

УДК54.057:543.051

Т. К. ДЖУМАДИЛОВ^{1}, Б. ТОТХУСҚЫЗЫ²,
Л. К. БЫҚАҚ², Ю. В. ГРАЖУЛЯВИЧЮС³*

¹ АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, Алматы, Республика Казахстан;

² Казахский национальный женский педагогический университет,
Алматы, Республика Казахстан;

³ Каунас технологический университет, Каунас, Литва.

*E- mail: jumadilov@mail.ru

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ИТРИЯ ИНТЕРПОЛИМЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ НА ОСНОВЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИОНИТОВ

Аннотация. Изучено извлечение ионов иттрия интерполимерными системами на основе промышленных ионитов: катионит КУ 2-8 и анионит АВ-17. Были изучены зависимости содержания иттрия в водной среде после сорбции интерполимерной системой КУ2-8:АВ-17-8 в зависимости от времени, степень связывания полимерной цепи (по отношению к ионам иттрия) исходными ионитами и интерполимерными системами КУ2-8:АВ-17-8. Установлено максимальное содержание ионов иттрия в водной среде. При соотношениях 3:3 и 4:2 после сорбции наблюдается длительное дистанционное взаимодействие 88 ч. При этом содержание иттрия в водной среде после сорбции составляет 60 и 56,4 мол.%, соответственно. Высокие значения степени связывания полимерной цепи по отношению к иттрия наблюдаются при соотношениях КУ2-8:АВ-17-8=3:3.

Ключевые слова: промышленные ионообменники, интерполимерная система, сорбция, КУ2-8, АВ-17-8, иттрий.

Введение. В настоящее время сорбционные процессы широко используются в различных отраслях промышленности для извлечения ценных компонентов из растворов сложного состава, а также для извлечения редкоземельных элементов. С этой целью используется широкий круг сорбционных материалов: органические иониты, а также неорганические сорбенты как природного, так и искусственного происхождения. Органические ионообменные смолы по типу ионообменных групп разделяются на катиониты, аниониты и селективные (хелатные) иониты.

В настоящее время сорбция является наиболее распространенной гидрометаллургической технологией для промышленного выделения элементов с близкими химическими свойствами [1-6], что в полной мере относится к редкоземельным элементам (РЗЭ). Однако сорбционные технологии обладают некоторыми ограничениями. Как известно, в настоящее время в мире разработаны многочисленные ионообменные смолы, которые проявляют

селективность к одному конкретному иону. Промышленные же растворы содержат комплекс полезных компонентов. И разработанные ионообменные смолы не дают возможности извлечь одновременно несколько полезных компонентов.

Поэтому, на сегодняшний день особую актуальность представляют исследования, направленные на разработку таких сорбентов, которые давали бы возможность селективно извлекать сразу несколько ценных компонентов из технологических растворов.

В связи с этим целью настоящей работы является изучение влияния исходных соотношений промышленных ионообменников и времени дистанционного взаимодействия (активации) в интерполимерных системах на глубину сорбции ионов иттрия при их взаимодействии с интерполимерными системами.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Оборудование. Массу сорбентов определяли взвешиванием на электронных аналитических весах SHIMADZU AY220 (Япония). Определение оптической плотности растворов нитрата иттрия для последующего расчета концентрации ионов церия и иттрия проводили на спектрофотометре PerkinElmer Lambda 35 (США).

Материалы. Исследования проводились в растворах 6-водного нитрата иттрия (концентрация по $Y^{3+}=100$ мг/л). Были использованы промышленные ионообменники: сильнокислотный катионит КУ2-8 – сульфированный сополимер стирола с 8% дивинилбензола (согласно ГОСТ 20298-74) и сильноосновный анионит АВ-17-8 на основе сополимера стирола и дивинилбензола с бензилтриметиламмониевыми функциональными группами (согласно ГОСТ 20301-74).

Для исследовательской задачи из промышленных ионообменников составляли интерполимерную систему КУ2-8: АВ-17-8.

Эксперимент. Эксперименты проводились при комнатной температуре. Ионообменные смолы КУ2-8 и АВ-17-8 для изучения сорбции ионов иттрия были использованы в набухшем состоянии. Исследования интерполимерной системы выполняли в таком порядке: каждая ионообменная смола в сухом виде помещалась в отдельные полипропиленовые сетки. Для изучения сорбции ионов иттрия ионообменные смолы КУ2-8 и АВ-17-8 были предварительно оставлены в дистиллированной воде для набухания (КУ 2-8 на 16 ч, АВ-17-8 на 4,5 ч. Затем полипропиленовые сетки с ионообменными смолами КУ2-8 и АВ-17-8 помещали в стаканы с растворами нитрата иттрия.

