

**Ә.Т. Тельман, А.Г. Исмаилова\*, Н.А. Адилхан**  
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан  
\*e-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

## ИТТРИЙДІҢ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ БӨЛІНУІ

**Аңдатпа.** Технологияның көптеген салаларында, сондай-ақ химия өнеркәсібінде иттрийге және басқа да сирек металдарға деген сұраныс жыл сайын артып келеді. Қазақстан Республикасында иттрийлі топтың сирек жерлерінің шикізат көздері шоғырланған. Сирек кездесетін жерлерді алу және өңдеу технологияларын жетілдіру өнеркәсіптің өз шикізатына деген қажеттілігін қамтамасыз ету үшін, демек, жоғары технологиялар салаларын дамыту үшін қажет.

Иттрийді бөліп алу үшін жұмыста экстракциялық әдіс қолданылды. Экстрагенттер ретінде органикалық реагенттер және олардың оңай балқитын органикалық қосылыстары бар қоспалары зерттелді. Зерттеу нәтижелері бойынша Д2ЭГФҚ-ЖКҚ (ди-(2-этилгексил) фосфор қышқылы – жоғары карбон қышқылы) қоспасы иттрийдің сандық бөлінуін қамтамасыз ететін тиімді экстрагент ретінде таңдалды. Әр түрлі факторларға байланысты осы экстрагентпен иттрийдің бөлінуінің экстракциялық заңдылықтары зерттелді (рН,  $V_{\text{су}}:V_{\text{орг}}$ ,  $C_{\text{ex}}$ ,  $C_{\text{Me}}$ ,  $t^{\circ}\text{C}$ ). Экстракциядан кейінгі иттрийдің құрамы сулы фазада арсеназо I реактивімен фото-метриялық әдіспен анықталды. Органикалық фазадағы құрамы есептеу арқылы анықталды.

Қышқыл ортада иттрийдің бөліну дәрежесі 97,45% құрады. Сонымен қатар экстракцияны орындаудың оңтайлы шарттары келесідей болды: рН=3,0, сулы және органикалық фазалардың көлемдік қатынасы 1:10, экстрагенттегі Д2ЭГФҚ концентрациясы 10%, иттрийдің бастапқы концентрациясы  $C_{\text{Me}} = 10^{-4}$  М, экстракция температурасы 40-60 $^{\circ}\text{C}$ . Алынған нәтижелер құрамында иттрий бар кендерді Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен еріткеннен кейін алынған ерітінділерден иттрийді бөлудің тиімділігін көрсетеді.

**Негізгі сөздер:** иттрий, сирек жер металдары, экстракция, экстрагент, спектроскопиялық анықтау.

**Кіріспе.** Иттрий – лантанның химиялық аналогы. Иттрий сирек жер металдарының қатарына жатады. Сирек жер металдарының, иттрийді қоса алғанда жер қыртысындағы орташа қосынды мөлшері 10 $^{-2}$  % және шашыраңқы таралған [1].

Сирек жер металдары – бұл ХХІ ғасырдың алтыны. Иттрий және басқа да сирек жер металдары электроника, металлургия, атомдық энергетика, электротехника, ғарыштық және ракеталық техника, жоғары өткізгіштер өндірісі, оптикалық-талшықты байланыс, арнайы болат өндірісі, машина жасау, аспап жасау, химиялық, шынылы және керамикалық өндірістер және тағы да басқа салалардың дамуына ықпал жасап, олардың сапасына қойылатын талаптарды күшейтеді. Иттрий және тағы да басқа СЖМ жоғары техникалық салалардың дамуында үлкен маңызға ие. Олар электрондық және электрооптикалық салаларындағы, ақпараттық технологиялар, биомедицина, қоршаған ортаны қорғау, энергия үнемдеу салаларындағы материалдар өндірісінде негізгі рөл атқарады. Сонымен қатар, мұнай өндірісінде катализаторлар дайындауда, тұрақты магниттер, жоғары сапалы әйнектер, талшықты оптика, лазерлер, электромобильдер, кино- және фотоаппаратураларға ұзақ мерзімді эксплуатациялы аккумулятор батареяларын жасауда кеңінен қолданылады. Және СЖЭ-нің құны бойынша қолданылудың ауқымды облысы – люминофор өндірісі (иттрий өтімінің ауқымды нарығы), бұлар теледидар, компьютер мониторларын жасау, компактті лампалар жасауда кеңінен қолданылады [2,4].

Иттрий қазіргі таңда «Дәрумендердің дәрумені» ретінде қолданылады. «Болат дәрумендері» деп хром, ванадий, молибден және басқа да легирлеуші металдарды айтады. Иттрийдің аз мөлшерінің қосылуы осы «дәрумендердің» қасиетін одан ары жақсартады. Иттрий никель, хром, темір, молибден негізіндегі қорытпалардың отқа төзімділігін арттырады, баяу балқитын металдар – ванадий, тантал, вольфрам және олардың негізіндегі

қорытпалардың иілгіштік қабілетін өсіреді, титанды, мысты, магнийлі және алюминийлі қорытпаларды едәуір беріктендіреді. Жоғары коррозиялы беріктілікке ие жеңіл магний-иттрийлі қорытпадан (9% иттрий) ұшу аппараттарының әртүрлі бөлшектері мен түйіндерін дайындайды [3,4].

