

FEATURES OF EXTRACTION OF LUTETIUM AND SCANDIUM IONS BY THE INTERPOLYMER SYSTEMS LEWATIT CNP LF-AB-17-8

T.K. Jumadilov¹, Kh. Khimersen^{1,2*}, J. Haponiuk³

¹A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

³Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland

*E-mail: huaana88@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Interpolymer systems based on ion exchange resins Lewatit CNP LF and AB-17-8 were used to separate metal ions from sample solutions containing lutetium and scandium. *The research aims* to achieve maximum absorption of lutetium and scandium ions by using the remote interaction effect of macromolecular polymers. *Methodology.* Jenway-6305 spectrophotometer (SK) was used to determine the residual concentration of metal ions in the solution. *The obtained results* show that individual polymers Lewatit (6:0) and AB-17-8 (0:6) do not have a higher absorption of lutetium ions (24.96% and 21.13%, respectively) rather than interpolymer systems. The maximum degree of extraction of lutetium ions is observed at a ratio of 4:2. The maximum values of the degree of absorption of scandium ions are observed at ratios of 5:1 and 1:5. As a result of the conducted studies, it was found that with an increase in the amount of one polymer in the interpolymer pair, the degree of binding of the second polymer to the metal ion increases. The Lewatit CNP LF cation exchanger has a binding degree of 2.99 mg/mol in a ratio of 6:0, and with an increase in the amount of anion exchanger AB-17-8 by 5 times, the binding degree of the cation exchanger in a ratio of 1:5 has increased to 13.84 mg/mol. The binding degree of AB-17-8 in the ratio of 0:6 increased from 2.03 mg/mol to 12.20 mg/mol with a ratio of interpolymer systems of 5:1. The degree of binding of the cation exchanger with the lutetium ion increased by 4.5 times, and the degree of binding of the anion exchanger increased by 6 times. *Conclusion.* The results obtained show the possibility of using interpolymer systems for the extraction of lutetium and scandium ions from industrial aqueous solutions.

Keywords: Lewatit CNPLF, AB-17-8, interpolymer system, absorption degree, desorption, lutetium ions, scandium ions

Jumadilov Talkybek Kozhatayevich Doctor of Chemical Sciences, Professor, e-mail: jumadilov@mail.ru

Khimersen Khuangul PhD student, e-mail: huaana88@mail.ru

Jozef Haponiuk Full professor, Gdansk University of Technology; e-mail: jozef.haponiuk@pg.edu.pl

Citation: Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Haponiuk J. Features of extraction of scandium and lutetium ions by the interpolymer systems Lewatit CNP LF-AB-17-8. *Chem. J. Kaz.*, 2023, 4(84), 74-84. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2023-4.2710-1185.41>

ЛЮТЕЦИЙ ЖӘНЕ СКАНДИЙ ИОНДАРЫНЫҢ ЛЕВАТИТ CNP LF-AB-17-8 ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ ЖҮЙЕСІМЕН СОРЫЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Т.К. Джумадилов¹, Х. Химэрсэн^{1,2*}, Ю. Хапонок³

