

**Джумадилов Т.К.¹, Тасибеков Х.С.¹, Химэрсэн Х.¹,
Кабидолла Д.А.², Жакслыкова Д.Р.²**

¹Институт химических наук им. А.Б. Бектурова, г. Алматы, Казахстан

²Казахстанско-Британский технический университет,
г. Алматы, Казахстан

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТА ДАЛЬНОДЕЙСТВИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИОНИТОВ НА СОРБЦИОННУЮ АКТИВНОСТЬ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ «КУ-2-8@АВ-17-8» (Х:У) В ОТНОШЕНИИ ИОНОВ СКАНДИЯ И ИТТРИЯ

Аннотация. Настоящая работа посвящена исследованию влияния эффекта дальнего действия промышленных ионообменных смол КУ-2-8 (катионит) и АВ-17-8 (анионит), находящихся в интерполимерной системе «КУ-2-8:АВ-17-8» (Х:У) с соотношением ионогенных групп Х:У, на сорбцию ионов скандия и иттрия. Установлено, что за счет дистанционного взаимодействия и взаимной активации ионитов, сорбционные свойства интерполимерной системы значительно увеличиваются. В работе определены оптимальные соотношения компонентов системы для максимального извлечения ионов скандия и иттрия. Экспериментально показано, что при соотношении ионообменных смол КУ-2-8:АВ-17-8 равном 5:1, остаточная концентрация скандия в растворе снижается от 100,00 мг/л до 54,10 мг/л после 48 ч. взаимодействия. Тогда как, при соотношениях ионитов КУ-2-8:АВ-17-8 равном 4:2 минимальное остаточное содержание ионов иттрия после сорбции в исследуемом растворе изменяется от 100,00 мг/л до 32,18 мг/л по истечению 48 ч. взаимодействия. Полученные результаты демонстрируют перспективность применения интерполимерных систем для повышения эффективности извлечения редкоземельных металлов, что открывает новые возможности в гидрометаллургии и технологии переработки промышленных растворов.

Ключевые слова: сорбция, скандий, ионообменные смолы, интерполимерная система, гидрометаллургия.

Введение. В настоящее время исследования процессов сорбции редкоземельных металлов (РЗМ) ведутся активно по всему миру. Продолжается изучение таких методов извлечения ионов РЗМ как жидкостная экстракция, осаждение, сорбционные процессы и др. Тем не менее, многие из этих методов характеризуются высокой стоимостью реагентов, сложностью реализации и низкой селективностью к целевым ионам. В связи с этим, разработка нового экономически эффективного подхода, в частности использование интерполимерных систем, представляется перспективным направлением. Проводимые в мире исследования показывают, что ионообменные смолы на основе фосфорных групп (Lewatit VP OC 1026 [1], Purolite MTS9580 [2]) обладают высокой селективностью к ионам скандия и обеспечивают сорбционную емкость до 200 мг/дм³. Кроме того, D2ЕНРА-содержащие смолы (LSC 790) [3] показывают эффективность даже в присутствии конкурирующих ионов, таких как титан и железо, обеспечивая степень очистки до 90 %, что подтверждает важность подбора ионообменных материалов и оптимизации условий сорбции в промышленных процессах. Более того, вышеуказанные исследования показывают, что кинетика процесса сорбции подчиняется псевдвторому порядку, а такие ключевые параметры как кислотность раствора, концентрация конкурирующих ионов и температура, оказывают значительное влияние на эффективность извлечения целевых ионов. В частности, работы по изучению сорбции металлов из промышленных растворов [4-6] показывают, что сорбционные характеристики применяемых смол могут варьироваться в зависимости от условий среды, pH растворов и состав лигандов.

Редкоземельные металлы, в частности скандий и иттрий, играют важную роль во многих областях промышленности и находят применение в аэрокосмической технике, электронике, энергосбережении и др.

Цель исследования – разработка эффективных методов извлечения целевых металлов из растворов различной природы. Одним из перспективных направлений является изучение интерполимерных систем, способных значительно повышать сорбционные характеристики исходных полимеров за счет их взаимной активации эффектом дальнего действия.

Методы исследования. В данном исследовании в качестве сорбционных материалов применялись следующие ионообменные смолы: сильнокислотный катионит КУ-2-8, представляющий собой сульфированный сополимер стирола с 8 % дивинилбензола, и сильноо-

сновный анионит АВ-17-8, сополимер стирола и дивинилбензола с бензилтриметиламмониевыми функциональными группами.

Исследование сорбционных свойств ионитов проводили в растворах нитратов скандия и иттрия, концентрация каждого - 100 мг/л. Для определения неизвестных концентраций целевых ионов скандия и иттрия применялся хромогенный реагент Арсеназо (III) в порошкообразной форме. Приготовление стандартных растворов скандия и иттрия осуществлялось с использованием хлорной кислоты (HClO_4), а для нейтрализации применялся 2%-ный раствор гидроксида натрия (NaOH). В качестве растворителя использовалась дистиллированная вода.

Массу сорбентов измеряли взвешиванием на электронных аналитических весах Shimadzu AY220 (производство Японии). Оптическую плотность приготовленных растворов нитрата скандия и иттрия определяли на спектрофотометре Unico КФК-ЗКМ при длине волны 650 нм с последующим расчетом концентрации ионов скандия и иттрия.