Изучение сорбционных свойств индивидуальных ионитов и интерполимерных систем проводилось следующим образом:

1) Расчетное количество каждой ионообменной смолы (КУ2-8, АВ-17-8) в сухом виде помещалось в полипропиленовые сетки. Из ионообменных смол КУ2-8 и АВ-17-8 составлена интерполимерная система: КУ2-8: АВ-17-8;

2) Сорбция ионов иттрия индивидуальными ионообменными смолами КУ2-8, АВ-17-8 проводили – в течение 88 ч отбирались аликвоты для последующего определения концентрации ионов иттрия [7-11].

Методика определения ионов иттрия. Методика определения ионов иттрия в растворе основана на образовании окрашенного комплексного соединения органического аналитического реагента арсеназо III с ионами редкоземельных металлов (РЗМ). Степень извлечения (сорбции) была рассчитана по формуле:

$$\eta = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{ост}}}{C_{\text{нач}}} \times 100\% ,$$

где $C_{\text{нач}}$ – начальная концентрация металла в растворе, г/л; $C_{\text{ост}}$ – остаточная концентрация металла в растворе, г/л.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На сегодняшний день рынок ионообменных смол достаточно большой и разнообразный, и несмотря на то, что сульфокатионит является широко распространённым и относительно дешевым сорбентом, изучение сорбционного извлечения РЗМ другими ионообменными смолами представляет интерес с точки зрения выявления селективных сорбентов.

Преыдущие исследования показали [12-14], что практически все интергелевые системы на основе кислотных (полиакриловая и полиметакриловая кислоты и др.) и основных (поли-4-винилпиридин и поли-2-метил-5-винилпиридин и др.) редкосшитых полимерных гидрогелей проявляют более высокую активность, чем их исходные составляющие и приводит к существенному изменению электрохимических, конформационных и объемно-гравиметрических свойств исходных полимеров.

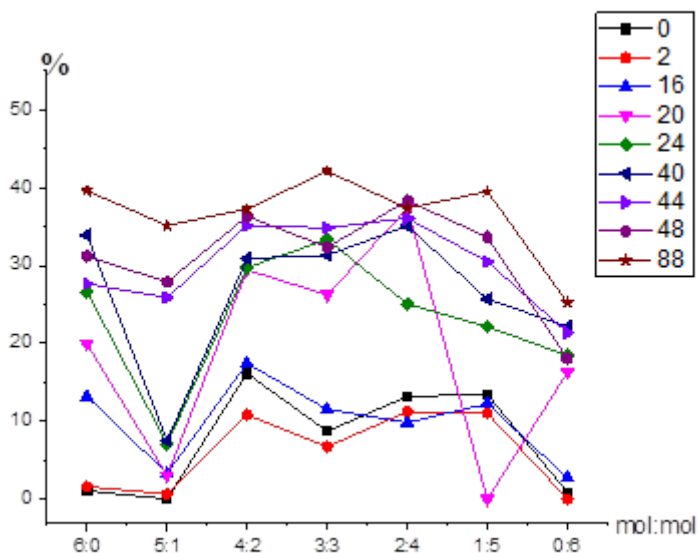
Таблица представляет содержания иттрия в водной среде после сорбции интерполимерной системой КУ2-8:АВ-17-8 в зависимости от времени. Как видно из таблицы, максимальное содержание ионов иттрия в водной среде после сорбции наблюдается при соотношениях 3:3 и 4:2 и длительности дистанционного взаимодействия 88 ч. При этом содержание иттрия в водной среде после сорбции составляет 60 и 56,4 мол.%, соответственно. Данные по остаточной концентрации ионов иттрия по степени сорбции индивидуальными гидрогелями КУ 2-8 и АВ-17, которые имеют значения 58,6 и 37,5 мол.%, соответственно.

На рисунке представлены графики степени связывания полимерной цепи по отношению к ионам иттрия исходными интерполимерными системами КУ2-8:АВ-17-8 от времени. Наиболее интенсивно связывание ионов иттрия исходными ионитами и интерполимерными системами происходит в течение 48 и 88 ч. Высокие значения степени связывания полимерной цепи по отношению к ионам иттрия наблюдаются в пределах соотношений

KY2-8:AB-17-8=3:3. Это указывает на высокую степень ионизации макромолекулы в результате взаимной активации ионитов KY2-8 и AB-17-8.