¹«Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

³Гданьск технологиялық университеті, Гданьск, Польша

*E-mail: huana88@mail.ru

Түйіндеме. Кіріспе. Құрамында лютеций және скандий бар үлгі ерітінділерінен осы металдарды бөлу үшін ионалмастырғыш шайырлар Леватит CNP LF және АВ-17-8 негізінде құрылған интерполимерлі жүйелер қолданылды. Жұмыстың мақсаты лютеций және скандий иондарына қатысты Леватит және АВ-17-8 өндірістік ион алмастырғыш шайырларының сору қасиетін және десорбциясын зерттеу. Әдістері. Ерітіндідегі лютеций және скандий иондарының қалдық концентрациясын анықтау үшін тұздар ерітінділерінің оптикалық тығыздығы Jenway-6305 спектрофотометрінде (СК) анықталды. Алынған нәтижелер. Леватит (6:0) және АВ-17-8 (0:6) жеке полимерлердің лютеций иондарын сору дәрежесі (сәйкесінше 24.96% және 21.13%) интерполимерлі жүйелерге қарағанда төмен екені анықталды. Лютеций иондарының максималды сорылу мөлшері иониттердің 4:2 қатынасында тіркелді. Скандий иондары үшін 5:1 және 1:5 қатынастарында максимум сорбция мәндері тіркелді. Есептеу нәтижелерінде интерполимер жұбындағы бір полимердің мөлшері артқан сайын сәйкесінше екінші полимердің метал ионымен байланысу дәрежесі өсетіні анықталды. Катион алмастырғыш Леватит CNP LF 6:0 қатынасында байланысу дәрежесі 2.99 мг/моль болса, анион алмастырғыштың АВ-17-8 мөлшерін 5 есе арттырғанда катиониттің байланысу дәрежесі 1:5 қатынасында 13.84 мг/мольге дейін көтерілген. Анионит АВ-17-8 0:6 қатынасында байланысу дәрежесі 2.03 мг/мольден интерполимердің 5:1 қатынасында 12.20 мг/мольге дейін өскен. Катиониттің лютеций ионымен байланысу дәрежесі 4.5 есеге, ал анионитте 6 есеге дейін жоғарылаған. Қорытынды. Алынған нәтижелер өндірістік сулы ерітінділерден лютеций мен скандий иондарын қалпына келтіруде интерполимерлі жүйелерді қолдану мүмкіндігі бар екенін көрсетеді.

Түйін сөздер: Леватит CNP LF, АВ-17-8, интерполимерлі жүйелер, сору дәрежесі, десорбция, лютеций иондары, скандий иондары

<i>Джумадилов Талқыбек Қожатаевич</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Химэрсэн Хуангул</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Юзеф Хапонок</i>	<i>Профессор</i>

1. Кіріспе

Сирек жер элементтері периодтық жүйенің 17 элементінен тұрады, оның ішінде 15 лантаноидтер, иттрий және скандий кіреді [1,2]. Жел турбиналары, гибридті көліктер, компьютерлік жабдықтар, каталитикалық түрлендіргіштер, фотоэлектрлік жұқа пленкалар және энергияны үнемдейтін жарықтандыру сияқты жаңа технологиялардың дамуына байланысты сирек жер металдарының ғылым мен өндірісте алатын орны ерекше. Бұл элементтерді екі негізгі жолмен алуға болады, олардың ішінде ең маңыздысы тау-кен өндірісі болып табылады. СЖМ бүкіл әлем бойынша құрамында ілеспе металдар немесе бастапқы радиоактивті элементтер (Th, U) бар әртүрлі минералдардан алады [3,4,5]. Алдын ала механикалық өңдеуден кейін (минералдарды ұсақтау және ұнтақтау), ерітіндіден металл

иондарын алу үшін ұнтақтар концентрлі қышқылдарда (HCl, HNO₃ немесе H₂SO₄) ерітіледі [6].

Сирек жер иондарын сулы ерітінділерден әртүрлі сорбциялық материалдармен, оның ішінде модификацияланған қызыл саздармен, функционалды хитозанның магнитті нанобөлшектерімен, көміртекті адсорбенттермен, биосорбенттермен, гидрогелдермен және ионалмастырғыш шайырлармен бөлуге болады [7,8]. Ион алмасу кезінде ерітіндідегі металл ионы R³⁺ион алмастырғышта үш протонмен алмасады. Катионмен шайырдың байланысу күші ионның радиусына және оның зарядына байланысты. Скандийдің иондық радиусы (0.745 Å) лютецийге қарағанда (0.861 Å) әлдеқайда аз [9]. Ал лютеций лантаноидтардың қатарындағы иондық радиусы ең кіші элемент. Сондықтан скандий мен лютеций иондарының сору айырмашылықтары табылса басқа лантаноидтарды да скандийден бөлуге болады деп болжам жасауға болады. Осыған орай бұл зерттеу скандий және лютеций иондарының максималды сорылуына қол жеткізу үшін макромолекулалық полимерлердің қашықтан әрекеттесу әсерін қолдануға бағытталған.