Построение калибровочной кривой. Метод определения ионов скандия и иттрия основан на образовании окрашенного комплексного соединения указанных ионов с органическим аналитическим реагентом Арсеназо III (рисунок 1). Поскольку ионы скандия и иттрия не обладают собственным хромоформирующим эффектом, для получения аналитически значимой формы применялся реагент Арсеназо III, представляющий собой бисазопроизводное хромотропной кислоты [7].



Рисунок 1 – Приготовление растворов скандия с Арсеназо (III) для спектрофотометрического анализа.

Для построения калибровочной кривой (рисунок 2) процесса сорбции скандия были приготовлены исходные растворы гексагидрата нитрата скандия с начальной концентрацией 100 мг/л. Исходный раствор был разбавлен до получения рабочего раствора с концентрацией 20 мг/л, на основе которого были подготовлены пять стандартных растворов, содержащих 1, 2, 3, 4 и 5 мл анализируемого вещества, которые затем переносились в мерные колбы объемом 50 мл. Далее, к каждой пробе приливали 12 мл раствора Арсеназо (0,015 %) и 2 мл раствора хлорной кислоты (0,08 М). Объем растворов доводили дистиллированной водой до метки 50 мл, после чего по прошествию 15 минут начинали спектрофотометрические измерения. Оптическую плотность (D) измеряли для каждого стандартного раствора с использованием спектрофотометра. Полученные результаты использовали для построения калибровочной кривой в координатах «аналитический сигнал (оптическая плотность, D) – концентрация скандия».

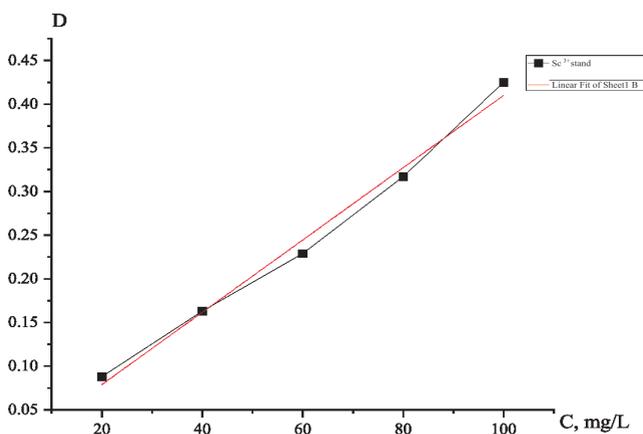


Рисунок 2 – Калибровочная кривая для определения концентрации скандия в растворах сорбции.

Оптическую плотность (D) образовавшегося комплекса ионов скандия в растворах определяли с помощью спектрофотометра Unicо КФК-3КМ. Калибровочная кривая была построена с использованием программного обеспечения OriginPro. Для вычисления остаточной концентраций скандия были использованы данные, полученные после построения калибровочной кривой, то есть использовалась формула:

$$C = (D - \text{intercept}) / \text{slope} \quad (1)$$

где C – остаточная концентрация металла после сорбции (мг/л)

D – оптическая плотность металла после сорбции (A)

По рисунку 2 были получены данные по наклону и перехвату графика, которые в дальнейшем использовались как константы, то есть была выявлена формула для расчета остаточной концентрации по формуле (2):

$$C=(D+0,004) / 0,00414 \quad (2)$$

где C – остаточная концентрация скандия после сорбции (мг/л)

D – оптическая плотность скандия после сорбции (A)

Формула (2) применяется после сорбции скандия для расчета его остаточной концентрации.

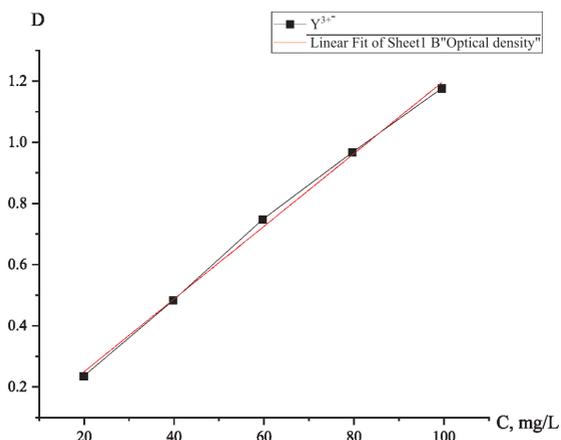


Рисунок 3 – Калибровочная кривая для определения концентрации иттрия в растворах сорбции.

Оптическую плотность (D) образовавшегося комплекса ионов иттрия в растворах определяли также с помощью спектрофотометра Unicо КФК-ЗКМ. Калибровочная кривая была построена с использованием программного обеспечения OriginPro.

Для вычисления формулы остаточной концентрации иттрия были использованы данные, полученные после построения калибровочной кривой для сорбции, то есть использовалась формула (1) и данные по рисунку 2:

$$C = (D - 0,012) / 0,01189 \quad (3)$$

где С – остаточная концентрация иттрия после сорбции (мг/л)

D – оптическая плотность иттрия после сорбции (А)

Формула (3) используется после процесса сорбции иттрия и для расчета остаточной концентрации иттрия после сорбции.