Елімізде иттрийдің шикізат қоры бар болуы және оны бөліп алу технологияларының жетілдіру жұмыстарының жүргізілуі Қазақстанның СЖМ-ды экспортқа шығарушы елдердің ішінде көшбасшы болуына мүмкіндік береді. Қазақстан үшін сирек металдардың кен орындарын игеру және олардың негізіндегі өндіріс – еліміздің индустриялық-инновациялық дамуының жаңа бағыты болып табылады, бұл республикада жоғары технологиялық өндірістерді құруға әкеледі және ол еліміздің әлемдегі СЖМ нарығында өз орнын табуға мүмкіндік береді.

Иттрий сирек жер металдарының қатарына жататындықтан, жер қыртысында жекелей емес, кен түрінде басқа да сирек жер металдарымен араласқан күйде кездеседі. Сондықтан, оны бөліп алудың барынша эффективті әдісін қолдану маңызды.

Сирек металдар - өндірісіндегі қазіргі жағдайдың ерекшелігі: нарықтық экономика жағдайларында тұтынушылардың сұраныстары уақыт бойынша да, өнім номенклатурасы бойынша да үнемі өзгеріп отыруда. Сонымен қатар, 3-4 сирек жер элементтерін алу үшін басқа да қалған элементтерді бір уақытта окшаулау арқылы барлық концентраттың толық бөлінуін жүргізуге тура келеді.

Өкінішке орай, табиғатта тек церий, тек лантан немесе тек иттрий бар кендер жоқ. Бұл СЖЭ-нің мәні болып табылады: табиғатта олар жеке емес, 17 элемент түрінде кездеседі [10].

Иттрийдің перспективалы шикізат көзі болып алюминий өндірісінің қызыл шламы, красноуфим монациті, апатит [5,7], пайдаланылған люминесцентті лампалар сияқты [8] т.б. өнеркәсіптік қалдықтар саналады.

СЖМ мен иттрий концентратының ұтымды технологиясын жасау үшін оны құрамында сапасы мен саны бойынша тұрақты емес бірнеше өнімі бар кешенді шикізат ретінде қарастыру керек [12].

Иттрийді ерітіндіден бөлу және концентрлеудің қазіргі таңда тұндыру, сорбциялық, экстракциялық, электрхимиялық және хроматографиялық әдіс-тәсілдері бар.

Иттрий және басқа да СЖМ-ды бөлудің заманауи сызбалары барынша эффективті әдістерді: сұйық экстракция, ион алмасу және ионды флотацияны қолдануға негізделген [1].

СЖМ-ның концентраттары немесе кальцирленген қалдықтар әдетте бейорганикалық қышқылдармен өңделеді, содан кейін сілтісіздендірілген ерітіндіден жеке сирек жер элементтері немесе осы металдардың қоспалары сұйық экстракция әдісімен бөлінеді. Экстракциялау үшін әртүрлі класты коммерциялық экстрагенттер пайдаланылады [10].

Сұйық экстракция кезінде ерітінді компонентті органикалық фазаға ион алмасу реакциялары (ион алмастырғыш экстрагенттер) немесе сольватация арқылы (нейтралды экстрагенттер, мысалы, ТБФ) бөлінеді. Флотация процесінде БАЗ бейорганикалық ионмен өзара әрекеттеседі және көбікпен бірге ерітіндіден жойылуы мүмкін. Гидрат түзілудің төменгі рН аймағында, металл катионы органикалық фазаға катионалмастырғыш реагенттермен ауысады [9].

СЖМ технологиясында әртүрлі экстракциялық жүйелер және барлық негізгі класстардағы (бейтарап экстрагенттер, органикалық қышқылдар және негіздер) экстрагенттер қолданылады [5]. Иттрийді экстракциялық бөлуде катионалмастырғыш экстрагенттерді қолдану тиімді [6].

Экстракция процесі таралу коэффициенті және бөліну дәрежесімен, сонымен қатар оңай автоматтандырылуымен ерекшеленеді. Әдістің жоғары сезімталдығы, концентрацияларының диапазонының кеңдігі, экспрестілігі сынды артықшылықтары объект құрамында өте аз концентрацияда кездесетін сирек және сирек жер металдарының концентрациясын бірнеше есе жоғарылатуға мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар экстракция процесінің жұмысшы температураның төмен болуы, сұйытылған ерітіндіден бағалы

құраушыны немесе қажетсіз қоспаны бөліп алу тиімділігі, қайнау температурасы жақын заттарды бөлу және ректификациялы біріктіру мүмкіндігі сияқты және т.б. артықшылықтары бар. Экстракциялау үшін алынған экстрагенттер таңдамалылық, жылдам қалпына келу, бастапқы еріткіштен тығыздығы немесе тұтқырлығы бойынша өзгешелік, төмен ұшқыштық, улы болмау және т.б. осындай ерекшеліктерге ие болуы керек.

Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты иттрийдің түрлі катионалмастырғыш экстрагенттермен экстракциясын қарастырып, олардың ішінде иттрийдің жақсы бөлінуін қамтамасыз ететін тиімді экстрагентпен оның экстракциялық заңдылықтарын зерттеу, тиімді жағдайды пайдаланып нақты объект құрамынан иттрийді бөліп алу.

**Тәжірибелік бөлім.** Экстракция процесі табиғаты әр түрлі органикалық экстрагенттермен жүргізілді, яғни құрамында (III) иттрий бар стандартты ерітіндінің нақты көлеміне белгілі көлемде экстрагент араластырылып, белгілі уақыт аралығында зерттеуге үлгі алынып отырды. Экстракция процесінен кейінгі металл концентрациясы спектрофотометриялық әдіспен анықталды.

Жұмыста иттрий оксидінің стандартты ерітіндісі пайдаланылды. Иттрийдің стандартты ерітіндісін [8] әдістемесі бойынша 110°C температурада кептіргіш шкафта тұрақты массаға дейін кептірілген иттрий оксидін хлорсутек қышқылы (1:1) ерітіндісінде 250-300°C температураға дейін қыздыру арқылы дайындадық.

Үш валентті иттрий өте әлсіз хромофорлы қасиеттерімен сипатталатындықтан, барлық сезімтал фотометриялық әдістер оны боялған органикалық реагенттермен анықтауға негізделген. Олардың ішінде құрамында азо- және арсенотоптары бар реагенттер маңызды болып келеді. Иттрий арсеназо I реагентімен анықталды.

Концентрациясы  $C=1,21185 \cdot 10^{-4}$  моль/л иттрийдің ерітіндісі фотометриялық әдіспен градуирлеу графигін тұрғызу үшін таңдалынып алынды.

Әдістеме сипаттамасы: иттрийдің стандартты ерітіндісінен 2 мл, 4 мл, 6 мл, 8 мл және 10 мл аликвот алып сыйымдылығы 50 мл-лік 5 өлшем колбасына құяды. Әрбір колбаға 3 мл арсеназо I ерітіндісін және 10 мл буфер құйып, белгіге дейін сумен жеткізеді. Нөлдік ерітіндісіне қарасты әрбір колбадағы ерітіндінің оптикалық тығыздығы өлшенеді. Нөлдік ерітіндіде реагенттерді қосу реті дәл жоғарыдағыдай сақталады, тек иттрийдің стандартты ерітіндісі болмайды. Ерітінділердің оптикалық тығыздығы толқын ұзындығы  $\lambda=590$  нм,  $l=1$  см тең болатындай КФК-2МП (фотоэлемент Ф-26 және фотодиод ФД-24К) фотоколориметр қондырғысында өлшеніп, алынған нәтижелер бойынша градуирлеу графигі тұрғызылады.

Иттрийді экстракциялық әдіспен бөліп алуда экстракциялаушы реагент ретінде түрлі жеңіл балқитын органикалық қосылыстар мен олардың қоспалары (Д2ЭГФК, ЖКК, Д2ЭГДТФК, НҚ, ПгҚ, ТБФ, ТЭФК) сыналды, еріткіш ретінде керосин мен ЖКК қолданылды.

Тәжірибе барысы: сыйымдылығы 50-100 мл 5 стаканға концентрациясы  $C=2,4237 \cdot 10^{-4}$  М болатын ерітіндіден 10 мл аликвот алып, әр стаканға 40 мл-ге дейін дистилденген су құйып, сәйкесінше рН келтіреді. рН келтіргеннен кейін сыйымдылығы 50 мл-лік өлшем колбаларына ауыстырып, белгіге дейін сумен жеткізіп, жақсылып араластырып концентрациясы  $C=1,21185 \cdot 10^{-4}$  М жұмысшы ерітіндісін дайындайды.

Ерітіндіні бөлгіш воронкаға ауыстырып, үстіне 5 мл экстрагент құйып, воронканың тығынын жауып, 3-5 мин вертикальды шайқайды. Содан кейін тығынын ашып 20-30 мин күтеді.

Экстракцияны қатты экстрагентпен жүргізгенде ерітіндіні экстракциялық колбаға ауыстырып үстіне  $\frac{V_{орг}}{V_{су}}=1:10$  қатынасы сақталатындай 5 г экстрагент қосылады. Ерітінді мен экстрагент қоспасы бар экстракциялық колбаны қыздыру пешінде экстрагент ерігенше қыздырып (ерітінді қайнап кетпеуі тиіс), 3 минуттай жақсылап араластырады, содан кейін қатты фаза ерітінді бетіне қатты таблетка түрінде қатқанша күтеді (30 минут).

