

## **АННОТАЦИЯ**

**диссертации на тему «Экспериментальные основы технологии  
извлечения празеодима и неодима в гидрометаллургии»  
на соискание степени доктора философии (PhD)  
по образовательной программе 8D05301 -«Химия»  
Малимбаевой Замиры Бакытжанкызы**

**Тема исследования: «Экспериментальные основы технологии  
извлечения празеодима и неодима в гидрометаллургии»**

**Цель исследования:** Создание селективной интерполимерной системы для ионов неодима и празеодима; определение оптимальных условий сорбции каждого из перечисленных ионов редкоземельных металлов.

**Задачи исследования:**

1. Исследование электрохимического состояния промышленных ионитов и гидрогелей (ПАК, ПМАК, П4ВП, КУ-2-8, АВ-17-8, Amberlite IR120, Lewatit CNP LF). Создание интерполимерных систем ПАК-П4ВП, ПМАК-П4ВП, КУ-2-8-АВ-17-8, Amberlite IR120-АВ-17-8, Lewatit CNP-АВ-17-8 в различных молярных соотношениях (X:Y).

2. Исследование особенностей взаимодействия созданных интерполимерных систем ПАК-П4ВП, ПМАК-П4ВП, КУ-2-8-АВ-17-8, Amberlite IR120-АВ-17-8, Lewatit CNP-АВ-17-8 в водной среде;

3. Изучение степени связывания полимерных цепей и эффективной динамической емкости интерполимерных систем по отношению к указанным ионам металлов;

4. Определение оптимальных условий разделения ионов указанных металлов из смешанных растворов интерполимерными системами;

5. Изучение коэффициентов распределения и разделения ионов металлов в индивидуальных полимерных гидрогелях и ионообменниках.

**Методы исследования:**

**теоретические:** распространение металлов празеодима и неодима в природе, их применение и методы выделения этих металлов из различных минералов.

**эмпирические:** кондуктометрия, гравиметрия, фотоколориметрия, атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой, сканирующий электронный микроскоп, ИК спектроскопия, термогравиметрия.

**Основные положения, выносимые на защиту (доказаны научные гипотезы и другие выводы, составляющие новизну):**

1. Изменение исходного состояния одного из компонентов в интерполимерной системе приводит к изменению электрохимических свойств ионообменников и интерполимерных систем. Доказано, что при изучении физико-химических и сорбционных свойств ионитов в интерполимерных системах необходимо учитывать исходное состояние компонентов. Степень модификации функциональных групп ионообменников в системах ИП при их взаимной активации определяли методом потенциометрического титрования: Степень модификации ионообменной смолы Amberlite IR120 составила 20%, а



степень модификации ионообменной смолы АВ-17-8 – 60%.

2. При определенном соотношении кислых и основных ионитов наблюдалось значительное увеличение сорбции ионов металлов по сравнению с исходными ионитами. Интенсивная сорбция ионов празеодима в соотношении ПАК-П4ВП=3:3 через 48 часов взаимодействия, исходная концентрация снижается до 6,4 мг/л, а для ПАК до 35,2 мг/л и для П4ВП до 46,8 мг/л. Интенсивная сорбция ионов неодима наблюдается после 48 часов взаимодействия, исходная концентрации неодима снижается в соотношении Amberlite IR120-AB-17-8=5:1 до 55,6 мг/л, а для Amberlite IR120 – до 61,59 мг/л, для АВ-17-8 до 77,98 мг/л.

3. Установлено, что общая степень связывания полимерной цепи по ионам неодима и празеодима в интерполимерных системах имеет наибольшее значение при следующем соотношении гидрогеля и ионита: для иона неодима интерполимерной системы Amberlite IR120-AB-17-8=5:1 для ИП пары 3,23 %, для индивидуальных катионитов он составил 2,89%, для индивидуальных анионитов он составил 1,80%; Для иона празеодима интерполимерной системы ПАК-П4ВП=3:3 составил 3,5% для пары, 1,75% для индивидуального катионита и 1,45% для индивидуального анионита.