Содержание иттрия в водной среде после сорбции интерполимерной системой KY2-8:AB-17-8 в зависимости от времени

Соотношение	t, ч								
	0 ч	2 ч	16 ч	20 ч	24 ч	40 ч	44 ч	48 ч	88 ч
6:0	1,6	2,4	19,6	29,6	39,6	50,4	41,1	46,4	58,9
5:1	0	1	5	4,6	10,7	11,4	39,3	42,2	53,2
4:2	24,4	16,4	26,4	44,6	45	46,8	53,2	55	56,4
3:3	12,4	9,6	16,4	37,5	47,5	44,6	49,6	46,1	60
2:4	18,8	16	14	53,2	35,7	50	51,4	54,6	53,2
1:5	2	16,4	0	18,2	32,9	38,2	45,31	50	28,93
0:6	1,2	0	4	23,93	27,1	32,9	31,8	26,8	37,5



Степени связывания полимерной цепи по отношению к ионам иттрия исходными ионитами и интерполимерной системой

Полученные результаты указывают на возможность создания эффективной сорбционной технологии извлечение ионов иттрия интерполимерными системами на основе промышленных ионитов.

Заключение.

1. В результате дистанционного взаимодействия в пределах соотношений КУ2-8:АВ-17-8=5:1–1:5 происходит взаимная активация ионитов, заключающаяся в том, что межузловые цепи приобретают дополнительный заряд без противоионов.

2. Максимальное содержание ионов иттрия в водной среде после сорбции наблюдается при соотношениях 3:3 и 4:2 и длительности дистанционного взаимодействия 88 ч. При этом содержание иттрия в водной среде после сорбции составляет 60 и 56,4 мол.%, соответственно. Высокие значения степени связывания полимерной цепи по отношению к ионам иттрия наблюдаются в пределах соотношений КУ2-8:АВ-17-8=3:3.

3. Полученные результаты указывают, что можно разработать селективную к другим ионам интерполимерную систему, которую можно применить для высокоэффективной сорбционной технологии извлечения ионов редкоземельных и других элементов из промышленных растворов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Jumadilov T.K., Abilov Zh.A., Kaldayeva S.S., Himersen H., Kondaurov R.G. Ionic-equilibrium and conformational state in intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels // Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research. – 2014. – Vol. 1. – P. 253-261.

[2] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G., Khakimzhanov S.A., Himersen H., Yeskaliyeva G.K. Influence of initial state of hydrogels on self-organization of polymer networks of polymethacrylic acid and poly-4-vinylpyridine at their remote interaction in an aqueous medium // Химический журнал Казахстана. – 2018. – № 4. – P. 152-169.

[3] Alimbekova B.T., Korganbayeva Zh.K., Himersen H., Kondaurov R.G., Jumadilov T.K. Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium // Journal of chemistry and chemical engineering. – 2014. – Vol. 3, No. 8. – P. 265-269.

[4] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G. Features of selective sorption of lanthanum ions from solution containing ions of lanthanum and cerium by intergel system hydrogel of polymethacrylic acid – hydrogel of poly-2-methyl-5-vinylpyridine // Research methodologies and practical applications of chemistry / A.K. Haghi, L. Pogliani, A.F. Ribeiro. – AAP press, 2019. – P. 167-192.

[5] Jumadilov T.K., Himersen H., Kaldayeva S.S., Kondaurov R.G. Features of Electrochemical and Conformational Behavior of Intergel System Based on Polyacrylic Acid and Poly-4-Vinylpyridine Hydrogels in an Aqueous Medium // Journal of Materials Science and Engineering B. – 2014. – Vol. 4, No. 6. – P. 147-151. Almaty, Kazakhstan 14–15 April 2015 y. – P. 137.

[6] Alimbekova B.T., Korganbayeva Zh.K., Himersen H., Kondaurov R.G., Jumadilov T.K. Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium // Journal of chemistry and chemical engineering. – 2014. – Vol. 3. – P. 265-269.

[7] Jumadilov T.K., Abilov Zh.A., Kaldayeva S.S., Himersen H., Kondaurov R.G. Ionic equilibrium and conformational state in intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels // Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research. – 2014. – Vol. 1. – P. 253-261.

[8] Джумадилов Т.К., Кондауров Р.Г. Полимеры с молекулярными отпечатками – основа будущих технологий. – Алматы, 2017. – 126 с.

[9] Jumadilov T.K. Electrochemical and conformational behaviour of intergel systems based on the rare crosslinkedpolyacid and polyvynilpyridines International // Conference of Lithuanian

Chemical Society “Chemistry and Chemical Technology” Proceedings of the International Conference, Kaunas, Lithuania, 2014. – P. 226-229.

[10] Jumadilov T., Shaltykova D., Suleimenov I. Anomalous ion exchange phenomenon // Austrian-slovenian polymer meeting, Slovenia, 2013. – Abstr. S5. – P. 51.