Екі фаза толық бөлінгеннен кейін сулы фазаның тепе-теңдік рН өлшенеді. Ерітіндіден 10 мл аликвот алып, әдістеме бойынша бояп, фотометрде оптикалық тығыздығын өлшеп, әрі қарай экстракциялық шамаларға есептеулер жүргізіледі.

**Зерттеу нәтижелері және талқылау.** Иттрийді экстракциялық әдіспен бөліп алуда экстракциялаушы реагент ретінде түрлі жеңіл балқитын органикалық қосылыстар мен олардың қоспалары (Д2ЭГФҚ, ЖКҚ, Д2ЭГДТФҚ, НК, ПгҚ, ТБФ, ТЭФҚ) сыналды, еріткіш ретінде керосин мен ЖКҚ (жоғары карбон қышқылдары) қолданылды.

Металдардың сұйық экстракциясының кемшілігі – фазалардың қиын бөлінуінде, соған орай иттрийдің аталған экстрагенттермен жеңіл балқитын органикалық ертікіштер (ЖКҚ) қатысында экстракция процесі қарастырылды. Бұл жағдайда металды тек қана сулы фазада емес, органикалық фазада да рентгенфлуоресцентті әдіспен анықтауға болады, ол әдістің талабы – алынған органикалық фаза қатты және гомогенді болу керек. Сол себепті қаттылық үшін жүйеге парафин қосылды.

Алдымен жоғарыда аталған экстрагенттер көмегімен иттрийдің стандартты ерітіндісінің экстракциясы зерттелініп, иттрийдің тиімді бөлінуін қамтамасыз ететін экстрагент таңдалып алынды. Иттрийдің әртүрлі экстрагенттермен максималды бөліну дәрежесі 1 – кестеде көрсетілген.

1-кесте. Иттрийдің әр түрлі экстрагенттермен максималды бөліну жағдайы

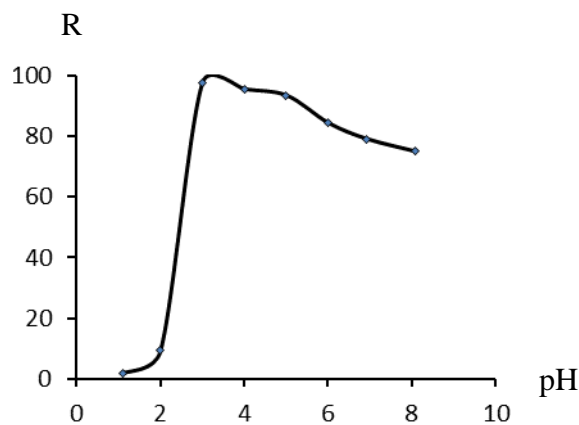
№	Экстрагент түрлері	Максималды бөліну дәрежесі, %
1	Нафтен қышқылдары	61,13
2	Пеларгон қышқылы	55,89
3	ЖКҚ	86,55
4	Д2ЭГДТФҚ	92,65
5	Д2ЭГФҚ	94,54
6	Триэтилэфир фосфор қышқылы	13,04
7	ТБФ	8,59
8	ЖКҚ+ Д2ЭГФҚ	97,45
9	Д2ЭГФҚ (10%) – ЖКҚ – парафин	90,46

Сонымен, зерттеу нәтижелері бойынша иттрийдің сандық толық бөлінуін қамтамасыз ететін тиімді экстрагент болып – Д2ЭГФҚ-ЖКҚ қоспасы таңдалынды, яғни оның қатысында иттрийдің максималды бөліну дәрежесі  $R=97,45\%$ -ды құрайды

Экстракция процесінің эффективті жүруіне бірнеше факторлар әсер етеді. Ондай факторларға процесс барысында қолданылатын экстрагенттің табиғаты, құрылым-құрамдық ерекшеліктері, металл концентрациясы, ерітіндінің қышқылдық ортасы, органикалық фаза экстрагент пен сулы фаза ерітіндінің қатынасы, жүйе температурасы және т.б. факторларды жатқызуға болады. Сондықтан, иттрийдің таңдалынып алынған тиімді экстрагентпен бөлінуіне бірнеше факторлардың әсеріне зерттеу жүргізілді.

*Иттрийдің экстракциясына орта қышқылдығының (рН) әсері*

Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен бөліну дәрежесінің ортаның қышқылдығына тәуелділік графигі 2-суретте келтірілген.



