

ӨОЖ 542.61; 546.63.056

У.А. Кудереева, \*А.Т. Исатаева, А.Г. Исмаилова, М.К. Наурызбаев  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы қ.  
\*E-mail: ms.kudereeva@mail.ru

### Катионалмастырғыш экстрагенттермен скандийді бөліп алу

Мақалада скандийдің катионалмастырғыш экстрагентімен экстракциясы зерттелген және металл экстракциясына ортаның қышқылдылығы мен температураның, еріткіш және экстрагенттің табиғатының әсері зерттелген. Тәжірибелік нәтижелер бойынша скандий экстракциясына тиімді экстрагент ретінде Д2ЭГФҚ және жоғары температуралы экстракция үшін 70°C таңдалынған. Экстракцияланған қосылыстардың мүмкін болатын құрамы көрсетілген. Скандий экстракциясының сандық бөлінуі ортаның қышқылдылығы pH=1,3 мәнінде RSc - (99,8%) жететіндігі анықталған.

**Түйін сөздер:** экстракция, экстрагент, скандий, ди-2-этилгексил-фосфор қышқылы, парафин, керосин, жоғары карбон қышқылы.

U.A. Kudereyeva, A.T. Isataeva, A.G. Ismailova, M.K. Nauryzbaev  
**The Extraction of Scandium by cation exchange reagents**

The regularities of the scandium extraction by cation exchange reagent were investigated in depending on the acidity of the aqueous phase, temperature, the nature of the solvent and the extractant. The obtained data indicate di-2-ethylhexylphosphoric acid (D2EHPA) is an effective extractant for extraction of scandium in the organic phase. Sufficient extraction of scandium (R Sc - 99,8%) is achieved at pH=1,3.

**Keywords:** extraction, extractant, scandium, di-2-ethylhexylphosphoric acid, paraffin, kerosene, higher carboxylic acids.

У.А. Кудереева, А.Т. Исатаева, А.Г. Исмаилова, М.К. Наурызбаев  
**Экстракция скандия катионообменными реагентами**

Исследованы закономерности экстракции скандия катионообменным реагентом в зависимости от кислотности водной фазы, температуры, природы растворителя и экстрагента. Полученные данные показывают, что ди-2-этилгексилфосфорная кислота (Д2ЭГФК) является эффективным экстрагентом для извлечения скандия в органическую фазу. Установлено, что количественное извлечение скандия (R Sc - 99,8%) достигается при pH=1,3.

**Ключевые слова:** Экстракция, экстрагент, скандий, ди-2-этилгексилфосфорная кислота, парафин, керосин, высшие карбоновые кислоты.

### Кіріспе

Қазіргі уақытта ғылым мен техника саласында көп қолданылуына байланысты және өзінің химиялық әрі физикалық комплексті қасиетінің ерекшелігіне орай скандий мен оның қосылыстарына қызығушылық артуда. Скандий мен алюминийден алынған құйманың төзімділігі басқа СЖМ - мен салыстырғанда үш есе жоғары. Тағы бір артықшылығы алюминий құймасына скандийді қосқанда оның дәнекерлеу қабілеті артады, яғни құйманың формасы өзгеріп, жартылай фабрикалы, пайдалы, төзімді

бұйым шығады және олардың дәнекерленген қосылыстары мен кристалданбаған тең өлшемді құрылысы, өнімнің құрамындағы пайдалану төзімділігін анықтап береді. Негізінде Al - Sc құймасының өңделуі құрылымдардың салмағын төмендету мақсатында көптеген аймақтарда қолданылады. Мысалға алатын болсақ, ғарыш саласында, техникада, көлік құрылысында, мұнай жабдықтауда, сүңгуір қайықтарын жасауда сұранысқа ие. Металдық скандий және оның құймасынан нейтрон - активті детекторлар өндіріліп, квазимонохроматикалық нейтронның шоғырын алу үшін сүзгіш ретінде және ней-

тронды трубка, генераторлар алуда қолданады. Олардың қорлары, үшіншілік  $\beta$  - бөлшекті скандий болып табылады [1].