Сорбция ионов скандия. Таблица 1 представляет собой полученные значения оптической плотности скандия после сорбции интерполимерной системой КУ-2-8:АВ-17-8 в зависимости от времени. Данные значения были использованы для расчета остаточной концентрации скандия по формуле (2). Таблица 2 содержит данные о рассчитанной остаточной концентрации скандия после процесса сорбции.

Таблица 1 – Оптическая плотность раствора скандия после сорбции в зависимости от времени

Соотношение	Время, час				
	1	3	6	24	48
	Оптическая плотность				
6:0	0,319	0,328	0,321	0,288	0,220
5:1	0,321	0,324	0,313	0,280	0,220
4:2	0,319	0,327	0,327	0,293	0,237
3:3	0,316	0,326	0,308	0,297	0,254
2:4	0,327	0,330	0,327	0,293	0,258
1:5	0,321	0,323	0,319	0,306	0,275
0:6	0,330	0,322	0,315	0,329	0,283

Таблица 2 – Содержание скандия после сорбции интерполимерной системой КУ-2-8:АВ-17-8 в зависимости от времени

Соотношение	Время, час				
	1	3	6	24	48
	Остаточная концентрация (мг/л)				
6:0	78,02	80,19	78,50	70,53	54,10
5:1	78,50	79,23	76,57	68,59	54,10
4:2	78,02	79,95	79,95	71,73	58,21
3:3	77,29	79,71	75,36	72,70	62,31
2:4	79,95	80,67	79,95	71,73	63,28
1:5	78,50	78,98	78,02	74,87	67,39
0:6	80,67	78,74	77,05	80,43	69,32

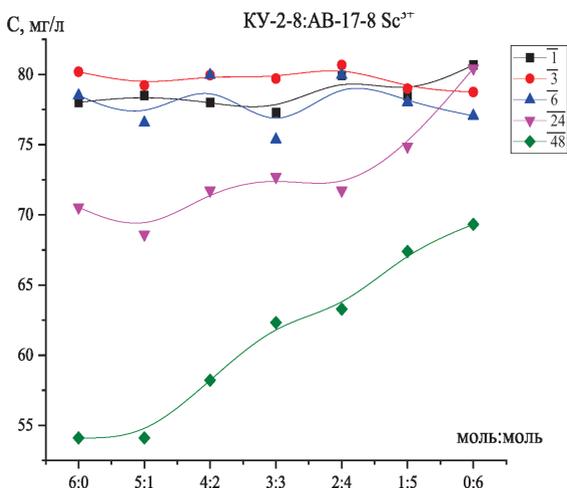


Рисунок 4 – Остаточная концентрация ионов скандия в растворе после сорбции в зависимости от соотношений полимеров.

Как видно на рисунке 4, максимальное содержание ионов скандия после сорбции наблюдается при соотношении 5:1 и длительности взаимодействия 48 ч. При этом содержание скандия в водной среде после сорбции составляет 46,38 мол.%. Из графика видно, что процесс сорбции усиливается со временем, а наибольшая сорбция для каждого временного периода наблюдается при соотношении ионообменников 5:1 (83% КУ-2-8 : 17% АВ-17-8). Это свидетельствует о высокой степени ионизации макромолекул в результате взаимной активации ионитов КУ-2-8 и АВ-17-8.

Сорбция смеси скандия и иттрия. Таблица 3 показывает содержания смеси скандия и иттрия в водной среде после сорбции интерполимерной системой КУ-2-8:АВ-17-8 в зависимости от времени. На рисунке 5 максимальное содержание ионов смеси в водной среде после сорбции наблюдается при соотношениях 6:0 и длительности дистанционного взаимодействия 48 ч., а также при соотношении полимеров 3:3 (67% КУ 2-8:33% АВ 17-8) процесс сорбции увеличивается при каждой длительности дистанционного взаимодействия.

Таблица 3 – Оптическая плотность смеси скандия и иттрия в водной среде после сорбции интерполимерной системой KU-2-8:AB-17-8 в зависимости от времени

Время, час Соотношение	1	6	24	48
6:0	0,616	0,593	0,508	0,491
5:1	0,632	0,599	0,540	0,510
4:2	0,622	0,614	0,570	0,521
3:3	0,616	0,592	0,560	0,515
2:4	0,622	0,612	0,572	0,565
1:5	0,622	0,613	0,590	0,586
0:6	0,583	0,634	0,603	0,594

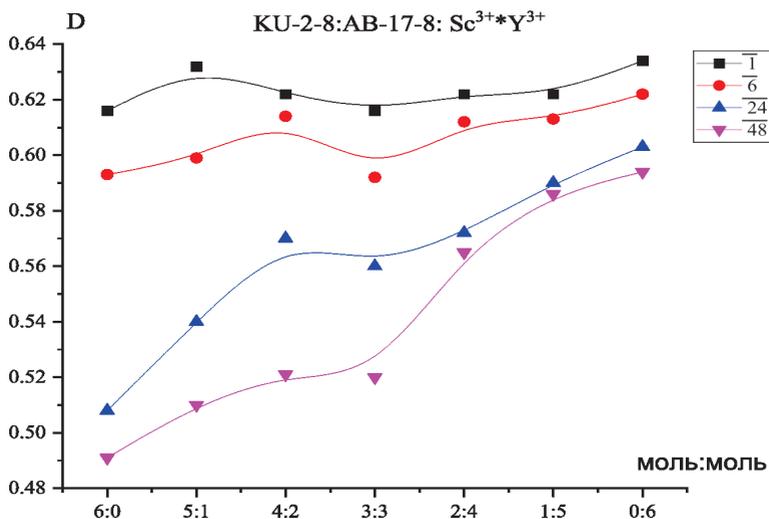


Рисунок 5 – Остаточная концентрация ионов смеси скандия и иттрия в растворе после сорбции в зависимости от соотношений полимеров.