4. Изучена эффективная динамическая емкость индивидуальных полимерных гидрогелей и ионообменников по отношению к указанным ионам в полимере: после 48 часов взаимодействия эффективная динамическая емкость по отношению к ионам неодима составила 3,15 ммоль/мг для Amberlite IR120-AB-17-8 в соотношении 5:1, а для ионов празеодима она составила 5,54 ммоль/мг для интерполимерной системы ПАК-П4ВП в соотношении 3:3.

5. Определен метод оптимального разделения ионов Pr (III) и Nd (III) с использованием интерполимерных систем на основе гидрогелей и ионообменников с различными свойствами. Рассчитаны коэффициенты распределения и степени разделения ионов металлов в индивидуальных полимерных ионообменниках: доказано, что коэффициенты распределения ионов неодима (III) и празеодима (III) в интерполимерной системе ПАК-П4ВП показывают высокие значения при Соотношения интерполимерной системы 6:0, 5:1. В паре 6:0 он составляет 4,1832 мл/мг для ионов неодима и 9,5562 мл/мг для ионов празеодима. В паре 5:1 он составляет 2,8755 мл/мг для ионов неодима и 7,2647 мл/мг для ионов празеодима. Коэффициент распределения, рассчитанный на 1 моль полимера, показывает высокий показатель в паре 1:5. Было установлено, что он равен 0,6912 мл/мг для ионов неодима и 2,9511 мл/мг для ионов празеодима.

6. Изучена возможность разделения ионов неодима и празеодима из смешанных растворов с использованием интерполимерных систем, состоящих из двух промышленных сорбентов - КУ-2-8 ( $\text{Na}^+$ ) и АВ-17-8 ( $\text{Cl}^-$ ) в различных мольных соотношениях в двух различных режимах. В динамическом режиме сорбция при соотношениях 4:2 и 3:3 не привела к какой-либо селективности. Однако наблюдалась высокая степень сорбции обоих ионов: 99,36% для иона  $\text{Pr}^{3+}$ , 95,67% для иона  $\text{Nd}^{3+}$  в соотношении 4:2 и 81,33% для иона  $\text{Pr}^{3+}$ , 79% для иона  $\text{Nd}^{3+}$  в соотношении 3:3. В статическом режиме степень сорбции обоих



металлов оказалась существенно ниже, чем в динамическом: 19,33% для иона  $\text{Pr}^{3+}$  и 24% для иона  $\text{Nd}^{3+}$  в соотношении 4:2. Однако было доказано, что неодим сорбируется на 24,16% лучше, чем празеодим в системе 4:2, и на 39,83% лучше в системе 3:3.

**Обоснование новизны и значимости полученных результатов и соответствия направлениям научного развития или государственным программам:**

1. Впервые на основе промышленных ионитов и гидрогелей были созданы интерполимерные системы ПАК-П4ВП, ПМАК-П4ВП, КУ-2-8-АВ-17-8, Amberlite IR120-АВ-17-8, Lewatit CNP LF-АВ-17-8 и исследованы электрохимические свойства полученных ИП систем.

2. Впервые изучено влияние условий взаимной активации созданных ИП-систем на высокую степень сорбции.

3. Изучены особенности разделения ионов неодима и празеодима из водных растворов с использованием взаимно активированных ИП-систем и получены новые результаты.

4. Изучено селективное разделение ионов неодима от ионов празеодима из смешанных растворов с использованием различных молярных соотношений полимеров с различными функциональными группами, рассчитаны коэффициенты распределения и разделения.

Исследование проводилось в лаборатории синтеза и физико-химии полимеров в АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова» и на базе инженерной лаборатории «Методы физико-химических исследований» Карагандинского университета имени академика Е.А. Букетова в рамках государственного грантового финансирования по программам «Разработка технологии периодического разделения ионов редкоземельных металлов из промышленных растворов гидрометаллургии» (AP05131451, 2018–2020г.г.) и «Разработка принципиально новых методов получения ионов редких металлов на основе эффекта дальнего взаимодействия функциональных полимеров и молекулярного импринтинга» (AP08856668, 2020–2022г.г.).