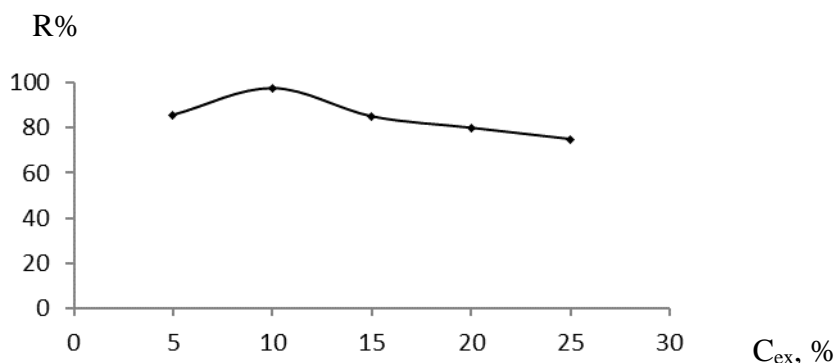
$V_{cy}:V_{opr} = 1:10$ ;  $C_{ex} = 10\%$ ;  $C_{Me} = 10^{-4} M$ ,  $t^{\circ}C=40-60$

**2-сурет.** Ортаның қышқылдығына (pH) байланысты иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстракциясы

2-суреттен иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен сандық толық бөлінуі ортаның қышқылдығы  $pH = 3,0$  болғанда максималды мәнге жететінін көреміз. Яғни, ортаның қышқылдығының бұл мәнінде экстрагенттің иттрийге селективтілігі артып, металдың сулы фазадан органикалық фазаға толық ауысуы жүзеге асырылады.

*Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен бөліну дәрежесіне экстрагент концентрациясының әсері*

Иттрийдің экстрагентпен сандық толық бөлінуіне экстрагент концентрациясы да әсер етеді. Д2ЭГФҚ-ның 5%, 10%, 15%, 20% және 25%-дық концентрациялары дайындалды. Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагентімен экстракциялануына экстрагент концентрациясының әсері 3 – суретте келтірілген.



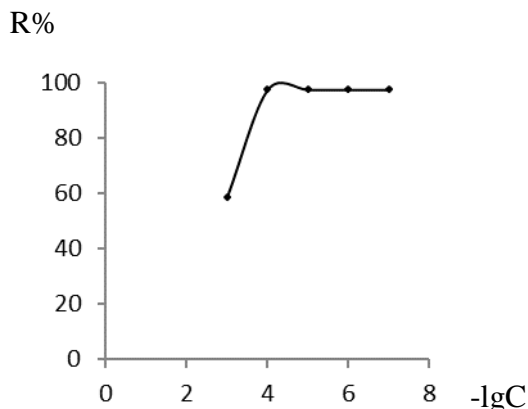
$V_{opr}:V_{cy} = 1:10$ ;  $pH = 3,0$

**3-сурет.** Бөліну дәрежесіне Д2ЭГФҚ ( $C_{ex}$ ) концентрациясы әсері

3-сурет бойынша иттрийдің толық бөліну дәрежесінің мәні экстрагенттің концентрациясы 10%-ға тең болғанда максималды болды.

*Иттрийдің экстракциясына металл концентрациясының әсері*

Экстракция процесіне металл концентрациясының әсері 4-суретте көрсетілген.



$V_{\text{орг}}:V_{\text{сy}} = 1:10$ ;  $\text{pH} = 3,0$ ;  $C_{\text{ex}} = 10\%$

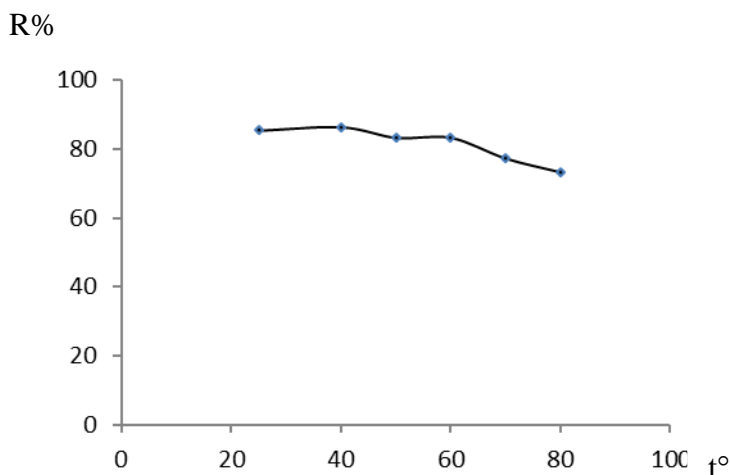
**4-сурет.** Экстракция процесіне металл концентрациясы әсері

4-сурет бойынша металл концентрациясы  $C_{\text{ме}}=10^{-4}$  М болғанда иттрийдің толық бөлінуі жүреді. Ары қарай ерітіндіні сұйылтсақ тәуелділік аз өзгереді, яғни сұйылтқан сайын металл концентрациясы экстракция процесіне әсер етпейді, оптималды концентрация –  $C_{\text{ме}}=10^{-4}$  М болып таңдалынды.