Зерттеудің мақсаты лютеций және скандий иондарына қатысты Леватит және АВ-17-8 өндірістік ион алмастырғыш шайырларының сору қасиетін және десорбциясын зерттеу.

2. Эксперименттік бөлім

Зерттеуге келесі материалдар пайдаланылды: (1) Леватит CNP LF (H⁺ формасы) (LANXESS Deutschland GmbH, Кельн, Германия), әлсіз қышқылды макрокеуекті катионалмастырғыш (түйіршіктер өлшемі 0.3–1.6 мм болатын полиакрилат) және (2) АВ-17-8 (ОН⁻ формасы) (Азот, Черкассы, Украина), күшті негіздік анионалмастырғыш (стирол және дивинилбензол сополимері, түйіршіктер өлшемі 0.3–1.2 мм).

Келесі реагенттер пайдаланылды: ерітіндідегі лютеций иондарының көзі ретінде лютеций (III) нитраты пентагидраты (Sigma-Oldrich, Дармштадт, Германия); ерітіндідегі скандий иондарының көзі ретінде скандий (III) сульфаты (Sigma-Oldrich, Дармштадт, Германия); металға индикатор реагент арсеназо III (Sigma-Oldrich, Германия) және стандартты ерітіндіні дайындауға арналған перхлор қышқылы (HClO₄) (Sigma-Oldrich, Дармштадт, Германия), десорбция процесі үшін HNO₃ (Sigma-Oldrich, Германия).

Келесі құрал-жабдықтар пайдаланылды: Ерітіндідегі лютеций және скандий иондарының қалдық концентрациясын анықтау үшін тұздар ерітінділерінің оптикалық тығыздығы Jenway-6305 спектрофотометрінде (СК) анықталды.

Интерполимерлік жүйелердің сорбциялық қасиеттерін зерттеу:

1) Өндірістік ион алмастырғыш шайырлар (Леватит CNP LF, АВ-17-8) негізінде молдік қатынастары әртүрлі интерполимерлі жүйелер құрылды: Леватит CNP LF-АВ-17-8;

2) Құрғақ түрдегі әрбір полимерлі макромолекулалардың есептелген мөлшері арнайы полипропиленді сүзгіге салынды;

3) Осы интерполимерлі жүйелермен лютеций және скандий иондарын сору 48 сағат бойы жүргізілді, скандий иондарының концентрациясын анықтау үшін аликвоттар алынды.

Сорбция параметрлерін есептеу. Лютеций және скандий тұздарының ерітіндісі ($C = 100$ мг/л) ионсызданған сумен дайындалды ($\chi = 10$ мк³/см; рН = 6,55). Метал иондарының сорылу дәрежесі мына теңдеуге сәйкес есептелді:

$$\eta = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100\%,$$

мұндағы C_0 – ерітіндідегі метал иондарының бастапқы концентрациясы, мг/л; C_e – метал иондарының ерітіндідегі қалдық концентрациясы, мг/л.

Полимер тізбегінің түйінаралық буындарының метал иондарымен байланысу дәрежесі келесі формула бойынша есептелді:

$$\theta = \frac{v_{\text{сорб}}}{v} * 100\%,$$

мұндағы $v_{\text{сорб}}$ – сорылған лютеций және скандий иондарының мөлшері, моль; v – полимер массасының мөлшері (егер ерітіндіде 2 полимер болған жағдайда, онда олардың әрқайсысының мөлшерінің қосындысы ретінде қарастырылады), моль.

Интерполимерлі жүйелердің десорбциясын зерттеу:

Метал иондарына қаныққан ионалмастырғыш шайырлардың десорбциясы 2% азот қышқылымен жүргізілді.