Негізінде Ga-Sc-Gd гранаты әлемдегі ең күшті лазерлер жасау үшін арналған. Металгалогенді лампаларға скандий иодидін қосқанда жарық интенсивті ағынына ие болады, оны алаңдарды, кино түсірілімдерді, түрлі-түсті теледидарларды жарықтандыру үшін қолданады [2].

Скандий шашыраңқы элемент болғандықтан, оны концентрлеп бөліп алу үшін экстракциялық әдіс кеңінен пайдаланылады. Қоспа құрамынан скандийді анықтау және тазалау үшін және сұйытылған ерітінділерден бөліп алу үшін қолданылады, бұл әдістің артықшылығы құралдар жағынан қарапайым, өнімділігі жоғары, тиімді әрі онымен қатар жүрген қосындыларынан бөліп алуымен ерекшеленеді. Сонымен қатар экстракция әдісі тұйықталған өнеркәсіп циклын ұйымдастырып, металдың толық анықталу мүмкіндігін ашып береді. Скандийді тазалауда экстракция процесінде металдық диэтилэфир мен роданидті комплекс түрінде болатын хлоридті және нитратты ерітінділер қолданылады [3]. Осы себепті скандийді бөліп алуға, тазалауға экстракциялық әдіс тиімді және әртүрлі экстрагенттерін пайдалану мақсатында өндірістік және аналитикалық химия тұрғысынан өзекті мәселе болып табылады.

### Тәжірибелік бөлім

Әдеби шолу нәтижесі бойынша скандийдің катионды формасы сулы ортада кеңінен кездеседі. Сол себепті оны катион күйінде бөліп алу үшін катионалмастырғыш экстрагент қолданылады. Берілген бөлімде скандийдің Д2ЭГФҚ экстрагентімен әртүрлі еріткіштегі экстракциясы келтірілген.

Жасалынған жұмыста скандий оксидінің стандартты ерітіндісі қолданылды. Скандийдің (III) стандартты ерітіндісін дайындау үшін алдын ала дәл массаға келтіріліп алынған тигельге 0,6896г  $\text{Sc}_2\text{O}_3$  үлгісін таразыда өлшеп алып, муфель пешінде  $750^\circ\text{C}$  - та 30 мин қыздырылады. Суытылған скандий оксиді 10 мл  $\text{HCl}$  қатысында қыздыру арқылы ерітіліп, өлшем колбада сұйытылды. Алынған скандийдің нақты мөлшері гравиметрлік әдіс арқылы анықталды [4]. Анықтау жолы: скандий ерітіндісінің аликвотты бөлігіне  $\text{NH}_4\text{OH}$  тұндырғышын аммиактың иісі

пайда болғанша құйып, рН 5,1-5,45 аралығында тұндырудың толық аяқталғанын байқайды. Ерітіндіні  $90^\circ\text{C}$  - да 15-30 минут қыздырып, суыған соң қызыл ленталы сүзгіш қағазы арқылы сүзіп, 0,1 н  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  ерітіндісімен декантацияланып тұнба бөлініп алынады. Содан кейін тұрақты массаға келтірілген тигельде тұнба жоғары температурада  $600^\circ\text{C}$  - та күйдірілді [5]. Концентрациясы анықталған  $210^{-2}\text{M}$  скандий ерітіндісі әрі қарай сұйытылу арқылы градуирлеу графигін тұрғызуға пайдаланылды. Барлық экспериментте тек жаңа дайындалған ерітінділер қолданылды.