*Экстракция процесіне температура ( $t^{\circ}\text{C}$ ) әсері*

Экстракция процесіне бірден-бір әсер ететін фактор – ол температура. Экстрагент қатты фазада болғандықтан, экстракция процесін жүргізуде ерітінді мен экстрагент гомогенді фазада болуы қажет. Сондықтан, экстрагентті сұйық фазаға ауыстыру үшін температура мәнін жоғарылатамыз. Температура 25-пен 80 $^{\circ}\text{C}$  аралығында өзгерді.

Температураның әртүрлі мәндеріндегі иттрийдің бөлінуі 5 – суретте келтірілген.



$V_{\text{орг}}:V_{\text{сy}} = 1:10$ ;  $\text{pH} = 3,0$ ;  $C_{\text{ex}}=10\%$ ;  $C_{\text{ме}} = 10^{-4}\text{M}$

**5-сурет.** Бөліну процесіне температура әсері

5-суретте көрініп тұрғандай, иттрийдің экстракциясының сандық толық жүру температурасы 40-60 $^{\circ}\text{C}$  аралығы, бұл температурада экстрагент қатты фазадан сұйық фазаға ауысып, металл ерітіндісі – экстрагент жүйесі гомогенденеді.

Сонымен, иттрий стандартты ерітіндісінен иттрийді бөліп алуына әртүрлі факторлардың әсерін зерттей отырып ықтималды мәндер нәтижелері 2-кестеде топтастырылған.

2-кесте. Иттрийдің бөлінуіне ықтималды жағдайлар

Экстрагент түрі	Д2ЭГФҚ-ЖКҚ
Ортаның қышқылдығы рН	3,0
Фазалар қатынасы $V_{\text{орг}}: V_{\text{су}}$	1:10
Экстрагент концентрациясы $C_{\text{ex}}$	10%
Металл концентрациясы $C_{\text{ме}}$	$10^{-4}$ М
Температура $t^{\circ}\text{C}$	40-60
Бөліну дәрежесі	97,45%

Зерттеуде алынған нәтижелер бойынша кен құрамынан иттрийді тиімді бөліп алуға мүмкіндік болады.

Осы мақсатта таңдап алынған ықтималды параметрлерді пайдала отырып, зерттеу объектісі Ақтөбе облысында орналасқан Ақтөбе фосфоритті бассейнінің орталық бөлігіндегі үлкен аумақты қамтыған Шиелісай кенінен алынған үлгінің экстракциясы жүргізілді. Кен батпақ түсті, ұнтақ тәрізді. Суда ерігіштігі өте нашар. Кеннің сыртқы көрінісі 6 – суретте көрсетілген.



6-сурет. Шиелісай кені

Кеннің құрамындағы иттрийдің сандық мөлшерін анықтау үшін рентгенқұрылымдық талдау жүргізілді. Зерттеу объектісінің элементтік құрамы 3 – кестеде көрсетілген.

3-кесте. Шиелісай кенінің элементтік құрамы

Элемент	Концентрация, %
Fe	5,87
Mn	0,08
Ca	49,19
K	0,52
Sr	1,02
P	14,99
Y	0,12
Ti	0,04
Cr	0,00
Al	20,36
Si	7,81

Зерттеу нысанынан иттрийді бөліп алу үшін жоғарыдағы зерттеу нәтижелері бойынша иттрийдің бөлінуіне ықтималды жағдайларды қолдана отырып, экстракция процесі жүргізілді. Ары қарай иттрийдің анықталуына кедергі келтіретін иондар бүркемеленіп, экстракция процесі иттрийдің бөліну дәрежесі  $R=96,60\%$  нәтижесімен аяқталды.

Иттрийдің оңтайлы жағдайда толық бөлінуіне селективті экстрагент ретінде Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагент қоспасы анықталды және үлгіге сынауда жақсы нәтиже көрсетті.

**Қорытынды.** Зерттеу жұмысында иттрийдің әртүрлі органикалық экстрагенттермен экстракциясы жүргізілді. Зерттеу нәтижесі бойынша экстрагенттер ішінен Д2ЭГФҚ-ЖКҚ қоспасы ( $R=97,45\%$ ) тиімді экстрагент болып табылды.

1. Иттрийдің Д2ЭГФҚ-ЖКҚ қоспасымен экстракциясы процесіне әр түрлі сыртқы факторлардың әсері зерттелініп, иттрийдің тиімді бөлінуінің экстракциялық заңдылықтары орнатылды. Яғни, иттрийдің максималды бөліну дәрежесі ( $R=97,45\%$ ) ортаның қышқылдығы  $pH = 3$  және фазалар қатынасы  $V_{орг}:V_{су} = 1:10$ , экстрагент концентрациясы  $C_{ex} = 10\%$  және металл концентрациясы  $C_{Me} = 10^{-4}$  М жағдайында, температура  $t^{\circ}C=40-60$  аралығында болған кезде анықталды.

