. 1-ші және 2-ші қисықтарда бөліну дәрежелерінің мәндері бір-біріне жақын, рН=1,1-де сәйкесінше 97,5% және 99%-ды құрайды. Демек, зерттелген Sc – Д2ЭГФҚ жүйесіне еріткіштердің әсері ортаның белгілі қышқылдылығында бір-біріне жақын, әрі қарай зерттеу үшін парафин және ЖКҚ қоспасы тандалды, себебі экстракциядан кейінгі алынған

экстрактылар қатты әрі гомогенді, беткі қабаты біртекті және рентгенфлуоресцентті талдау талабына сай және реакция теңдеуі мынадай түрде жазылуы мүмкін: $Sc^{3+}_{cy} + 3HR_{орг.} = ScR_3 + 3H^+_{cy}$

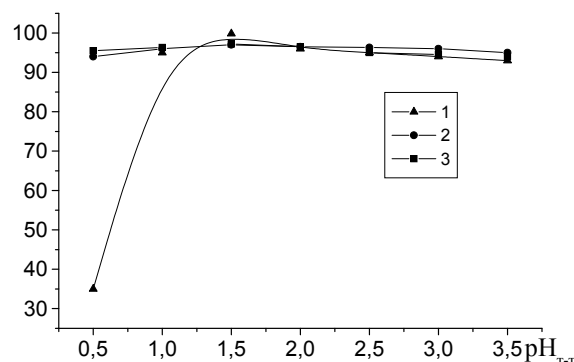
Экстрагент концентрациясының әсері

Әлсіз қышқылды және бейтарап ерітіндіде Д2ЭГФҚ катионалмастырғыш реагент табиғатын көрсетеді. Д2ЭГФҚ димеризациясы нәтижесінде экстракциядан кейін пайда болған комплекстер құрамында қышқылдың сольватталған молекуласы болуы мүмкін. Түзілетін комплекстері металлы фазалар қатынасын және тәжірибелік қолданыс үшін экстрагенттің қолайлы концентрациясын анықтауға және экстракциялық константаны есептеуге мүмкіндік береді. Экстракциялық металдың бөлінуі Д2ЭГФҚ – парафин балқымасымен экстрагент концентрациясы 0,1–0,38 моль/л аралығында өзгертіле отырып жүргізілді. Скандий концентрациясы $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, экстракция уақыты 3 минут, температура $70^\circ C$, су және органикалық фазалардың көлемдік қатынасы 1:10 болды. Тұз қышқылының концентрациясы 0,1–4,0 моль/л, ал рН мәні 0,1 – 4,0 интервалында болды.

Әр түрлі концентрациялы Д2ЭГФҚ қолданысымен экстракциялау кезіндегі скандийдің бөліну дәрежесі мен сулы фазаның қышқылдығы арасындағы тәуелділігі 2-суретте көрсетілген, яғни алынған тәуелділік бойынша Д2ЭГФҚ концентрациясы артқан сайын металдың бөлінуі белгілі заңдылықпен жоғарылайды. Д2ЭГФҚ концентрациясы 0,25 моль/л-ден жоғары болған кезде экстракциялық қисықтар бір-біріне ұқсас келеді, себебі тәуелділіктен көрініп тұрғандай әрі қарай скандийдің бөліну дәрежесі реагенттің концентрациясына тәуелді емес, сондықтан кейінгі зерттеулер үшін қолданылатын экстрагент концентрациясы 0,25 моль/л тәжірибеде қолдануға жеткілікті.

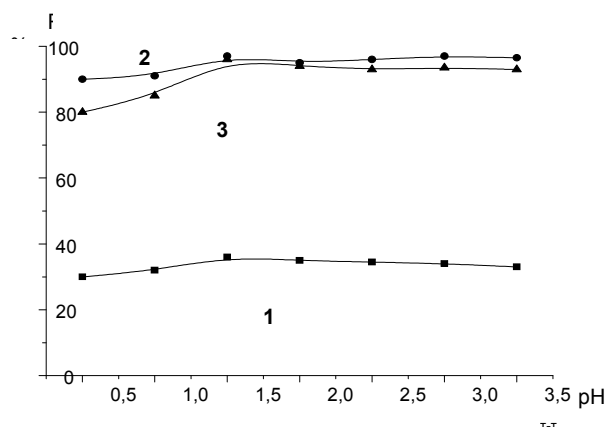
Металл концентрациясының әсері

Сулы ерітінділерінде және минералды қышқылдардың ерітінділеріндегі скандий иондарының күйі металл және сутек иондарының концентрациясына, қышқыл табиғатына, сонымен бірге экспериментті жүргізу шартына (температура, иондық күш, фондық тұздың табиғатына) байланысты анықталады. Сол себепті сулы ерітінділерде болатын скандий формаларының күрделілігі мен әртүрлілігі, нәтижелердің алынуына мүмкіндік беретін металл концентрациясының таңдауды талап етеді. 3-суретте сулы фазадағы металдың бастапқы концентрациялары әртүрлі болған кездегі скандийдің экстракция дәрежесінің тәуелділігі келтірілген.