Стандартты ерітінділерден скандий экстракциясы экстрагент ретінде 10% Д2ЭГФҚ- 90% ЖКҚ, 10% Д2ЭГФҚ - 90 % парафин және 10% Д2ЭГФҚ- 90% керосин балқымалары қолданылып жүргізілді. Тәжірибелер 3 минут аралығында, керосин үшін бөлме температурасында және парафин мен ЖКҚ үшін жоғары температурада орындалды, органикалық және сулы фазалардың 1:10 қатынастағы көлемдерінде жүргізілді. Экстракция үшін скандий ерітіндісінің 1 концентрациясы қолданылды. Қажетті ортаның қышқылдылығы тұз қышқылы және аммиак ерітіндісін қолдана отырып реттелді, рН аралығы 0-6 аумағын қамтыды. Экстракциядан кейін сулы ерітіндідегі скандийдің мөлшері фотоколориметриялық және масс-спектроскопиялық әдістер арқылы бақыланды.

Скандийлі комплекстердің құрамын анықтау 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  $\text{C}_{17}$ - $\text{C}_{20}$  техникалық фракциясының жоғары карбон қышқылдары (ЖКҚ) қолданылды. Жоғары карбон қышқылдары металдар қоспасынан балқыған күйінде 2 моль/л  $\text{HNO}_3$  және дистилденген сумен қышқылдық әсер жойылғанша бірнеше қайтара өңдеу арқылы тазаланды.

Экстрагенттер экстракциялық реагенттердің есептелген мөлшерін органикалық еріткіштерге қосу арқылы дайындалды. Парафин және ЖКҚ негізіндегі экстрагенттер экстракциялық

реагенттердің белгілі мөлшерін еріткіштердің балқымасымен бірге балқыта отырып дайындалды. Суытқаннан кейін экстрагенттер қатты гомогенді жүйеде болды.

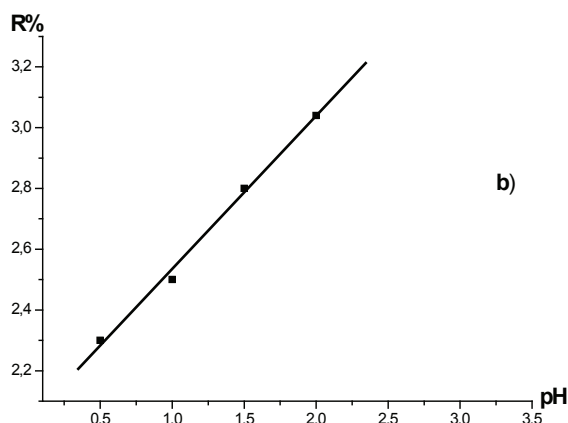
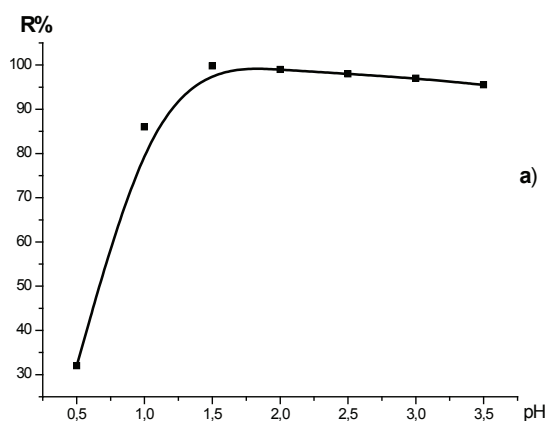
### Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

#### 1. Скандийдің ЖКҚ - мен экстракциясы

Берілген бөлімде техникалық фракциясы  $C_{17}-C_{20}$  болатын жоғары карбон қышқылының қоспасы пайдаланылды, ол көптеген металдарды бөлуде экстрагент ретінде қолданылады. ЖКҚ - ның негізгі ерекшелігі: суда аздаған мөлшерде ериді, фазаларға тез және анық бөлінеді, алынған

экстракттылар гомогенді және металдарды физика-химиялық әдістер арқылы анықтауда қолданылады.

