

по каждой из них, заключения, списка литературы из 130 источников, содержит 154 страницы машинописного текста, 49 рисунков и 32 таблицы.

Автором диссертационного исследования были получены новые научные результаты, к числу которых следует отнести:

- впервые определены кинетические показатели процесса растворения карбонатов РЗМ в карбонатно-щелочных средах (порядок реакции, константы скорости реакции, энергии активации);

- установлено, что лимитирующей стадией реакции растворения карбонатных малорастворимых соединений РЗМ с образованием комплексов является внешняя диффузия; энергия активации составляет от 40 до 64 кДж/моль;

- показано, что при высокой концентрации карбонат-иона преимущественно образуются комплексы РЗМ состава $\text{Ln}(\text{CO}_3)_2^-$;

- определены термодинамические условия комплексообразования РЗМ в карбонатных средах, рассчитаны константы равновесия реакции растворения карбонатов РЗМ, рассчитаны энергия Гиббса и тепловой эффект реакции процесса растворения; установлено, что ограничением растворимости может быть образование гидроксо соединений РЗМ, для которых образование карбонатных комплексов возможно только при температуре более 90°C;

- разработана методика и предложен новый подход к оценке коэффициентов активности при высокой ионной силе раствора.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Степень обоснованности и достоверности полученных результатов подтверждается значительным объемом экспериментов и детальным анализом современной отечественной и зарубежной научно-технической литературы. Исследование выполнено в лабораторных условиях на сертифицированном оборудовании. В диссертации использованы современные методы исследования, в том числе рентгенофлуоресцентный и рентгенофазовый анализ. Сходимость результатов анализов оценивалась в двух-трех параллельных экспериментах. Автор успешно использует в работе методы математической обработки данных. Научные результаты, полученные автором, находятся в соответствии с результатами исследований отечественных и зарубежных авторов. Основные положения диссертации прошли строгую и объективную апробацию в научных докладах на международных конференциях.

4. Научные результаты, их ценность

Диссертация Кашурина Руслана Романовича представляет собой завершенное научное исследование, выполненное на современном уровне, написана технически грамотным языком. Автореферат в полной мере отражает ее содержание.

Основные положения работы, результаты теоретических и экспериментальных исследований прошли апробацию и получили положительную оценку на 4-х международных и всероссийских научно-практических конференциях. Определенные в работе кинетические и термодинамические параметры растворения малорастворимых соединений РЗМ интересны с фундаментальной точки зрения, а также могут быть полезны для отрасли производства редкоземельных металлов. Полученные в диссертации

теоретические и экспериментальные результаты могут быть включены в базы данных и справочные издания.

Результаты диссертационного исследования в достаточной степени освещены в 9 печатных работах, в том числе в 2 статьях - в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (Перечень ВАК), в 3 статьях - в изданиях, входящих в международные базы данных и системы цитирования (Scopus, WoS); получено 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

5. Теоретическая и практическая значимость результатов диссертации

Полученные в ходе эксперимента, а также с помощью математического моделирования значения термодинамических констант равновесия процесса растворения, энергии Гиббса реакции растворения, теплового эффекта реакции могут быть использованы для термодинамических расчетов при изучении равновесия в карбонатно-щелочных системах и включены в соответствующие термодинамические пакеты и базы данных. Метод расчета коэффициентов активности карбонатных комплексов РЗМ может быть использован для расчетов коэффициентов активности и устойчивости комплексов для других карбонатных комплексов РЗМ. Определенные кинетические параметры процесса растворения малорастворимых соединений РЗМ (карбонаты, гидроксиды) могут использоваться как для создания новой технологии извлечения РЗМ, так и для совершенствования технологий, в которых РЗМ попадают в отходы.

6. Рекомендации по использованию результатов работы

Полученные в диссертационной работе Р.Р. Кашурина результаты могут быть рекомендованы к внедрению на металлургических и химических предприятиях, где используются гидрометаллургические процессы извлечения, выщелачивания и осаждения соединений РЗМ. Карбонатно-щелочной метод может быть использован в качестве дополнительного передела на существующих предприятиях для переработки техногенных отходов с содержанием РЗМ (в том числе красного шлама, фосфогипса), повышающего глубину переработки минерального сырья. Кроме того, результаты диссертационной работы могут быть использованы при создании новых процессов разделения близких по свойствам радиоизотопов редкоземельных элементов.

7. Замечания и вопросы по содержанию диссертационной работы

По диссертационной работе Кашурина Руслана Романовича можно сделать следующие замечания:

1. Использованный в диссертации термин «бикарбонатные» комплексы является неоднозначным, поскольку бикарбонатом называют анион гидрокарбоната HCO_3^- . Лучше использовать однозначный термин дикарбонатные комплексы.

2. Из текста диссертации непонятно, каким образом определялась и контролировалась площадь частиц карбонатов РЗМ в опытах по определению скорости растворения осадков в карбонатных средах?

Указанные замечания по диссертации Кашурина Руслана Романовича не ставят под сомнение качество и основное содержание выполненного исследования, ценность полученных результатов и выводов.

8. Заключение по диссертации

Диссертация «Влияние природы неорганического аниона-лиганда на поведение иттрия и лантаноидов при переработке техногенного сырья», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия полностью отвечает требованиям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет», утвержденного приказом ректора Горного университета от 20.05.2021 № 953 адм, а ее автор **Кашурин Руслан Романович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.4.4. Физическая химия.

Доклад по материалам диссертации заслушан, отзыв на диссертацию и автореферат диссертации **Кашурина Руслана Романовича** обсужден и утвержден на заседании секции Радиохимических исследований Научно-технического совета Акционерного общества «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина», протокол № 72 от 31 августа 2023 года.

Председатель заседания

Ученый секретарь-начальник отдела ученого секретаря
Акционерного общества «Радиевый институт имени
В.Г. Хлопина»
доктор химических наук, с.н.с

Смирнов Игорь Валентинович

Секретарь заседания

Начальник лаборатории комплексных технологий
по выделению изотопов и продуктов деления
Акционерного общества «Радиевый институт имени
В.Г. Хлопина»

Тюпина Маргарита Юрьевна

Подписи Смирнова Игоря Валентиновича и Тюпиной Маргариты Юрьевны заверяют

Ведущий специалист

с.н.с. Богданов



Сведения о ведущей организации:

Акционерное общество «Радиевый институт имени В.Г. Хлопина»
Почтовый адрес: 194021, Россия, Санкт-Петербург, 2-ой Муринский пр., д. 28
Официальный сайт в сети Интернет: <https://khlopin.ru>
эл. почта: radium@khlopin.ru, телефон: +7 (812) 346-90-29