[11] Джумадилов Т.К., Ержан Б., Нурбекова М.А. Некоторые особенности взаимодействия полимерных гидрогелей с низкомолекулярными солями // Химический журнал Казахстана. – 2011. – № 3. – P. 92-95.

[12] Ахылбекова М.А., Ескалиева Г.К., Акимов А.А., Жунусбекова Н.М., Джумадилов Т.К. Взаимовлияние физико-химических параметров азотсодержащих гидрогелей в водной среде // Химический журнал Казахстана. – 2016. – № 1. – P. 135-146.

[13] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G., Agibayeva L.E., Akimov A.A. Influence of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels mutual activation in intergel system on their sorption properties in relation to lanthanum (III) ions Polymer Bulletin ISSN 0170-0839 DOI 10.1007/s00289-017-1985-3 Springer.

[14] Totkhuskyzy B., Yskak L.K., Saparbekova I.S., Myrzakhmetova N.O., Jumadilov T.K., Gražulevičius J.V. Features of the extraction of yttrium and lanthanum with an intergel system based on hydrogels of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine // «Chemistry» series. – 2020. – No. 1(97). – P. 60-67. – DOI 10.31489/2020Ch1/60-67

REFERENCES

[1] Jumadilov T.K., Abilov Zh.A., Kaldayeva S.S., Himersen H., Kondaurov R.G. Ionicequilibrium and conformational state in intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels // Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research. 2014. Vol. 1. P. 253-261.

[2] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G., Khakimzhanov S.A., Himersen H., Yeskaliyeva G.K. Influence of initial state of hydrogels on self-organization of polymer networks of polymethacrylic acid and poly-4-vinylpyridine at their remote interaction in an aqueous medium // Chemical Journal of Kazakhstan. 2018. No. 1. P. 42-48.

[3] Alimbekova B.T., Korganbayeva Zh.K., Himersen H., Kondaurov R.G., Jumadilov T.K. Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium // Journal of chemistry and chemical engineering. 2014. Vol. 3, No. 8. P. 265-269.

[4] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G. Features of selective sorption of lanthanum ions from solution containing ions of lanthanum and cerium by intergel system hydrogel of polymethacrylic acid – hydrogel of poly-2-methyl-5-vinylpyridine // Research methodologies and practical applications of chemistry / A.K. Hagi, L. Pogliani, A.F. Ribeiro. AAP press, 2019. P. 167-192.

[5] Jumadilov T.K., Himersen H., Kaldayeva S.S., Kondaurov R.G. Features of Electrochemical and Conformational Behavior of Intergel System Based on Polyacrylic Acid and Poly-4-Vinylpyridine Hydrogels in an Aqueous Medium // Journal of Materials Science and Engineering B. 2014. Vol. 4, No. 6. P. 147-151. Almaty, Kazakhstan 14–15 April 2015 y. P. 137.

[6] Alimbekova B.T., Korganbayeva Zh.K., Himersen H., Kondaurov R.G., Jumadilov T.K. Features of polymethacrylic acid and poly-2-methyl-5-vinylpyridine hydrogels remote interaction in an aqueous medium // Journal of chemistry and chemical engineering. 2014. Vol. 3. P. 265-269.

[7] Jumadilov T.K., Abilov Zh.A., Kaldayeva S.S., Himersen H., Kondaurov R.G. Ionic equilibrium and conformational state in intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels // Journal of Chemical Engineering and Chemistry Research. 2014. Vol. 1. P. 253-261.

[8] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G. Polimery s molekulyarnymi otpechatkami – osnova budushchikh tekhnologiy. Almaty, 2017. 126 p.

[9] Jumadilov T.K. Electrochemical and conformational behaviour of intergel systems based on the rare crosslinked polyacid and polyvinylpyridines International // Conference of Lithuanian Che-

mical Society "Chemistry and Chemical Technology" Proceedings of the International Conference, Kaunas, Lithuania, 2014. P. 226-229.

[10] Jumadilov T., Shaltykova D., Suleimenov I. Anomalous ion exchange phenomenon // Austrian-slovenian polymer meeting. Slovenia, 2013. Abstr. S5. P. 51.

[11] Dzhumadilov T.K., Erzhan B., Nurbekova M.A. Nekotorye osobennosti vzaimodejstviya polimernykh gidrogelei s nizkomolekulyarnymi solyami // Chemical Journal of Kazakhstan. 2011. No. 3. P. 92-95.