Полученные результаты указывают на возможность создания эффективной сорбционной технологии извлечения ионов скандия и иттрия и их смеси интерполимерными системами на основе промышленно выпускаемых ионитов.

Инфракрасная спектроскопия. Анализы ИК спектроскопии были проведены на исходные ионообменники и на ионообменники, которые прошли процесс сорбции металлов и их смеси.

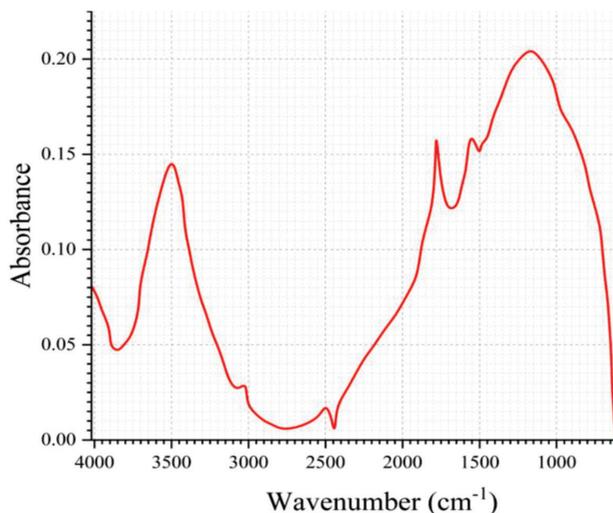


Рисунок 6 – Спектр исходного катионита КУ-2-8.

Рисунок 6 представляет собой эталонное состояние КУ-2-8. ИК-спектр исходного катионита КУ-2-8 демонстрирует несколько характерных полос поглощения, отражающих его химическую структуру. Широкая полоса в области 3500–3200 cm^{-1} соответствует валентным колебаниям –ОН групп, связанных как с молекулами воды, так и с сульфогруппами ($-\text{SO}_3\text{H}$). В диапазоне 1700–1600 cm^{-1} наблюдаются колебания карбоксильных групп ($-\text{COO}^-$) или функциональных групп, взаимодействующих с водой. Деформационные колебания CH_2 -групп полимерной матрицы проявляются в области 1450–1400 cm^{-1} , а валентные колебания связи $\text{S}=\text{O}$, характерные для сульфогрупп ($-\text{SO}_3\text{H}$), фиксируются в диапазоне 1200–1100 cm^{-1} . В общем, данный спектр отражает структурные особенности катионита КУ-2-8 в его исходном состоянии до взаимодействия с ионами металлов.

Рисунок 7 демонстрирует анализ ИК-спектра катионита после сорбции скандия при соотношении 5:1. Широкая полоса 3500–3200 cm^{-1} – соответствует валентным колебаниям –ОН групп, связанных с во-

дой исульфо- группами ($-\text{SO}_3\text{H}$). $1700\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ – колебания карбоксильных ($-\text{COO}^-$) или связанных с водой функциональных групп. $1450\text{--}1400\text{ см}^{-1}$ – деформационные колебания CH_2 -групп полимерной матрицы. $1200\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ – валентные колебания $\text{S}=\text{O}$ (характерные для сульфогрупп).

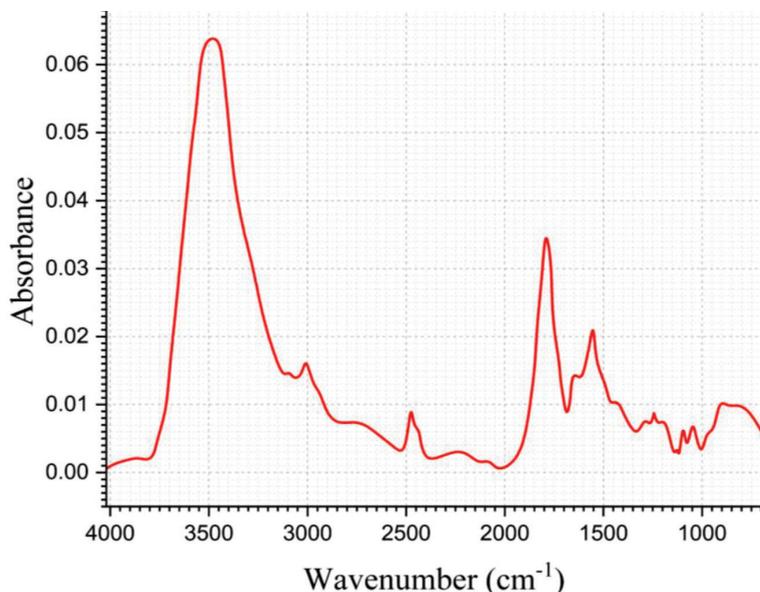


Рисунок 7 – Спектр катионита КУ-2-8 после сорбции скандия.