2. СЖМ қоспасынан, яғни Ақтөбе фосфоритті бассейніндегі үлкен аумақта таралған Шиелісай кені құрамынан иттрийді экстракциялық әдіспен бөліп алу процесі жүргізілді. Таңдалып алынған тиімді жағдайларды қадағалай отырып жүргізілген экстракция процесі нәтижесінде кен құрамынан иттрий  $96,60\%$  бөлінді.

3. Зерттеу нәтижелері бойынша сыналған Д2ЭГФҚ-ЖКҚ экстрагент қоспасы кендер құрамында ілеспе күйінде кездесетін иттрийді тиімді бөліп алуға мүмкіндігі бар.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Букин В.И., Зими́на Г.В., Николаева И.И., Таук М.В. Разделение редкоземельных металлов жидкостной экстракцией // Цветные металлы. – 2015. – Вып.2. – С. 64-69.
- [2] Xiaochen S., Kun Y., Yawen Zh. Advances and prospects of rare earth metal-organic frameworks in catalytic applications // Journal of Rare Earths. – 2020, 38(8). – P. 801-818.
- [3] Кондратьев В.Б. Глобальный рынок редкоземельных металлов // Горная промышленность. – 2017. – №4(134). – С. 48-54.
- [4] Reddy, D. V. K., Rao, T. S., Taherunnisa, S., Suchocki, A., Zhydachevskyy, Y., Piasecki, M., & Reddy, M. R. Tunable white light by varying excitations in yttrium alumino bismuth borosilicate glasses co-doped with  $Dy^{3+}$ - $Eu^{3+}$  for cool WLED applications // Journal of Non-Crystalline Solids. – 2019, 513. – P. 167-182.
- [5] Пягай И.Н., Медянкина И.С., Скачкова О.В., Пасечник Л.А., Скачков В.М., Сабирзянов Н.А., Яценко С.П. Экстракционное извлечение иттрия из кислых растворов // Химическая технология. – 2016. – Т.17. – Вып.9. – С. 403-407.
- [6] Deqian, L. I. Development course of separating rare earths with acid phosphorus extractants: A critical review // Journal of Rare Earths. – 2019, 37. – Issue 5. – P. 468-486.
- [7] Вальков А.В., Сергиевский В.В., Степанов С.И., Чекмарев А.М. Красноуфимский монацит как сырье для производства редкоземельных элементов и удобрений // Цветные металлы. – 2012. – Вып.3. – С. 21-23.
- [8] Innocenzi, V., De Michelis, I., Ferella, F., & Vegliò, F. Secondary yttrium from spent fluorescent lamps: Recovery by leaching and solvent extraction // International Journal of Mineral Processing. – 2017, 168, 87-94.
- [9] Чиркст Д.Э., Литвинова Т.Е., Лобачёва О.Л., Луцкий Д.С., Тойкка М.А. извлечение церия (III) и иттрия (III) из нитратных сред методами ионной флотации и жидкостной экстракции // Вестник СПбГУ. – 2010. – Вып.3. – С. 135-138.
- [10] Swain, N., & Mishra, S. A review on the recovery and separation of rare earths and transition metals from secondary resources // Journal of Cleaner Production. – 2019, 220. – P. 884-898.
- [11] Локшин Э.П., Калинин В.Т., Тареева О.А. Извлечение редкоземельных элементов из промпродуктов и техногенных отходов переработки хибинского апатитового концентрата // Цветные металлы. – 2012. – Вып.3. – С. 75-80.
- [12] Valentina I., Ida D.M., Bernd K., Francesco V. Yttrium recovery from primary and secondary sources: A review of main hydrometallurgical processes // Waste Management. – 2014, 34. – Issue 7. – P.1237-1250.



## REFERENCES

- [1] Bukin V. I. *et al.* (2015) *Non-ferrous metals*, 2, pp. 64–69.
- [2] Sun, X., Yuan, K. and Zhang, Y. (2020) ‘Advances and prospects of rare earth metal-organic frameworks in catalytic applications’, *Journal of Rare Earths*. Elsevier Ltd, 38(8), pp. 801–818. doi: 10.1016/j.jre.2020.01.012.
- [3] Kondratev V. B. (2017) ‘*Global Rare Earth Metals Market*’, 4(134), pp. 48–54.
- [4] Reddy, D. V. K. *et al.* (2019) ‘Tunable white light by varying excitations in yttrium alumino bismuth borosilicate glasses co-doped with Dy 3+ -Eu 3+ for cool WLED applications’, *Journal of Non-Crystalline Solids*. Elsevier, 513(January), pp. 167–182. doi: 10.1016/j.jnoncrysol.2019.03.011.
- [5] Pyagai I. N. *et al.* (2016) *Chemical Technology*, 17(9), pp. 403–407.
- [6] Li, D. (2019) ‘Development course of separating rare earths with acid phosphorus extractants: A critical review’, *Journal of Rare Earths*. Chinese Society of Rare Earths, 37(5), pp. 468–486. doi: 10.1016/j.jre.2018.07.016
- [7] Valkov A. V. *et al.* (2012) *Non-ferrous metals*, 3, pp. 21–23.
- [8] Innocenzi, V. *et al.* (2017) ‘Secondary yttrium from spent fluorescent lamps: Recovery by leaching and solvent extraction’, *International Journal of Mineral Processing*. Elsevier B.V, 168, pp. 87–94. doi: 10.1016/j.minpro.2017.09.017.
- [9] Chirkov D. E. *et al.* (2010) *Vestnik SPBU*, 3, pp. 135–138.
- [10] Swain, N. and Mishra, S. (2019) ‘A review on the recovery and separation of rare earths and transition metals from secondary resources’, *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 220, pp. 884–898. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.094.
- [11] Lokshin E. P. *et al.* (2012) *Non-ferrous metals*, 3, pp. 75–80.
- [12] Innocenzi, V. *et al.* (2014) ‘Yttrium recovery from primary and secondary sources: A review of main hydrometallurgical processes’, *Waste Management*. Elsevier Ltd, 34(7), pp. 1237–1250. doi: 10.1016/j.wasman.2014.02.010.