3. Нәтижелер және оларды талқылау

Лютеций және скандий иондарының сорбциясы

Леватит CNP LF-AB-17-8 интерполимер жүйесінің лютеций және скандий иондарын сору дәрежесінің уақыт бойынша полимерлердің молярлық қатынасына тәуелділігі 1 және 2-кестеде көрсетілген. Лютеций иондарының максималды мөлшері иониттердің 4:2 қатынасында сорылады. Әрекеттесудің алғашқы уақытында сорбция аса қарқынды емес. 6 сағат өткеннен кейін сору дәрежесі интерполимер жұптарында күрт өскен. Интерполимердің 4:2 қатынасында сору дәрежесі 6 сағат әрекеттесуден кейін 12.69% болса, ал жеке ион алмастырғыштарда өзгеріс болмаған, параметр мәндері 0.92% (катионит үшін) және 1.69% (анионит үшін) тең. Максималды сору дәрежесі барлық уақытта 4:2 қатынасында сақталған. Бұл қатынаста 48 сағатта сору дәрежесі 42.1% құрайды. Алынған нәтижелер леватит (6:0) және AB-17-8 (0:6) жеке полимерлердің лютеций иондарын сору дәрежесі (сәйкесінше 24.96% және 21.13%) интерполимерлі жүйелерге қарағанда жоғары емес екенін көрсетеді. 2-кестеге келер болсақ, бұл жерде

сорбция процесі лютециймен салыстырғанда өзгеше. Өрекеттесудің алғашқы уақытынан бастап параметр мәні күрт өскен, бірақ одан кейінгі уақыттарда өсу аса қарқынды емес. Интерполимер жүйенің 5:1 қатынасында скандий иондарын сору дәрежесі жеке полимерлермен салыстырғанда жоғары мәнге ие. Леватит CNP (6:0) және АВ-17-8 (0:6) полимерлерінің сору дәрежесі 38.41% және 38.16%. Леватит CNP-АВ-17-8 4:2 және 2:4 қатынастарының сору дәрежесі аса жоғары емес. Бұл жоғарыда аталған интерполимер жұптарында олардың қашықтан әрекеттесуі кезінде иондану дәрежесінің жеткіліксіздігін көрсетеді. Сору дәрежесінің ең жоғары мәндері 48 сағат әрекеттесу кезінде 5:1 және 3:3 қатынастарында байқалады. Полимерлердің 5:1 қатынасында сору дәрежесі 38.89 %, 3:3 қатынасында 38.41% құрайды.

Кесте 1 – Леватит CNP LF-АВ-17-8 интерполимер жүйесінің лютеций иондарына қатысты сору дәрежесі

$\eta (\text{Lu}^{3+}), \%$							
Леватит CNP LF-АВ-17-8, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
1	0.92	4.5	1.64	0.66	1.64	0.66	0.15
6	0.92	1.69	12.69	5.01	9.87	6.55	1.69
24	17.29	22.4	28.03	21.13	18.06	17.03	9.1
48	24.96	32.38	42.1	34.42	34.42	32.89	21.13

Кесте 2 – Леватит CNP LF-АВ-17-8 интерполимер жүйесінің скандий иондарына қатысты сору дәрежесі

$\eta (\text{Sc}^{3+}), \%$							
Леватит CNP LF-АВ-17-8, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
1	18.84	21.5	20.29	21.26	20.77	20.53	18.6
6	19.32	20.77	23.19	23.67	22.46	24.64	19.32
24	27.29	28.26	27.78	28.02	29.71	31.16	29.47
48	38.41	38.89	35.51	38.41	36.71	37.68	38.16

3-кестеде уақыт бойынша полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің полимерлердің молярлық қатынасына тәуелділігі (лютеций иондарына қатысты) көрсетілген. Кестеден көрініп тұрғандай, ерітіндіде екі полимер болған кезде полимер тізбегінің байланысу дәрежесі тек полиқышқыл немесе полинегіз (қатынасы 6:0 және 0:6) болған жағдайға қарағанда жоғары болады. Леватит CNP LF-АВ-17-8 интерполимер жүйесінің 5:1 қатынасында лютеций иондарының сорылуы онша қарқынды емес; байланысу дәрежесі 2.95% құрайды. Ал 4:2, 3:3 және 1:5 қатынастарында Lu^{3+} иондарының байланысу дәрежесі жоғарырақ. Полимер тізбегінің максималды байланысу дәрежесі Леватит CNP LF-АВ-17-8 интерполимер жүйесінің 4:2 қатынасында 3.91% құрайды.