На рисунке 7 можем наблюдать изменения полос поглощения. Полосы $3500\text{--}3200\text{ см}^{-1}$ характеризуют ослабление интенсивности, сужение полосы O-H ($\sim 3400\text{ см}^{-1}$), что может свидетельствовать о взаимодействии скандия с сульфогруппами и снижении количества свободных гидроксильных групп. $1700\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ – усиление полосы ($\sim 1620\text{ см}^{-1}$) может быть связано с гидратированными комплексами скандия. $1200\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ – смещение полосы $\text{S}=\text{O}$ ($\sim 1150\text{ см}^{-1}$) вниз может указывать на координацию скандия с сульфогруппами.

Рисунок 8 показывает анализ ИК-спектра катионита КУ-2-8 после сорбции иттрия при соотношении КУ-2-8:АВ-17-8 (4:2).

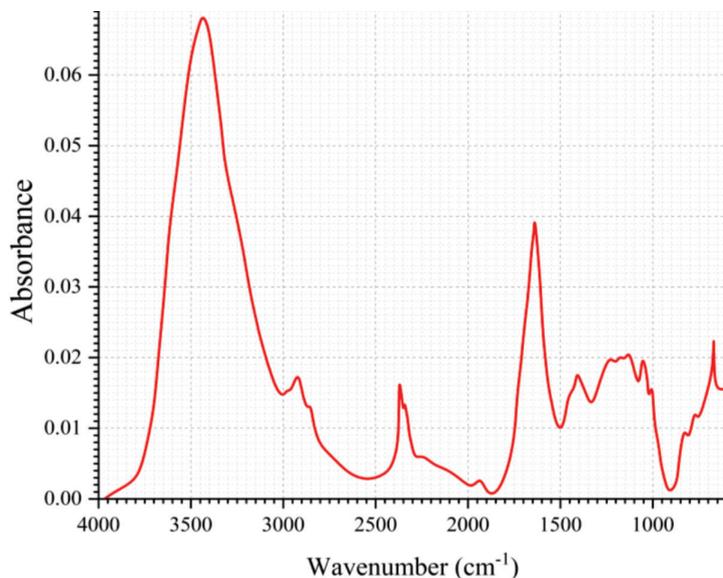


Рисунок 8 – Спектр катионита КУ-2-8 после сорбции иттрия.

На рисунке 8 можем наблюдать изменения полос поглощения. 3500–3200 см⁻¹ – уменьшение интенсивности (~3350 см⁻¹) может подтверждает участие гидроксильных групп в координации иттрия. Усиление полосы (~1620 см⁻¹) может характеризовать гидратированные комплексы Y³⁺. 1200–1100 см⁻¹, где полоса S=O смещается (~1120 см⁻¹), может указывать на более прочное взаимодействие иттрия с сульфогруппами по сравнению со скандием.

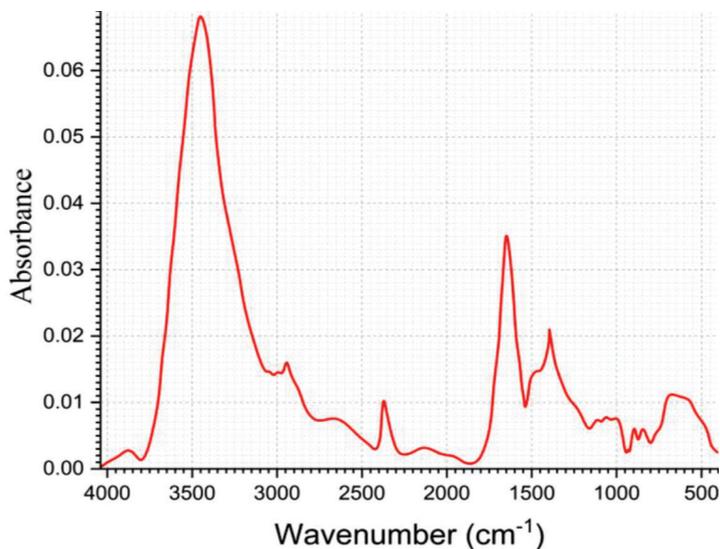


Рисунок 9 – Спектр исходного анионита АВ-17-8.

На рисунке 9 приведен спектр исходного анионита АВ-17-8. Основные полосы поглощения: $3500\text{--}3300\text{ cm}^{-1}$ – валентные колебания N-H (аминогруппы). $1650\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ – деформационные колебания N-H. $1500\text{--}1400\text{ cm}^{-1}$ – колебания C-N (в структуре четвертичного аммония). $1250\text{--}1100\text{ cm}^{-1}$ – валентные колебания C-N⁺ (четвертичного аммония).