Эксперименттік талдау техникасы келесі ретпен орындалды: экстракциялық процес 70-90 °C температурада, 3 минут уақыт аралығында және сулы әрі органикалық фазалар қатынасы 1:10 қатынасында жүргізілді. Ортаның қышқылдық рН мәні 0 - 6,0 интервал аралығында алынды. Экстракция үшін пайдаланылған скандий ерітіндісінің концентрациясы  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л. Скандий ерітіндісінің ЖКҚ-мен экстракциясының рН-қа тәуелділігі 1-суретте көрсетілген.



$C_{Sc}=1$  моль/л,  $t=20-70^{\circ}C$ ;  $O:C=1:10$ ;  $t=3$  мин;

**1-сурет** – Ортаның қышқылдығына байланысты Sc - ЖКҚ балқымасымен экстракциясының тәуелділігі.

Скандийдің экстракциялық сызығы ЖКҚ балқымасымен  $pH=1,3$  мәнінде максималды  $R_{Sc}$  (99,8%) бөлу дәрежесін (1а сурет) көрсетеді, яғни ЖКҚ металды сандық бөлу арқылы экстрагент ретінде қолдану мүмкіндігін тудырады. Ал Sc - ЖКҚ экстракциясының логарифдік тәуелділігі түзу сызықты және тангенстік бұрышы жуық шамамен 3-ке тең (1б сурет), ол дегеніміз ерітіндіде скандий үш зарядты катион күйінде жүретіндігі дәлелденіп, процесс катионал-мастыру механизміне бағынады және реакция теңдеуі мына теңдікпен өрнектелетіндігін көрсетеді  $Sc^{3+} + 3RH = ScR_3 + 3H^+$  және ЖКҚ-ның скандийді ықтималды бөліп алу қасиеті карбоксилді топтағы сутек иондары металл катионына алмасуына негізделген.

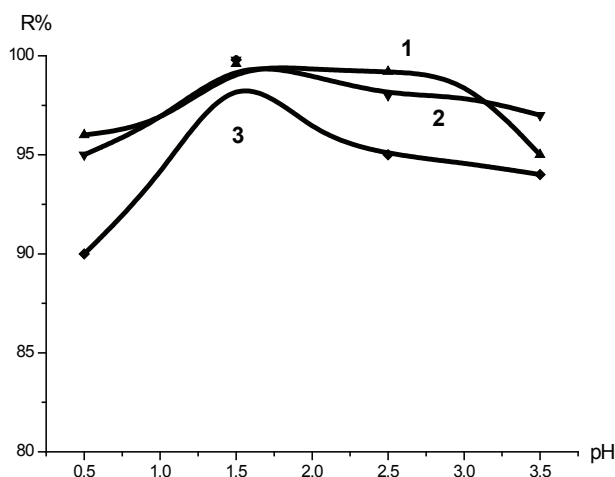
#### 2. Скандийдің экстракциясына еріткіш табиғатының әсері.

Экстракциялық реагенттердің тиімділігі еріткіштердің табиғатына байланысты. Кейбір жағдайларда еріткіштердің өздері экстрагент рөлінде болады. Сондықтан да скандийдің Д2ЭГФҚ-мен экстракция процесіне еріткіштердің әсерін зерттеу мынадай міндеттерді шешу үшін туындап отыр. Біріншіден, металды органикалық фазаға толық сандық бөліп алуға қажетті еріткішті таңдау, екіншіден Д2ЭГФҚ-на жоғары карбон қышқылының әсерін байқап, оның ролін анықтау, яғни ЖКҚ экстрагенттің еріткіші немесе синергетикалық қасиет көрсетін экстракция параметрлерін арттыратын қоспа ретінде қолданылатындығын дәлелдеу. Скандий

экстракциясын катионалмастырғыш реагент Д2ЭГФҚ-мен зерттеуде еріткіш ретінде әртүрлі класстағы қосылыстар пайдаланылып, олардың әсері қарастырылды. Жұмыс барысында көмірсутек қоспалары: керосин, парафин және ЖКҚ қолданылды.