Кесте 3 – Полимерлік тізбектің лютеций иондарымен байланысу дәрежесі

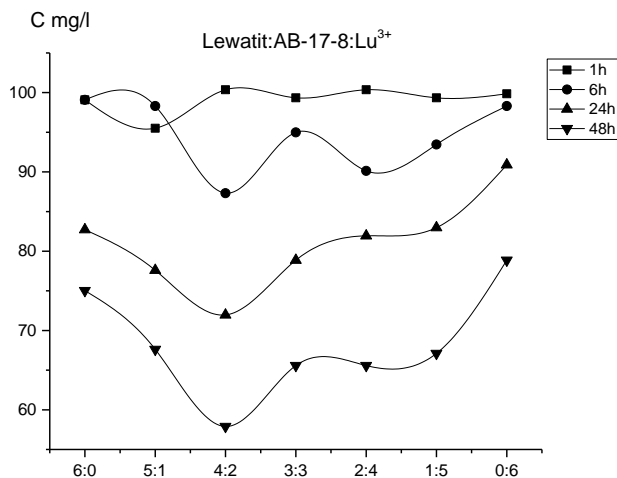
$\theta (\text{Lu}^{3+}), \%$							
Леватит CNP LF-AB-17-8, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
1	0.08	0.41	0.15	0.06	0.16	0.06	0.01
6	0.08	0.54	1.18	0.47	0.95	0.64	0.17
24	1.54	2.04	2.60	2.00	1.74	1.68	0.91
48	2.23	2.95	3.91	3.26	3.32	3.24	2.12

4-кестеде Леватит CNP LF-AB-17-8 интерполимер жүйесінің полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің (скандий иондарына қатысты) кинетикасы көрсетілген. Интерполимер жүйесіндегі полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің максималды мәндері 48 сағаттан кейін Леватит CNP LF-AB-17-8 5:1, 3:3, 1:5 және 0:6 қатынастарында 6.90%, 7.08%, 7.23% және 7.47% құрады.

Кесте 4 – Полимерлік тізбектің скандий иондарымен байланысу дәрежесі

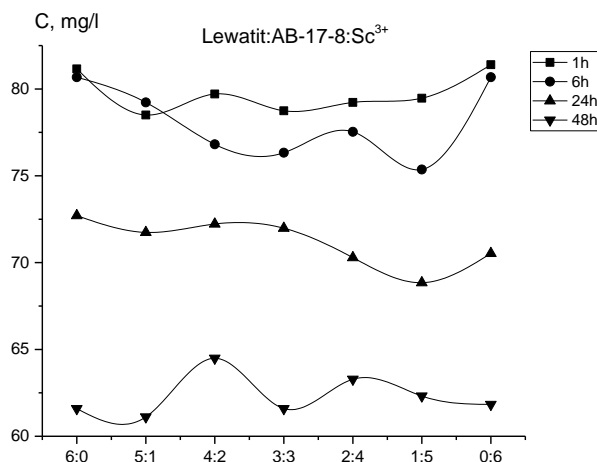
$\theta (\text{Sc}^{3+}), \%$							
Леватит CNP LF-AB-17-8, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
1	3.28	3.81	3.67	3.92	3.90	3.94	3.64
6	3.37	3.68	4.19	4.36	4.22	4.73	3.78
24	4.76	5.01	5.03	5.16	5.58	5.98	5.77
48	6.69	6.90	6.43	7.08	6.90	7.23	7.47

Жеке Леватит CNP LF және AB-17-8 ионалмастырғыш шайырларымен интерполимер жүйелерінің сорбциясы кезінде лютеций иондарының концентрацияларының төмендеуі 1-суретте көрсетілген. Лютеций иондарының концентрациясы сорылу процесінің 6-сағаты өткеннен кейін айтарлықтай төмендегені байқалады. Сорбцияның максималды мәндері әрекеттесудің барлық уақытында 4:2 қатынасына тән. Ал интерполимерлі жүйелердің 5:1, 3:3, 2:4 және 1:5 қатынастары үшін сору процесі бір деңгейде жүргенін көруге болады. Леватит CNP (6:0) және AB-17-8 (0:6) жеке полимерлерінің сору мәндері интерполимерлі жұптармен салыстырғанда минималды мәнге ие. Алынған нәтижелер қышқылдық және негіздік полимерлердің өзара активтенуі интерполимер жүйесіндегі ионалмастырғыш шайырлардың сору қасиеттерінің айтарлықтай артуына әкелетінін көрсетеді.