1 – ЖКК, 2 – Д2ЭГФҚ – ЖКК, 3 – Д2ЭГФҚ парафин, $C_{Sc} = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $t = 70-90^\circ C$; O:C=1:10; $\tau = 3$ мин; $n = 3$

1-сурет – Ортаның қышқылдығына байланысты әртүрлі еріткіштердің Sc – Д2ЭГФҚ экстракциясының бөліну дәрежесіне әсері

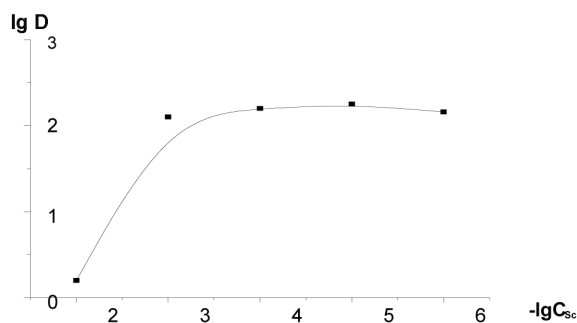


C_{ex} , моль/л: 1 – 0,125; 2 – 0,250; 3 – 0,380; $C_{Sc} = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $t = 70^\circ C$; O:B = 1:10; $\tau = 3$ мин; $\mu = const$; $n = 3$

2-сурет – ортаның қышқылдығына байланысты скандийдің бөлінуіне Д2ЭГФҚ-парафин балқымасы концентрацияларының әсері

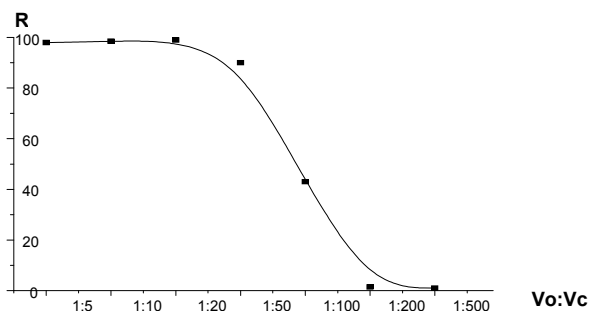
Зерттелетін ерітіндінің 0,25 моль/л Д2ЭГФҚ – парафинбалқымасымен экстракциясы сулы фазадағы металдың концентрациясының $1,0 \cdot 10^{-2}$ – $1,0 \cdot 10^{-6}$ моль/ларалықта өзгерту арқылы жүргізілді. Барлық тәжірибелерде тұрақты шарттар орындалды: ерітіндінің иондық күші $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л, сулы және органикалық фазалардың қатынасы 1:10, температура 70° – $90^\circ C$, экстракция уақыты 3 мин. $pH_{T-T} = 1,3$ мәнінде скандийдің таралу коэффициенттері $1,0 \cdot 10^{-6}$ – $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л аралығындағы металл концентрациясына тәуелді болмайды, бұл берілген аралықта скандий иондарының полимеризациясының болмайтынын көрсетеді. Сол себепті әрі қарай зерттеу

үшін металл концентрациясы $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л болғаны жеткілікті.



$C_{ex} = 0,25$ моль/л; pH=1,3;
 $t = 70^{\circ} - 90^{\circ}C$; O:C = 1:10; $\tau = 3$ мин; n=3

3-сурет – Металл концентрациясына байланысты скандийдің Д2ЭГФҚ-парафин балқымасымен таралу коэффициентінің логарифмдік тәуелділігі



$C_{ex} = 0,25$ моль/л; pH=1,3;
 $C_{sc} = 1 \cdot 10^{-3}$ моль/л; $t = 70^{\circ} - 90^{\circ}$; $\tau = 3$ мин; n=3

4-сурет – Скандийдің Д2ЭГФҚ-парафин балқымасымен экстракциясына ортаның фазалар қатынасының әсері

Ортаның фаза қатынасының әсері

Металдың экстракциясына әсер ететін факторлардың бірі фазалардың көлемдік қатынасы болып табылады. Экстракция процесі көбінесе комплекс түзілу процесімен анықталады және

оған ортаның фазалар қатынасы айтарлықтай әсер етеді. 4-суретте фазалардың көлемдік қатынасы әртүрлі болған кездегі скандийдің экстракция дәрежесінің ерітінді қышқылдығына тәуелділігі келтірілген. Экстракциялық металдың бөлінуі Д2ЭГФҚ – парафин балқымасында жүргізілді, органикалық және су фазалардың көлемдік қатынастары 1:10–1:500 аралығында өзгертілді. Экстрагент концентрациясы 0,25 моль/л, скандий концентрациясы $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л, экстракция уақыты 3 минут, температура $70^{\circ}C$, ортаның pH мәні тұрақты 1,3-ті құрайды.