[12] Ahylbekova M.A., Eskalieva G.K., Akimov A.A., Zhunusbekova N.M., Dzhumadilov T.K. Vzaimovliyanie fiziko-himicheskikh parametrov azotsoderzhashchih gidrogelei v vodnoi srede // Chemical Journal of Kazakhstan. 2016. No. 1. P. 135-146.

[13] Jumadilov T.K., Kondaurov R.G., Agibayeva L.E., Akimov A.A. Influence of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels mutual activation in intergel system on their sorption properties in relation to lanthanum (III) ions Polymer Bulletin ISSN 0170-0839 DOI 10.1007/s00289-017-1985-3 Springer.

[14] Totkhuskyzy B., Yskak L.K., Saparbekova I.S., Myrzakhmetova N.O., Jumadilov, T.K., Gražulevicius J.V. Features of the extraction of yttrium and lanthanum with an intergel system based on hydrogels of polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine // «Chemistry» series. 2020. No. 1(97). P. 60-67 DOI 10.31489/2020Ch1/60-67

Резюме

Т. К. Джумадиллов, Б. Тотхусқызы, Л. К. Ысқақ, Ю. В. Гражулявичюс

ИТТРИЙ ИОНДАРЫН ӨНДІРІСТІК ИОНИТТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДЕ БӨЛІП АЛУ

Иттрий иондарының өндірістік ион алмастырғыштарға негізделген интерполимерлі жүйелерімен алынуы зерттелді. Иттрийдің мөлшерін сорбциядан кейінгі сулы ортадағы КУ2-8: АВ-17-8 интерполимерлі жүйесімен уақытқа тәуелділігін, интерполимерлі жүйе өндірістік ионалмастырғыштар негізінде КУ2-8: АВ-17-8 иттрий иондарының бөліп алу дәрежесі. интерполимер жүйелерімен экстракциялану дәрежесін, полимер тізбегінің байланысу дәрежесі (иттрий иондарына қатысты) зерттелді. Иттрий иондарының сорбциядан кейін сулы ортада бөліп алу дәрежесі интерполимер жүйесінде КУ2-8: АВ-17-8 = 3:3 - 4:2 қатынастарында 88 сағатта жоғары мән көрсетті, сәйкесінше 53,2 мол.% және 60 мол.%. Полимер тізбегінің байланысу дәрежесі иттрияға байланысты жоғары мәндерді интерполимерлі жүйелерде КУ2-8: АВ-17-8 = 3: 3 қатынасында байқалды

Түйін сөздер: өндірістік ионалмастырғыштар, интерполимер жүйесі, сорбция, КУ2-8, АВ-17-8, иттрий.

Summary

T. K. Jumadilov, B. Totkhuskyzy, L. K. Yskak, J. V. Gražulevicius

EXTRACTION OF YTTRIUM IONS BY INTERPOLYMER SYSTEMS BASED ON INDUSTRIAL IONITES

The extraction of yttrium ions by interpolymer systems based on industrial ionites: KU 2-8 cationite and AB-17 anionite was studied. The dependences of the yttrium content in the aqueous medium after sorption by the interpolymer system were

studied KU 2-8:AB17-8 depending on the time, the degree of binding of the polymer chain (with respect to yttrium ions) by the initial ionites and interpolymer systems KU 2-8: AB-17-8. The maximum content of yttrium ions in the aqueous medium after sorption is observed at ratios of 3:3 and 4: 2 and the duration of remote interaction is 88 hours. At the same time, the content of yttrium in the aqueous medium after sorption is 60 mol.% and 56.4 mol.%, respectively. High values of the degree of binding of the polymer chain with respect to yttrium are observed at the ratios KU 2-8: AB-17-8=3:3

Key words: industrial ion exchangers, interpolymer system, sorption, KU2-8, AB-17-8, yttrium.

Information about authors:

<i>Jumadilov Talkybek Kozhatayevich</i>	Doctor of Chemical Sciences, professor, A.B. Bekturov Institute of chemical sciences, Almaty, the Republic of Kazakhstan; jumadilov@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-9505-3719
<i>Totkhuskyzy Bakytgul</i>	Ph.D. student, Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, the Republic of Kazakhstan; bakytgul.sakenova@mail.ru; https://orcid.org/0000-0001-8119-668X
<i>Yskak Laila Kinyazkyzy</i>	Ph.D. student, Kazakh National Women's Teacher Training University, Almaty, the Republic of Kazakhstan; leilakinyazovna@gmail.com; https://orcid.org/0000-0002-5581-6918
<i>Grazulevicius Juozas Vidas</i>	Professor of Chemical Engineering, Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania; juozas.grazulevicius@ktu.lt; https://orcid.org/0000-0002-4408-9727