Сурет 1 - CNP LF - AB-17-8 интерполимер жүйесінің сорбциясынан кейін ерітіндідегі Lu³⁺ иондарының қалдық концентрациясының молярлық қатынас пен уақытқа байланысты өзгеруі

2-суретте көрініп тұрғандай, бастапқыда негіздік полимердің мөлшері өскен сайын ерітіндідегі скандийдің концентрациясы баяу төмендеген. Бұл құбылыс әрекеттесудің 24 сағатында да сақталған. Ал 48 сағат өткеннен кейін жүйеде өзгерістер пайда болғанын көруге болады. Интерполимердің CNP LF - AB-17-8 5:1 және 3:3 қатынастарында минимум нүктелер пайда болған. Бұл сорбциядан кейінгі ерітіндіде қалған скандийдің ең аз мөлшері тіркелген аумақтар.



Сурет 2 - CNP LF - AB-17-8 интерполимер жүйесінің сорбциясынан кейін ерітіндідегі Sc³⁺ иондарының қалдық концентрациясының молярлық қатынас пен уақытқа байланысты өзгеруі

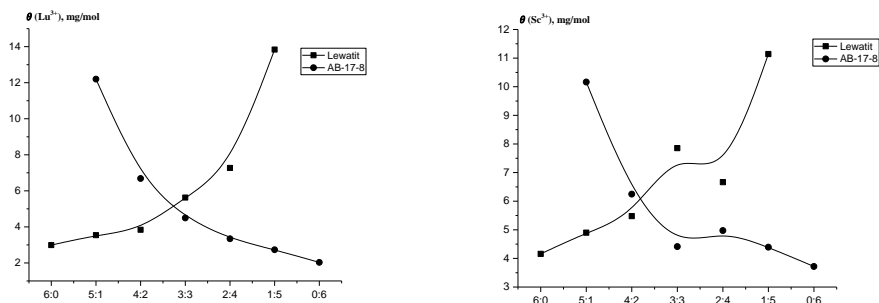
Лютеций және скандий иондарының десорбциясы

Сирек жер металдарына қаныққан ионалмастырғыш шайырлардың десорбциясы үшін бөлме температурасында 2% HNO₃ пайдаланылды. Әрбір молярлық қатынас бойынша алынған интерполимерлер жұбын жеке-жеке бөліп қышқыл ерітіндісінде 48 сағатқа қалдырдық. 5-кестеде 48 сағаттан кейін 1 моль ионалмастырғыш шайырға байланысқан метал иондарына жүргізілген есептеу нәтижелері келтірілген. Есептеу нәтижелерінде интерполимер жұбындағы бір полимердің мөлшері артқан сайын сәйкесінше екінші полимердің метал ионымен байланысу дәрежесі өсетіні анықталды. Катионалмастырғыш Леватит CNP LF 6:0 қатынасында байланысу дәрежесі 2.99 мг/моль болса, анион алмастырғыштың АВ-17-8 мөлшерін 5 есе арттырғанда катиониттің байланысу дәрежесі 1:5 қатынасында 13.84 мг/мольге дейін көтерілген. Бұл заңдылық анионалмастырғыш үшін сақталған. Анионит АВ-17-8 0:6 қатынасында байланысу дәрежесі 2.03 мг/мольден интерполимердің 5:1 қатынасында 12.20 мг/мольге дейін өскен. Катиониттің лютеций ионымен байланысу дәрежесі 4.5 есеге, ал анионитте 6 есеге дейін жоғарылаған. Скандиймен байланысу дәрежесі лютеций мен салыстырғанда сәл төменірек. Бұл жерде Леватит CNP LF 4.16 мг/мольден 11.14 мг/мольге, яғни 2.5 есе, ал АВ-17-8 3.72 мг/мольден 10.16 мг/мольге, яғни 2.7 есеге көтерілген. Екі металда да максималды байланысу полимер жұбындағы 1 моль Леватит CNP LF (1:5 қатынасындағы интерполимер жұбында) және 1 моль АВ-17-8 ге (5:1 қатынасындағы интерполимер жұбында) сәйкес келген (сурет 3). Ал ең төменгі байланысу дәрежесі 6:0 және 0:6 қатынастарындағы жеке полимерлерге тән.