4-суреттен көретініміз, экстракцияны органикалық еріткіштің аз үлесімен бірнеше рет жүргізу тиімді екенін көруге болады. Сонымен қатар, бөлу дәрежесін жақсарту үшін органикалық еріткішпен қатар су фазасының қатынасы аса жоғары болмағаны да дұрыс, өндірісте ең тиімді фазалардың көлемдік қатынасы 1:5, 1:10 болатыны анықталды. Органикалық фазамен су фазасының көлемдік қатынасы 1:100 болғанда бөлу дәрежесі төмен мәнге ие. Фазалар қатынасының зерттеулер нәтижесінде 1:5-1:20 аралығында экстракция мәні максимальды, сондықтан зерттеу үшін ең тиімді фазалардың көлемдік қатынасы 1:10.

Қорытынды

Жұмыстың нәтижесінде, скандийді Д2ЭГФҚ балқымасымен бөліп алудың ықтималды жағдайлары анықталды: зерттелген Sc -Д2ЭГФҚ жүйесіне еріткіштерден парафин және ЖКҚ белгілі бір мәндегі қоспасы таңдалды, себебі экстракциядан кейінгі алынған экстрактылар қатты әрі гомогенді, ол скандийдің рентген-флуоресцентті талдау талабына сай келеді; экстрагент концентрациясы 0,25 моль/л тәжірибеде қолдануға жеткіліктілігі дәлелденді; зерттеуге тиімді метал концентрациясы $1,0 \cdot 10^{-3}$ моль/л анықталды; фазалар қатынасының зерттеулер нәтижесінде ең тиімді фазалардың көлемдік қатынасы 1:10.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Комиссарова Л.Н. Неорганическая и аналитическая химия скандия. – М: Эдиториал УРСС, 2001. – 512с. ISBN 5-8360-0316-5
- 2 Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия, 1991. – 432с. ISBN 5-229-00743-5
- 3 Соколова Ю.В., Коряков В.Б., Пьерков П.Г. Экстракционное концентрирование скандия(III) с получением фторидного концентрата // Известия вузов: Цветная металлургия. – 2004. – №4. – С.30-36.
- 4 Гаджиева С.Р., Алиева Т.И., Чырагов Ф.М. Фотометрическое определение скандия (3+) с 2,2',3,4-тетраокси-3'-сульфо-5'-нитроазобензолом в присутствии третьего компонента // Вестник Бакинского университета. Серия естественных наук. – 2005. – №2. – С.49-54.

5 Костикова Г.В., Крылов Ю.С. Распределение скандия при экстракции Д2ЭГФК с различными добавками из хлоридных и нитратных сред // Конференция по экстракции. - Институт Физической Химии РАН, Москва, 1994. – С.137.

6 Гарагонич В.В., Чундак С.Ю., Кубарич Л.М. Исследование комплексообразования и экстракции иттрия и скандия // Тезисы докладов Всероссийской конференции «Актуальные проблемы аналитической химии». - Москва, 11-15 марта, 2002. – Т.2. – С.17.

7 Петрова В.А., Палант А.А. Влияние температуры на экстракцию скандия фосфорорганическими экстрагентами из серноокислых растворов // Журнал неорганической химии. – 1995. – Т.40, №7. – С.1225-1228.

References

1 Komissarova LN (2001) Inorganic and analytical chemistry of scandium [Neorganicheskaya i analiticheskaya khimiya skandiya]. Editorial URSS, Moscow, Russia. (In Russian). ISBN 5-8360-0316-5

2 Zelikman AN, Korshunov BG (1991) Metallurgy of Rare Metals [Metallurgiya redkikh metallov]. Metallurgiya, Moscow, Russia. (In Russian). ISBN 5-229-00743-5

3 Sokolova YV, Koryakov VB, Perkov PG (2004) Universities Bulletin. Non-ferrous Metallurgy [Izvestiya vuzov. Tsvetnaya metallurgiya] 4:30-36. (In Russian)

4 Gadzhiyeva SR, Aliyeva TI, Chiragov FM (2005) Bulletin of Baku State University. Natural Sciences Series [Vestnik Bakinskogo Universiteta. Seriya estestvennykh nauk] 2:49-54. (In Russian)

5 Kostikova GV, Krylov YS (1994) Distribution of scandium in extraction by D2EHPA with different additions of chloride and nitrate media [Raspredeleniye skandiya pri ekstraksiy D2EGFK s razlichnymi dobavkami iz khloridnykh i nitratnykh sred]. Proceedings of the conference on extraction: RAS Institute of Physical Chemistry [Materialy konferentsii po ekstraksii: Institut Fizicheskoy Khimii RAN], Moscow, Russia. P.137. (In Russian)

6 Garagonich VV, Chundak SY, Kubarich LM (2002) Study of the complex formation and extraction of yttrium and scandium [Issledovaniye kompleksoobrazovaniya i ekstraksii ittriya i skandiya]. Proceedings of All-Russian Conference «Topical issues of analytical chemistry», Vol.2 [Tezisy dokladov Vserossiyskoy konferentsii «Aktual'nyye problemy analiticheskoy himii», Tom 2], Moscow, Russia. P.17. (In Russian)

7 Petrova VA, Palant AA (1995) Russ J Inorg Chem+ 40:1225-1228. (In Russian)