Скандий экстракциясы 10% Д2ЭГФҚ – 90% ЖКҚ, 10% Д2ЭГФҚ - 90% парафин және 10% Д2ЭГФҚ - 90% керосин балқымалары

қолданылып жүргізілді. Зерттеулер 3 минут уақыт аралығында, керосин үшін бөлме температурасында, ал парафин мен ЖКҚ үшін 70-90°C температурада жүргізілді, су және органикалық фазалардың көлемдік қатынасы 1:10 болды. Барлық процесте скандийдің концентрациясы  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л құрады. Зерттеу тұз қышқылды ортада жүргізілді. Алынған тәуелділіктер 2-суретте көрсетілген.



1 – Д2ЭГФҚ-ЖКҚ, 2 – Д2ЭГФҚ-парафин, 3 – Д2ЭГФҚ-керосин,  
 $C_{Sc} = 1$  моль/л,  $t = 20-70^\circ\text{C}$ ;  $O:C = 1:10$ ;  $t = 3$  мин;

**2-сурет** – Ортаның қышқылдығына байланысты әртүрлі еріткіштердің Sc - Д2ЭГФҚ экстракциясының бөліну дәрежесіне әсері.

2-суреттегі тәуелділіктен көрініп тұрғандай зерттелген жүйеде 10% Д2ЭГФҚ-90% керосин (3) pH мәні 1,5-те, ал 10% Д2ЭГФҚ-90% ЖКҚ (1) және 10% Д2ЭГФҚ - 90% парафин (2) балқымаларымен сулы фазаның тепе-теңдігі pH 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,  $pH = 1,1$ -де сәйкесінше 97,5% және 99%-ды құрайды. Логарифмдік тәуелділіктері түзу сызықты және тангенстік бұрышы жуық шамамен 2,5-ке тең.

Жоғарыда келтірілген экстракциялық процесстер жоғары температурада орындалған, ал бөлме температурасында процестің жүруін бағалау үшін металдың 10% Д2ЭГФҚ-90% керосин жүйесіндегі экстракциясы зерттелді, зерттеу нәтижесі 2-суреттегі 3-қисықта келтірілген және ықтималды бөліну дәрежесі 96,2% мәніне сәйкес келеді.

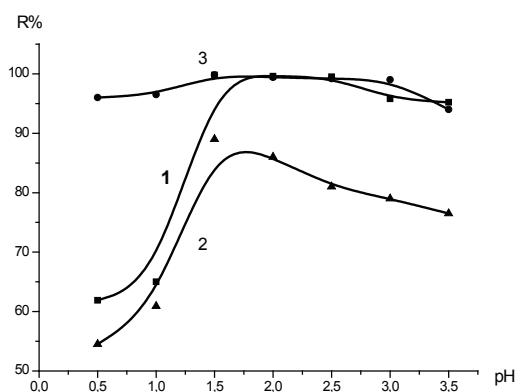
Зерттелген Sc-Д2ЭГФҚ жүйесіне еріткіштердің әсері ортаның белгілі қышқылдылығында бір-біріне жақын, дегенмен керосин жүйесінде ерітінді эмульсияланып, бөлу процесі қиындық тудырады. Сондықтан әрі қарай зерттеу үшін парафин және ЖКҚ қоспасы таңдалды, себебі олардың бірі инертті, екіншісі экстрагенттің экстракциялық қасиетін арттырады және экстракциядан кейінгі алынған экстрактылар қатты, әрі гомогенді, ол скандийді рентгенфлуоресцентті талдау талабына сай.