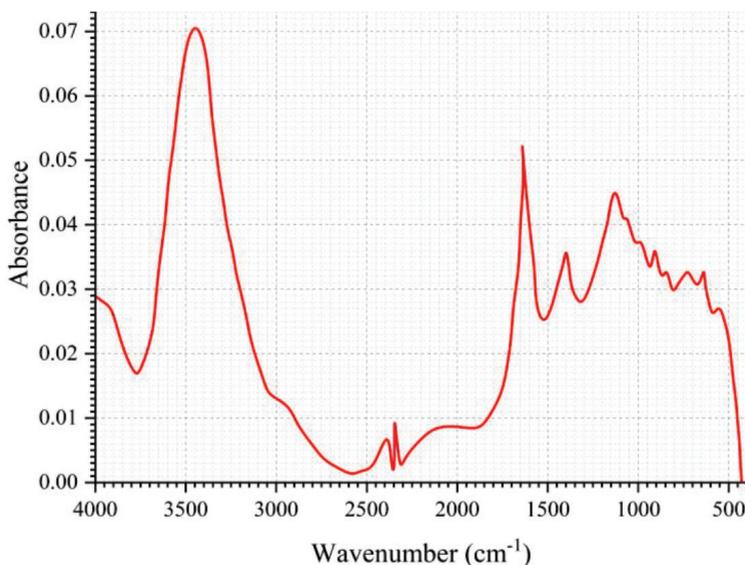


Рисунок 10 – Спектр анионита АВ-17-8 после сорбции скандия.

На рисунке 10 можем наблюдать изменения полос поглощения по сравнению с ИК спектром исходного анионита. Полоса N-H ($\sim 3400 \text{ cm}^{-1}$) становится уже и смещается в низкочастотную область, что может свидетельствовать о координации скандия с аминогруппами. Усиление полосы ($\sim 1615 \text{ cm}^{-1}$) может свидетельствовать о взаимодействии N-H с катионом Sc^{3+} . Смещение полосы C-N⁺ ($\sim 1180 \text{ cm}^{-1}$) может указывать на координацию скандия с четвертичными аммонийными группами.

Рисунок 11 показывает анализ ИК спектра анионита после сорбции иттрия при соотношениях 4:2.

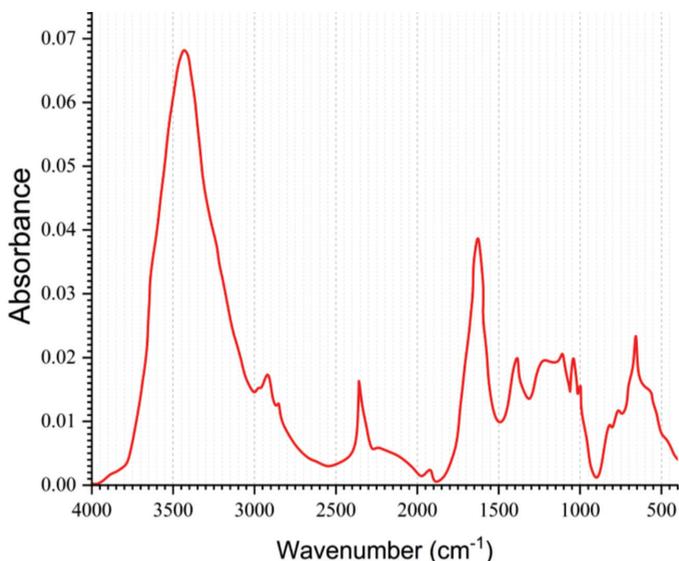


Рисунок 11 – ИК спектр анионита АВ-17-8 после сорбции иттрия.

На рисунке 11 можем наблюдать изменения полос поглощения по сравнению с ИК спектром исходного анионита. Дальнейшее уменьшение интенсивности полосы N-H ($\sim 3350 \text{ cm}^{-1}$) может подтверждать координацию иттрия с аминогруппами. Усиление полосы ($\sim 1620 \text{ cm}^{-1}$) может свидетельствовать о более сильном взаимодействии иттрия с функциональными группами. Полоса C-N⁺ смещается ниже ($\sim 1160 \text{ cm}^{-1}$), что может указывать на прочное связывание иттрия с аммонийными группами.

Результаты и обсуждение. Экспериментальные результаты показывают, что при соотношениях КУ-2-8 и АВ-17-8 (5:1) достигается максимальная степень сорбции скандия. Введение анионита в систему приводит к изменению конформации ионообменников, увеличивая их ионизацию и, как следствие, сорбционные свойства. Согласно анализам инфракрасной спектроскопии образцов ионитов, сорбция скандия и иттрия подтверждается значительными изменениями в области $1200\text{--}1100 \text{ cm}^{-1}$ (S=O) для катионита и $1250\text{--}1100 \text{ cm}^{-1}$ (C-N⁺) для анионита. Иттрий оказывает более сильное влияние на функциональные группы по сравнению со скандием, что подтверждается большим сдвигом частот поглощения. Увеличение времени взаимодействия

катионита КУ-2-8 и анионита АВ-17-8 приводит к усилению эффекта дальнего действия, что выражается в увеличении сорбционной активности системы. Проведенный анализ показывает, что наибольшее изменение сорбционных свойств наблюдается в первые 24 ч. процесса сорбции, после чего процесс стабилизируется. Максимальное снижение концентрации скандия в растворе зафиксировано при соотношении 5:1 и составляет 54,10 мг/л через 48 ч. взаимодействия, тогда как минимальное остаточное содержание ионов иттрия после сорбции в исследуемом растворе (32,18 мг/л) наблюдается при соотношениях ионитов 4:2 и времени взаимодействия 48 ч.

