



**Российская академия наук
Российский фонд фундаментальных исследований
Южный федеральный университет
ФГБУН Институт химии растворов РАН
ФГБУН Институт общей и неорганической химии РАН
ФГБУН Институт Фотонных Технологий ФНИЦ
«Кристаллография и фотоника» РАН
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова
ЗАО «ШАГ»
Редакционная коллегия журнала
«Сверхкритические флюиды: теория и практика»**

**X Научно-практическая конференция
с международным участием «Сверхкритические флюиды:
фундаментальные основы, технологии, инновации»**

ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ

*30 сентября - 06 октября 2019 г.
г. Ростов-на-Дону*

ДОН-2019

Севастьянов В.И. [УД-2](#)
[З-15](#)

Селиванова Н.В. [СТ-30](#)

Сергеев А.А. [УД-36](#)

Сеткова Т.В. [УД-31](#)
[СТ-28](#)

Симонов М.Н. [УДМ-17](#)

Синев М.Ю. [УД-23](#)
[СТ-34](#)

Сипягина Н.А. [З-14](#)

Скребец Т.Э. [УД-32](#)
[СТ-36](#)

Скрипов П.В. [УД-34](#)

Слобода А.А. [СТ-31](#)

Смаль Е.А. [УДМ-17](#)

Смирнова И. [ПЛ-7](#)

Смирнова Т.Г. [УД-1](#)

Смоленцев Д.В. [СТ-51](#)

Сокол М.Я. [КЛ-6](#)

Соколов И.Е. [УДМ-26](#)

Соловьева А.Б. [УД-4](#)
[УД-8](#)
[УД-13](#)
[УДМ-5](#)
[СТ-12](#)

Сошин С.А. [СТ-45](#)

Степачёва А.А. [УД-27](#)
[УД-38](#)

Сульман Э.М. [УД-27](#)
[УД-38](#)
[СТ-18](#)

Сургученко В.А. [З-15](#)

Сулова Е.Н. [УДМ-6](#)

Сысоев А.В. [УД-14](#)

Сысоева А.В. [УД-22](#)

Сячина М.А. [УД-1](#)
[УД-6](#)
[СТ-21](#)

T

Тедеева М.А. [УДМ-14](#)

Темников М.Н. [КЛ-4](#)

Тимашев П.С. [КЛ-3](#)
[УДМ-2](#)
[УДМ-5](#)
[СТ-12](#)

Тимашев С.Ф. [УД-4](#)

Ткачев А.Г. [СТ-23](#)
[СТ-25](#)

Ткачева Г.Д. [СТ-45](#)

Токпаев Р.Р. [УД-35](#)

Трифанова Е.М. [СТ-20](#)

Тулеуханов С.Т. [СТ-45](#)

Тырков А.Г. [З-8](#)

Тюнина Е.Ю. [СТ-22](#)

У

Ульяновский Н.В. [УД-24](#)
[УДМ-19](#)
[СТ-40](#)

Ункпатэн Д.Д. [СТ-50](#)

Усманов Р.А. [УДМ-23](#)
[СТ-45](#)
[СТ-50](#)

Устинович К.Б. [УД-12](#)
[СТ-4](#)
[СТ-24](#)

Устюгов А.А. [З-10](#)

Ушакова Е.В. [СТ-16](#)

Ушакова О.В. [УД-9](#)

Ф

Фарахов М.И. [УД-37](#)
[СТ-27](#)

Фаттахова З.Т. [УД-23](#)

Федорова В.Е. [УДМ-17](#)

Федотов А.В. [З-16](#)

Федяева О.Н. [КЛ-6](#)
[УДМ-25](#)

Филиппов А.А. [УД-26](#)
[УДМ-22](#)

Фомичев В.В. [УДМ-26](#)

Фонкоу М.Д. [СТ-50](#)

Фролов А.В. [З-5](#)

СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ФЛЮИДНАЯ ЭКСТРАКЦИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ФОСФОГИПСА

Наурызбаев М.К., Хаваза Т.Н., Токпаев Р.Р., Ибраимов З.Т., Атчабарова А.А.,
Бекназаров К.И., Злобина Е.В.