**Описание вклада докторанта в подготовку каждого издания (доля автора диссертации указывается в процентах от общего текста):**

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 12 изданиях, в том числе: 2. статьи в международных научных журналах, включенных в наукометрическую базу данных Scopus (*Chemistry & chemical technology*, проценты 33 и *Polymers*, проценты 76):

1. Anomalous sorption of neodymium and praseodymium ions by intergel system polyacrylic acid hydrogel – poly-4-vinylpyridine hydrogel // *Chem. Chem. Technol.* -2022. -Vol. 16, No. 1, -P. 7–14 (соавторы: Джумадилов Т., Кондауров Р., Имангазы А., Химерсен Х., доля докторанта 65%)

2. Features of Selective Sorption of Neodymium and Praseodymium Ions by Interpolymer Systems Based on Industrial Sorbents KU-2-8 and AV-17-8 // *Polymers*. - 2025. - Vol. 17, №4. – P. 440 (соавторы: Джумадилов Т., Кабжалелов К., Корганбаева Ж., доля докторанта 65%)

5 статей опубликованные в изданиях, рекомендованных Комитетом по



обеспечению качества в сфере науки и высшего образования МНВО РК:

1. Impact of Neodymium and Scandium Ionic Radii on Sorption Dynamics of Amberlite IR120 and AB-17-8 Remote Interaction // Materials. -2021. -14, 5402. (соавторы: Джумадилов Т., Тотхускызы Б., Кондауров Р., Имангазы А., Химерсен Х., Гражилявичусь Ж., доля докторанта 65%)

2. Особенности взаимной активации интергелевой системы, состоящей из гидрогелей катионита КУ-2-8 и анионита АВ-17-8 // Химический журнал казахстана. -2020. №3(71). 116-212 Б. (соавторы: Джумадилов Т. К., Сапарбекова И. С., Суберляк О. В., доля докторанта 80%)

3. Особенности извлечения неодима интергелевой системой на основе гидрогелей полиметакриловой кислоты и поли-4-винилпиридина // Химический журнал Казахстана. -2020. №1(69). –С. 54-61. (соавторы: Джумадилов Т. К., Сапарбекова И. С., Кондауров Р.Г., Имангазы А.М., Суберляк О. В., доля докторанта 70%)

4. Specific features of praseodymium extraction by intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels // Bulletin of the University of Karaganda – Chemistry 103(3). –Р. 53-59. (соавторы: Джумадилов Т. К., Химерсен Х., Сапарбекова И. С., Имангазы А.М., Суберляк О. В., доля докторанта 70%)

5. Синтез молекулярно-импринтированных полимеров для сорбции ионов неодима // Химический журнал казахстана. -2020. №3(71). -С. 247-254. (соавторы: Джумадилов Т.К., Сапарбекова И. С., Суберляк О.В., доля докторанта 90%)

5 статей в материалах международных научно-практических конференции, в том числе дальнего и ближнего зарубежья:

1. Некоторые особенности дистанционного взаимодействия катионита КУ-2-8 с анионитом АВ-17-8 // Труды X Международного Биримжановского конгресса по химии и химической технологии. -2019. 24-25 октября. -С. 148-149. (соавторы: Джумадилов Т. К., Сапарбекова И. С., доля докторанта 80%)

2. Some features of the remote interaction of ku 2-8 cation exchanger with ab-17 anion exchanger // СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ ТА ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ Львів, 06–08 листопада 2019 р. (соавторы: Сапарбекова И. С., Суберляк О. В., Ыскак Л.К., Мырзахметова Н.О., Джумадилов Т.К., доля докторанта 65%)

3. Sorption activity of interpolymer systems and molecularly imprinted polymers based on vinyl monomers in relation to rare-earth and transition metal ions // X МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ТЕХНІЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ «Поступ в нафтогазопереробній та нафтохімічній промисловості» Львів, 18–23 травня 2020 р. (соавторы: Джумадилов Т.К., Сапарбекова И. С., Суберляк О. В., Ыскак Л.К., Имангазы А.М., Мырзахметова Н.О., доля докторанта 65%)

4. Особенности сорбции ионов неодима и лантана интерполимерной системой на основе гидрогелей полиметакриловой кислоты и поли-4-винилпиридина // «GLOBAL SCIENCE AND INNOVATIONS 2020: CENTRAL ASIA» No. 6(11). December 2020, Астана. SERIES "CHEMICAL SCIENCES" (соавтор: Ыскак Л.К., доля докторанта 65%)