**3. Скандий экстракциясына экстрагент табиғатының әсері.**

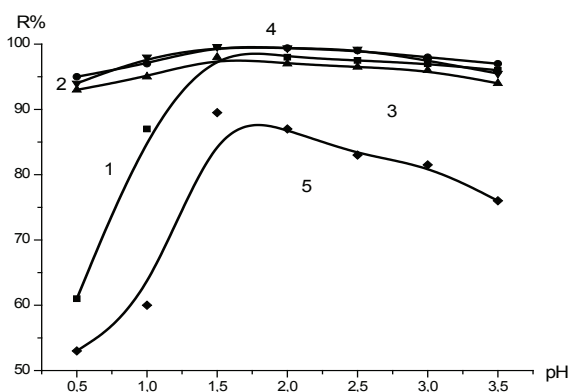
Скандий ерітіндіде катион және электрбейтарапты бөлшек күйінде жүретіні белгілі, органикалық заттар және катион алмастырғыш экстракциялық реагенттер скандийді бөлуде кеңінен қолданылады. Скандийге ең тиімді экстрагент болып фосфорорганикалық заттар

болып табылады. Скандийді алудың технологиясында ең көп қолданатын экстракциялық реагенттердің бірі Д2ЭГФҚ, ол өзінің кинетикалық қасиетімен ерекшеленеді және іс-жүзінде қышқыл ортада ерімейді. Әдеби шолу нәтижесі бойынша скандийдің сұйық экстракциясы кеңінен зерттелген, ал қатты фазалы

экстракция процесінің әсерін байқау үшін катионалмастырғыш реагенттер ЖКҚ, Д2ЭГФҚ-парафин және Д2ЭДФҚ - парафин балқымаларымен экстракциясы қарастырылды. Алынған нәтижелер мәнінің орта қышқылдылығына байланысты тәуелділігі 3-суретте көрсетілген.



1 – ЖКҚ, 2 – Д2ЭДФҚ-парафин,  
3 – Д2ЭГФҚ-парафин



1 – ЖКҚ, 2 – Д2ЭГФҚ - ЖКҚ, 3 – Д2ЭГФҚ-керосин,  
4 – Д2ЭГФҚ-парафин, 5 – Д2ЭДФҚ-парафин  
 $C_{Sc}=1$  моль/л,  $t=20-70^{\circ}C$ ;  $O:C=1:10$ ;  $t=3$  мин;

**3 сурет** – Ортаның қышқылдылығына байланысты скандий экстракциясының салыстырмалы тәуелділік қисығы

3-суреттегі оң және сол жақ тәуелділіктерінде метал экстракциясының қисықтары салыстырмалы түрде берілген және скандий-Д2ЭДФҚ-парафин (2) экстракциясының қисығы pH мәні өскенде өсіп, ортаның қышқылдылығының 1,5-1,7 тар аумағында ықтималды бөледі, ал pH мәні 2,0-ден кейін ол төмендей түседі. Бұл процесті метал ионының экстрагенттің құрамындағы комплекс түзуші иондардың күрделілігіне байланысты деп түсіндіруге болады. Ал Д2ЭГФҚ – парафин (3) жүйесі кең аумақта ықтималды бөледі және pH 1,1-3,0 мәндерінде  $R_{Sc} \sim 98\%$  максималды мәнге ие, яғни ортаның қышқылдылығы 0-6,5 аралығында скандий катионды гидроксо-ион күйінде жүреді. Ерітіндідегі сутек иондарының төменгі концентрацияларында Д2ЭГФҚ катионалмастырғыш реагент ретінде болады, сол себепті экстракцияланатын комплекстер металдардың координациялы-сольватталған тұздары мынадай түрде болуы ықтимал  $Me^{3+}(R_2PO_4)_2 \cdot nHR_2PO_4$

және ортаның pH-ның артуына байланысты скандийдің бөліну дәрежесінің өсуімен түсіндіріледі, себебі осы жағдайда әртүрлі комплекстің құрамының түзілуімен сипатталады. Ерітіндідегі  $C_{Sc} \leq 10^{-3}M$  мәнінде ортаның қышқылдылығының pH3,0(4,0) мәнінің өсуі, оның гидролизденуіне әкеледі. Сондықтан экстракция процесінің төмендеуі көпсатылы металдың тұрақты гидролизденген формалары  $Sc(OH)_n^{3-n} \cdot aq$  арқылы түсіндірілуі мүмкін.