*Центр физико-химических методов исследования и анализа Казахского
национального университета имени аль-Фараби, г. Алматы, Республика
Казахстан*

E-mail: nauryzbaev@cfhma.kz

На сегодняшний день актуальным вопросом в производстве редкометалльной продукции является разработка высокоэффективных технологий по извлечению редкоземельных металлов (РЗМ) как из богатого, так и из бедного, трудно вскрываемого сырья [1]. Одним из перспективных вторичных источников, содержащих РЗМ на территории Казахстана, является фосфогипс – отход, образующийся при переработке фосфоритов Каратау. Суммарное содержание РЗМ в данном сырье достигает ~ 0,5% масс. В настоящее время объемы отвалов фосфогипса предприятия ТФ ТОО «Казфосфат» «Минеральные удобрения» составляют свыше 13 млн. тонн, а также происходит ежегодное увеличение объема отвалов на 1 млн. тонн [2]. При хранении фосфогипса на открытых территориях происходит загрязнение окружающей среды. На воздухе он пылится, оставляя вредные примеси, также эти примеси загрязняют водоносные слои почвы и водоемы, так как некоторые из них являются водорастворимыми. Поэтому вопрос переработки фосфогипса остро стоит во всех странах, имеющих такие отходы.

Целью исследования является разработка высокоэффективных, энергосберегающих сверхкритических технологий переработки сырья и промышленных отходов для извлечения РЗМ.

В настоящей работе нами изучены процессы извлечения иттрия, церия и лантана из фосфогипса в обычных и сверхкритических условиях. Установлены режимы эффективного перевода РЗМ в раствор из фосфогипса (состав разлагающей смеси, соотношение Т:Ж, время выщелачивания, частота

микроволнового излучения, давление и температура) в открытом и автоклавном режиме с микроволновой подготовкой («Speedwave4», Berghof). Применение смеси $\text{HNO}_3\text{-H}_2\text{O}_2$ в открытых условиях позволяет достичь следующих показателей извлечения: Y – 116,4 ppm, Ce – 143 ppm, La – 89,4 ppm. В режиме с микроволновой подготовкой наиболее высокие показатели извлечения достигаются с применением H_2SO_4 разб.- H_2O_2 : Y – 179 ppm, Ce – 148,8 ppm, La – 134,6 ppm. Количественный анализ РЗМ проводили методом ICP-MS.

Экстракция иттрия, церия и лантана была проведена из стандартных азотнокислых растворов, и из растворов, полученных при вскрытии фосфогипса. В качестве экстрагентов применяли растворы три-н-бутилфосфата (ТБФ) и ди-2-этилгексил фосфорной кислоты (Д2ЭГФК) в керосине. Определены оптимальные условия экстракции РЗМ из их стандартных растворов, для иттрия: $T_{\text{равн}}=3$ мин., $C_{\text{Д2ЭГФК}}=10\%$, O:B=1:10. Полученные экспериментальные данные были применены для сверхкритической CO_2 -экстракции РЗМ. Из литературных данных [3-4] установлено, что экстракция лантаноидов в сверхкритическом диоксиде углерода, насыщенного аддуктом ТБФ- HNO_3 из их оксидов, протекает более эффективно при повышении давления с 85 до 250 атм. и понижении температуры с 80 до 33 °С. Стандартный раствор металла помещали в ячейку для экстракции, добавляли экстрагент – ТБФ или Д2ЭГФК в соотношении O:B=1:10. Концентрация ТБФ в СК- CO_2 составляла 3% масс., температура в системе 45 °С, давление 200 бар. Экстракцию в системе Y-Д2ЭГФК-СК- CO_2 проводили по вышеуказанной методике. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности использования метода сверхкритической CO_2 -экстракция для извлечения РЗМ из растворов выщелачивания фосфогипса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Yahorava, V., Lakay, E., Clark, W., & Strauss, J. Hydrothermal Modification of Phosphogypsum to Improve Subsequent Recovery of Rare Earths // Extraction 2018. – Springer, Cham, 2018. – P. 2415-2427.
2. Проект нормативов обращения с отходами для ТФ ТОО «Казфосфат» «МУ». –Шымкент: ТОО «КазНИИхимпроект», 2010.

3. Самсонов М. Д., Трофимов, Т. И., Куляко, Ю. М., Винокуров, С. Е., Маликов, Д. А., Баторшин, Г. Ш., & Мясоедов, Б. Ф. Выделение редкоземельных элементов, урана и тория из монацитового концентрата методом сверхкритической флюидной экстракции // Радиохимия. – 2015. – Т. 57. – №4. – С. 291-294.
4. Мясоедов Б.Ф., Куляко Ю.М., Шадрин А.Ю., Самсонов М.Д. Сверхкритическая флюидная экстракция радионуклидов // Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика. – 2007. – Т. 2. - №3 – С. 5-24.