Вывод. Полученные результаты демонстрируют, что интерполимерные системы на основе ионообменных смол КУ-2-8 и АВ-17-8 обладают высокой эффективностью в процессах извлечения скандия и иттрия. Экспериментально установлено, что максимальная степень извлечения скандия достигается при соотношении КУ-2-8:АВ-17-8 равном 5:1, что приводит к снижению остаточной концентрации скандия в растворе с 100 мг/л до 54,10 мг/л после 48 ч. взаимодействия. В случае иттрия, наименьшая остаточная концентрация в растворе (32,18 мг/л) наблюдается при соотношении ионитов 4:2 и времени контакта 48 ч. Полученные данные указывают на перспективность использования данного метода в гидрометаллургии и системах очистки промышленных растворов. Дальнейшие исследования в данном направлении могут быть сосредоточены на разработке новых модификаций интерполимерных систем, обеспечивающих селективное извлечение редкоземельных металлов из сложных многокомпонентных растворов.

Список литературы / References

- 1 Mostajeran M., Bondy J.-M., Reynier N., Cameron R. Mining value from waste: Scandium and rare earth elements selective recovery from coal fly ash leach solutions // Minerals Engineering, 2021, V. 173. – P. 107091.
- 2 Yessimkanova U., Mataev M., Alekhina M., Kopbaeva M., Berezovskiy A., et al. The study of the kinetic characteristics of sorption of scandium of ion exchanger Purolite MTS9580 from return circulating solutions of underground leaching of uranium ores // Eurasian Chemico-Technological Journal, Vol. 22, № 2. – P. 135–140.
- 3 Toli A., Mikeli E., Marinos D., Balomenos E., Panias D. Assessing the efficiency of ion exchange resins for the recovery of scandium from sulfuric acid leaching solutions // Separations, 2023, Vol. 10, № 7. – P. 366-382.

4 Hajmohammadi H., Jafari A.H., Nasab M.E. Scandium recovery from raffinate copper leach solution as potential new source with ion exchange method // Transactions of Nonferrous Metals Society of China, 2020, Vol. 30, № 11. – P. 3103–3113.

5 Sharaf M., Yoshida W., Kubota F., Goto M. A Novel Binary-Extractant-Impregnated Resin for Selective Recovery of Scandium // Journal of Chemical Engineering of Japan, 2019, Vol. 52, № 1. – P. 49-55.

6 Watanabe H., Asano S., Murase K. Kinetics study of adsorption behaviors of trivalent metal ions onto chelating resin: Comparison between scandium (III) and other metal ions // Materials Transactions, 2023.

7 Grudpan K., Praditweangkum W., Sooksamiti P., Edwards R. Flow-injection spectrophotometric determination of yttrium with Arsenazo III // Laboratory Robotics and Automation, 1999, Vol. 11, № 5. – P. 279-283.

**Джумадилов Т.К.¹, Тасибеков Х.С.¹, Химэрсэн Х.¹, Қабидолла Д.А.²,
Жақсылықова Д.Р.²**

¹Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты, Алматы қ.,
Қазақстан.

²Қазақстан-Британ техникалық университеті Алматы қ., Қазақстан.

СКАНДИЙ МЕН ИТРИЙ ИОНДАРЫНА ҚАТЫСТЫ «КУ-2-8@АВ-17-8» (Х:Ү) ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕСІНІҢ СОРБЦИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІНЕ ӨНЕРКӘСІПТІК ИОНИТТЕРДІҢ ҚАШЫҚТЫҚТАН ӘРЕКЕТТЕСУ ЭФФЕКТИСІНІҢ ӘСЕРІ.

Түйіндеме. Бұл жұмыс Х:Ү ионгендік топтарының қатынасы бар “КУ-2-8:АВ-17-8” (Х:Ү) интерполимерлік жүйесіндегі КУ-2-8 (катионит) және АВ-17-8 (анионит) өнеркәсіптік ион алмасу шайырларының скандий және иттрий иондары сорбциясына ұзақ мерзімді әсерін зерттеуге арналған. Иониттердің қашықтықтан өзара әрекеттесуі және өзара активтенуі арқылы интерполимер жүйесінің сорбциялық қасиеттері едәуір артатыны анықталды. Жұмыста скандий мен иттрий иондарын неғұрлым көбірек алу үшін жүйе компоненттерінің оңтайлы арақатынасы анықталды. КУ-2-8:АВ-17-8 ион алмасу шайырларының қатынасы 5:1 болғанда, ерітіндідегі скандийдің қалдық концентрациясы 48 сағаттық өзара әрекеттесуден кейін 100,00 мг/л-ден 54,10 мг/л-ге дейін төмендейтіні тәжірибелік тұрғыда көрсетілді. Ал, КУ-2-8:АВ-17-8 иониттерінің арақатынасы 4:2 болғанда, зерттелетін ерітіндідегі сорбциядан кейінгі иттрий иондарының ең аз қалдық мөлшері 48 сағаттық өзара әрекеттесуден кейін 100,00 мг/л-ден 32,18 мг/л-ге дейін өзгереді. Алынған нәтижелер гидрометаллургия мен өнеркәсіптік ерітінділерді қайта өңдеу технологиясында жаңа мүмкіндіктер ашатын сирек жер металдарын алу тиімділігін арттыру үшін интерполимерлік жүйелерді қолданудың перспективасын көрсетеді.