Зерттеулер нәтижесінде катионалмастырғыш реагент ретінде Д2ЭГФҚ экстрагентінің экстракциялық қасиеті жоғары және қол жетімді, әрі скандийді алу технологиясында кең қолданылатындығы ескеріле отырылып ең тиімді екендігі дәлелденді.

**4. Скандий экстракциясына температураның әсері.**

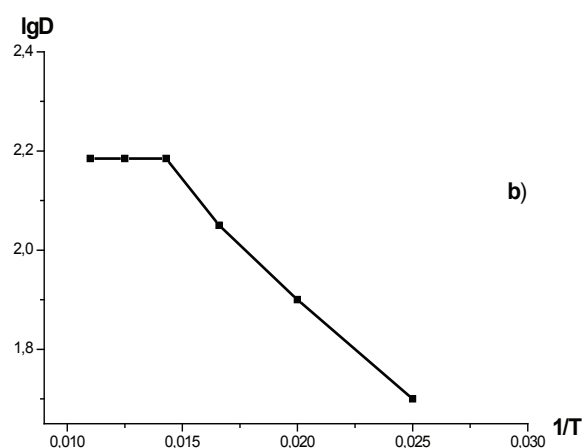
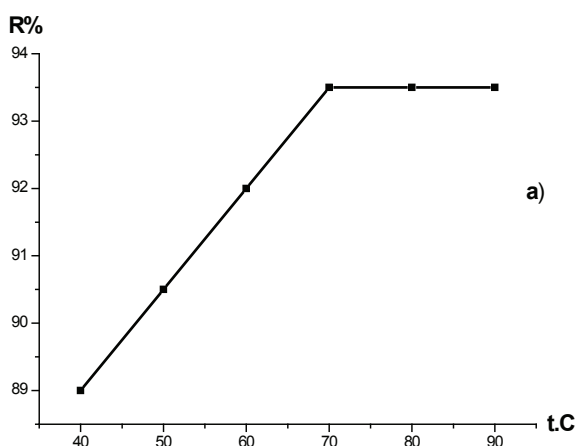
Металдың экстракциясына әсер ететін факторлардың бірі температура болып табылады. Экстракция процесі көбінесе комплекс түзілу және



температураны жоғарылатуда экстракциялық қосылысты ыдырату қабілеті процесімен анықталады, сол себепті температураны жоғарылату металл экстракциясын төмендетеді. Кей жағдайда органикалық фазадағы аквагидрокомплекстердің және полимерлердің бұзылуынан температураны жоғарылату бөлу дәрежесін жақсартады [7].

Скандийдің экстракциялық зерттеуі темпе-

ратура 40-90°C интервалында жүргізілді. Д2ЭГФҚ-ның сапалы еріткіші ретінде парафин қолданылды. Металдың концентрациясы  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/л, экстракция 3 минут уақытында жүргізілді, сулы және органикалық фазалардың көлемдік қатынасы 1:10, рН мәні тұрақты 1,3-ті құрады. Скандий экстракциясының температураға тәуелділігі 4-суретте көрсетілген.



$$C_{Mo} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л; } C_{ex} = 0,25 \text{ моль/л, pH}=1,3;$$

$$t = 3 \text{ мин, O:C} = 1:10$$

4-сурет – Скандийдің ди-2-этилгексилфосфор қышқыл экстракциясына температураның әсері

Берілген тәуелділікте скандийдің бөлінуінің артуы 40°C-тан кейін байқалады. 4-суреттегі  $\lg D - 1/T$  тәуелділігінен скандийдің экстракциясы экстракцияланатын комплекстің құрамының өзгеруімен сипатталады. Ал 70-90°C аралығында бөлінетін металл комплексінің құрамы тұрақты болып қалады, сондықтан әрі қарай зерттеулер үшін жоғары температурадағы экстракциялық процестің температурасын 70°C орындау жеткілікті.