**A.T. Telman, A.G. Ismailova\*, N.A Adilhan**  
al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
\*e-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

## EXTRACTION OF YTTRIUM

**Abstract.** The demand for yttrium and other rare metals in many branches of technology, as well as in the chemical industry, is growing every year. The Republic of Kazakhstan possesses raw material sources of rare earths of the yttrium group. The improvement of technologies for the extraction and processing of rare earths is necessary to meet the needs of the industry for its own raw materials and, therefore, for the development of high-tech industries.

To extract yttrium, an extraction method was used in this work. Organic reagents and their mixtures with low-melting organic compounds were tested as extractants. According to the results of the study, a mixture of D2EHPA-HCA (di-(2-ethylhexyl) phosphoric acid and higher carboxylic acids) was chosen as an effective extractant providing the quantitative extraction of yttrium. The extraction patterns of yttrium extraction by this extractant were studied depending on various factors (pH,  $V_w:V_{org}$ ,  $C_{ex}$ ,  $C_{Me}$ ,  $t^\circ C$ ). The yttrium content after extraction was determined in the aqueous phase by the photometric method with the arsenazo I reagent. The content in the organic phase was determined by calculation.

In an acidic environment, the yttrium recovery rate was 97,45%. In this case, the optimal conditions for the extraction were as follows: pH = 3.0, the volumetric ratio of the aqueous and organic phases 1:10, the concentration of D2EHPA in the extractant 10%, the initial concentration of yttrium  $C_{Me} = 10^{-4}M$ , the temperature of the extraction 40–60°C. The results obtained show the efficiency of yttrium extraction from solutions obtained after dissolving yttrium-containing ores with the extractant D2EHPA-HCA.

**Keywords:** yttrium, rare earth metals, extraction, extractant, spectroscopic determination.

А.Т. Тельман, А.Г. Исмаилова\*, Н.А. Адилхан

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

\*e-mail: Akmaral.Ismailova@kaznu.kz

### ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИТТРИЯ

**Аннотация.** Потребность в иттрии и других редких металлах во многих отраслях техники, а также в химической промышленности растет с каждым годом. Республика Казахстан располагает сырьевыми источниками редких земель иттриевой группы. Совершенствование технологий извлечения и переработки редких земель необходимо для обеспечения потребности промышленности в собственном сырье и, следовательно, для развития отраслей высоких технологий.

Для извлечение иттрия в работе использовался экстракционный метод. В качестве экстрагентов были испытаны органические реагенты и их смеси с легкоплавкими органическими соединениями. По результатам исследования в качестве эффективного экстрагента, обеспечивающего количественное извлечение иттрия, была выбрана смесь Д2ЭГФК-ВКК(ди-(2-этилгексил) фосфорная кислота – высшие карбоновые кислоты). Изучены экстракционные закономерности извлечения иттрия этим экстрагентом в зависимости от различных факторов (рН,  $V_{\text{вода}}:V_{\text{орг}}$ ,  $C_{\text{ex}}$ ,  $C_{\text{Me}}$ ,  $t^{\circ}\text{C}$ ). Содержание иттрия после экстракции определяли в водной фазе фотометрическим методом с реагентом арсеназо I. Содержание в органической фазе определяли расчетным способом.

В кислой среде степень извлечения иттрия составила 97,45%. При этом оптимальные условия проведения экстракции были следующими: рН = 3,0, объемные соотношения водной и органической фазы 1:10, концентрации Д2ЭГФК в экстрагенте 10%, исходная концентрация иттрия  $C_{\text{Me}} = 10^{-4}$  М, температура проведения экстракции 40-60 $^{\circ}\text{C}$ . Полученные результаты показывают эффективность извлечение иттрия из растворов, полученных после растворения иттрийсодержащих руд экстрагентом Д2ЭГФК-ВКК.

**Ключевые слова:** итрий, редкоземельные металлы, экстракция, экстрагент, фотометрическое определение.