Түйінді сөздер: сорбция, скандий, ион алмасу шайырлары, интерполимер жүйесі, гидрометаллургия.

* * *

Jumadilov T.K.¹, Tassibekov Kh.S.¹, Khimersen Kh.¹, Kabidolla D.A.², Zhaxlykova D.R.²

¹ Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty c., Kazakhstan

² Kazakh-British Technical University JSC, Almaty c., Kazakhstan

THE IMPACT OF THE LONG-RANGE EFFECT OF INDUSTRIAL IONITES ON THE SORPTION ACTIVITY OF THE KU-2-8@AB-17-8 INTERPOLYMER SYSTEM (X:Y) CONCERNING SCANDIUM AND YTTRIUM IONS.

Abstract. This study focuses on the long-range effects of industrial ion exchange resins KU-2-8 (cationite) and AV-17-8 (anionite) within the interpolymer system “KU-2-8:AV-17-8” (X:Y), specifically examining the ratio of ionogenic groups X:Y for the sorption of scandium and yttrium ions. It has been established that the remote interactions and mutual activation of the ionites significantly enhance the sorption properties of the interpolymer system. The optimal ratios of the system components for maximum extraction of scandium and yttrium ions have been identified. Experimental results indicate that when the ratio of ion exchange resins KU-2-8 to AV-17-8 is 5:1, the residual concentration of scandium in the solution decreases from 100.00 mg/L to 54.10 mg/L after 48 hours of interaction. In contrast, with a KU-2-8 to AV-17-8 ionite ratio of 4:2, the minimum residual concentration of yttrium ions in the test solution decreases from 100.00 mg/L to 32.18 mg/L after 48 hours of interaction. The findings demonstrate the potential of using interpolymer systems to enhance the efficiency of rare earth metal extraction, thereby opening new avenues in hydrometallurgy and industrial solution processing technologies.

Keywords: sorption, scandium, ion exchange resins, interpolymer system, hydrometallurgy.

Авторлар туралы мәліметтер

Джумадилов Талкыбек Кожатаевич – химия ғылымдарының докторы, профессор, Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары Институтындағы полимерлер синтезі және физикохимиясы зертханасының меңгерушісі, Алматы қ., Қазақстан, jumadilov_tk@mail.ru

Тасибеков Хайдар Сулейманович – химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары Институттың бас директоры, Алматы қ., Қазақстан, kh.tassibekov@ihn.kz

Химэрсэн Хуангул – PhD докторы, Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары Институтындағы полимерлердің синтезі және физикохимиясы зертханасының ғылыми қызметкері, Алматы қ., Қазақстан, huana88@mail.ru

Қабидолла Диана Арыстанқызы – Химиялық инженерия мектебінің бакалавры, «Қазақстан-Британ техникалық университеті» АҚ, Алматы қ., Қазақстан, lsfcp@mail.ru

Жақсылықова Диана Рустамовна – Химиялық инженерия мектебінің бакалавры, «Қазақстан-Британ техникалық университеті» АҚ, Алматы қ., Қазақстан, zhaxlykova.dana@mail.ru

Сведения об авторах

Джумадилов Талкыбек Кожатаевич – доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией синтеза и физикохимии полимеров АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы, Казахстан, jumadilov_tk@mail.ru

Тасибеков Хайдар Сулейманович – кандидат химических наук, ассоциированный профессор, генеральный директор АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы, Казахстан, kh.tassibekov@ihn.kz

Химэрсэн Хуангул – PhD, научный сотрудник лаборатории синтеза и физикохимии полимеров АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», г. Алматы, Казахстан, huana88@mail.ru

Қабидолла Диана Арыстанқызы – бакалавр наук, Школа химической инженерии, АО «Казахстанско-Британский технический университет», г. Алматы, Казахстан, lsfcp@mail.ru

Жаксылыкова Диана Рустамовна – бакалавр наук, Школа химической инженерии, АО «Казахстанско-Британский технический университет», г. Алматы, Казахстан, zhaxlykova.dana@mail.ru

Information about the authors

Jumadilov Talkybek Kozhataevich – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Laboratory of Synthesis and Physico-Chemistry of Polymers, Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan, jumadilov_tk@mail.ru

Tassibekov Khaidar Suleimanovich – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, General Director of the Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty c., Kazakhstan, kh.tassibekov@ihn.kz

Khimersen Khuangul – PhD, researcher at the Laboratory of Synthesis and Physico-Chemistry of Polymers, Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty c., Kazakhstan, huana88@mail.ru

Kabidolla Diana Arystankyzy – Bachelor of Science, School of Chemical Engineering, Kazakh-British Technical University JSC, Almaty c., Kazakhstan, lsfcp@mail.ru

Zhaxlykova Diana Rustamovna – Bachelor of Science, School of Chemical Engineering, Kazakh-British Technical University JSC, Almaty c., Kazakhstan, zhaxlykova.dana@mail.ru