Қорытындылай келе мынадай тұжырым жасауға болады: әдеби шолу нәтижесі бойынша

скандийдің катионды формасы сулы ортада кеңінен кездеседі. Сол себепті оны катион күйінде бөліп алу үшін катионалмастырғыш экстрагенттер қолданылады. Берілген мақалада скандий экстракциясының катионалмастырғыш экстрагенттермен бөлінуі зерттеліп, экстракциялық процестің сандық бөлінуі, ЖКҚ ролі және катионалмастырғыш реагентке еріткіштің әсері анықталған. Ең тиімді экстрагент ретінде Д2ЭГФҚ – парафин – ЖКҚ жүйесі, сандық бөлінудің тиімді рН=1,3 және зерттелген балқыма үшін қолайлы температура таңдалды.

#### Әдебиеттер

- 1 Комиссарова Л.Н. Неорганическая и аналитическая химия скандия. – М: Эдиториал УРСС, 2001. – 512 с.
- 2 Зеликман А.Н., Коршунов Б.Г. Металлургия редких металлов. – М.: Металлургия 1991. – 432 с.
- 3 Соколова Ю.В., Коряков В.Б., Перьков П.Г. Экстракционное концентрирование скандия (III) с получением фторидного концентрата // Изв. вузов. Цв. металлургия. – 2004. – №4. – С. 30-36.
- 4 Гаджиева С.Р., Алиева Т.И., Чырагов Ф.М. Фотометрическое определение скандия (III) с 2,2',3,4 – тетраокси – 3' – сульф – 5' – нитроазобензолом в присутствии третьего компонента // Вестн. Бакин. ун-та. Сер.естеств. наук. – 2005. – № 2. – С. 49-54.

5 Костикова Г.В., Крылов Ю.С. Распределение скандия при экстракций Д2ЭГФК с различными добавками из хлоридных и нитратных сред // Конференция по экстракций: Институт Физической Химии РАН.– Москва, 1994.–С137.

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

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

## References

- 1 Komissarova L.N. Neorganicheskaya i analiticheskaya khimiya skandiya. Editorial – M.: URSS, 2001. – 512s.
- 2 Zelikman A.N., Korshunov B.G. Metallurgiya redkikh metallov. – M.: Metallurgiya 1991. – 432s.
- 3 Sokolova Yu.V., Koryakov V.B., Perkov P.G. Ekstraktsionnoe kontsentrirovanie skandiya (III) s polucheniem floridnogo kontsentrata // Izv. vuzov.Tsv. metallurgiya. – 2004. – № 4 – С 30 – 36.
- 4 Gadjieva S.R., Alieva T.I. Chyragov F.M. Fotometricheskoe opredelenie skandiya (III) s 2,2',3,4-tetraoksi-3'-sulfo-5'-nitroazobenzolom v prisutstvii tretogo komponenta // Vestn. Bakin.un-ta. Ser. estestv.nauk. – 2005. – № 2. – S. 49 – 54.
- 5 Kosticov G.V., Krylov Yu.S. Raspredelenie skandiya priekstraktsiy D2EGFK s razlichnymi dobavkami iz khlordnykh i nitratnykh sred // Kanferentsiya po ekstraktsiy: Institut Fizicheskoy Khimii RAN.– Moskva, 1994. – С137.
- 6 Garagonich V.V., Chundak C.Yu., Kubarich L.M. Issledovanie kompleksoobrazovaniya i ekstraktsii ittriya i skandiya // Vserossyiskaya konferentsiya “ Aktualnye problem analiticheskoi khimii”, Moskva, 11 – 15 marta, 2002: Tezisy dokladov. T. 2.– M., 2002. – С.17.
- 7 Petrova V.A., Palant A.A. Vliyanie temperatury na ekstraktiyu skandiya fosfor organicheskimi ekstragentami iz sernokislykh rastvorov // Jurn. neorgan. khimii. – 1995. – Т.40, – №7. – S.1225 – 1228.