Кесте 5. Лютеций және скандий иондарының 1 моль полимермен байланысу дәрежесі

θ (Lu ³⁺), мг/моль							
Леватит CNP LF-АВ-17-8, моль:моль							
	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
Леватит	2.99	3.54	3.84	5.63	7.27	13.84	-
АВ-17-8	-	12.20	6.68	4.49	3.34	2.73	2.03

θ (Sc ³⁺), мг/моль							
Леватит CNP LF-АВ-17-8, моль:моль							
	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
Леватит	4.16	4.90	5.48	7.85	6.66	11.14	-
АВ-17-8	-	10.16	6.25	4.41	4.97	4.39	3.72



Сурет 3 - Лютеций және скандий иондарының 1 моль полимермен байланысу дәрежесі

4. Қорытынды

Зерттеу нәтижесінде лютеций иондары үшін интерполимер жүйелердің 4:2 қатынасында, ал скандий иондары үшін 5:1 және 1:5 қатынастарында максимум сору мәндері тіркелді. Лютеций және скандий иондарының шайырмен адсорбциялану кинетикасы баяу болғандықтан бұл зерттеуде қолайлы уақыт ретінде 48 сағат байланыс уақыты таңдалды. Полимерге сорылған метал иондары 2% HNO₃ элюентімен толығымен десорбцияланды. Лютеций және скандий иондарының 1 моль полимермен максималды байланысу мәні леватит CNP LF - AB-17-8 5:1 және 1:5 қатынастарында тіркелді. Есептеу нәтижелерінде интерполимер жұбындағы бір полимердің мөлшері артқан сайын сәйкесінше екінші полимердің метал ионымен байланысу дәрежесі өсетіні анықталды. Катионалмастырғыш Леватит CNP LF 6:0 қатынасында байланысу дәрежесі 2.99 мг/моль болса, анион алмастырғыштың AB-17-8 мөлшерін 5 есе арттырғанда катиониттің байланысу дәрежесі 1:5 қатынасында 13.84 мг/мольге дейін көтерілген. Анионит AB-17-8 0:6 қатынасында байланысу дәрежесі 2.03 мг/мольден интерполимердің 5:1 қатынасында 12.20 мг/мольге дейін өскен. Катиониттің лютеций ионымен байланысу дәрежесі 4.5 есеге, ал анионитте 6 есеге дейін жоғарылаған. Бұл нәтижелер келешекте технологиялық ерітінділерден скандийден лютецийді бөліп алу үшін осы интерполимер жұптарын пайдалану мүмкіндігін көрсетеді.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыру бойынша No.AP14870002 жобасымен қаржыландырылды.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар бұл мақалада өзара мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ЛЮТЕЦИЯ И СКАНДИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ ЛЕВАТИТ CNP LF - АВ-17-8

Т.К. Джумадилов¹, Х. Химэрсэн^{1,2*}, Ю. Хапонюк³

¹АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

³Гданьский технологический университет, Гданск, Польша

*E-mail: huana88@mail.ru

Резюме. Введение. Для разделения ионов металлов из растворов проб, содержащих лютеций и скандий, были использованы интерполимерные системы на основе ионообменных смол Леватит CNP LF и АВ-17-8. Цель исследования – изучение сорбционных и десорбционных свойств промышленных ионообменных смол Леватит и АВ-17-8 по отношению к ионам лютеция и скандия. Методология. Для определения остаточной концентрации ионов лютеция и скандия в растворе определяли оптическую плотность растворов солей на спектрофотометре Jenway-6305 (СК). Полученные результаты. Было установлено, что индивидуальные полимеры Леватит (6:0) и АВ-17-8 (0:6) имеют более низкую степень сорбции ионов лютеция (24.96% и 21.13% соответственно), чем интерполимерные системы. Максимальная степень сорбции ионов лютеция наблюдается при соотношении 4:2. Максимальные значения степени сорбции ионов скандия наблюдаются при соотношениях 5:1 и 1:5. В результате расчетов установлено, что с увеличением количества одного полимера в интерполимерной паре увеличивается степень связывания второго полимера с ионом металла. Если катионит Леватит CNP LF имеет степень связывания 2.99 мг/моль при соотношении 6:0, то при увеличении количества анионита АВ-17-8 в 5 раз степень связывания катионита увеличилась до 13.84 мг /моль при соотношении 1:5. Степень связывания исходного анионита АВ-17-8 увеличилась с 2.03 мг/моль до 12.20 мг/моль при соотношении интерполимера 5:1. Степень связывания ионов лютеция катионитом увеличилась в 4.5 раза, а анионитом в 6 раз. Вывод. Полученные результаты показывают возможность использования интерполимерных систем для извлечения ионов лютеция и скандия из промышленных водных растворов.

Ключевые слова: Леватит CNPLF, АВ-17-8, интерполимерная система, степень сорбции, десорбция, ионы лютеция, ионы скандия

Джумадилов Талкыбек Кожатаевич Доктор химических наук, профессор

Химэрсэн Хуангул Ph.D докторант

Юзеф Хапонюк Профессор

Әдебиеттер тізімі

1. De Boer M.A., Lammertsma K. Scarcity of rare earth elements. *ChemSusChem*, **2013**, No. 6 (11), 2045–2055. DOI: <https://doi.org/10.1002/cssc.201200794>
2. Binnemans K., Jones P. T., Blanpain B., Van Gerven T., Yang Y., Walton A., Buchert M. Recycling of rare earths: a critical review. *Journal of Cleaner Production*, **2013**, No.51, 1–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.037>
3. Oelkers E. H., Poitras F. An experimental study of the dissolution stoichiometry and rates of a natural monazite as a function of temperature from 50 to 230 °C and pH from 1.5 to 10. *Chemical Geology*, **2002**, No.191 (1-3), 73–87. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0009-2541\(02\)00149-3](https://doi.org/10.1016/s0009-2541(02)00149-3)
4. Sinclair L.K., Baek D.L., Thompson J., Tester J.W., Fox R.V. Rare earth element extraction from pretreated bastnäsite in supercritical carbon dioxide. *The Journal of Supercritical Fluids*, **2017**, No. 124, 20–29. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.01.005>
5. Andersen A. K., Clark J. G., Larson P. B., Donovan J. J. REE fractionation, mineral speciation, and supergene enrichment of the Bear Lodge carbonatites. *Ore Geology Reviews*, **2017**, No. 89, 780–807. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2017.06.025>

6. Xie F., Zhang T. A., Dreisinger D., Doyle F. A critical review on solvent extraction of rare earths from aqueous solutions. *Minerals Engineering*, **2014**, No. 6, 10–28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2013.10.021>

7. Khalil M., Dakroury G. A., Borai E.H. Efficient sorption and group separation of rare earth elements using modified CuO nanocomposite. *J.Surfaces and Interfaces*, **2022**, No.33, DOI:10.1016/j.surfin.2022.102233

8. Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Totkhuskyzy B., Haponiuk J. Adsorption methods for the extraction and separation of rare earth elements. Review. *Complex Use of Mineral Resources*, **2021**, No.3 (318), 12-23. (In Kazakh). DOI: <https://doi.org/10.31643/2021/6445.24>

9. Kumari A., Panda R., Jha M.K., Kumar J.R., Lee J.Y. Process development to recover rare earth metals from monazite mineral: a review. *Minerals Engineering*, **2015**, No.79,102–115.