

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 2.6.02.07
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «01» февраля 2022 г. № 2

о присуждении Кириллову Сергею Владимировичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Физико-химические основы интенсификации процесса извлечения редкоземельных металлов из фосфогипса» по специальности 2.6.8. Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов принята к защите диссертационным советом УрФУ 2.6.02.07 «20» декабря 2021 г. протокол № 10.

Соискатель, Кириллов Сергей Владимирович, 1979 года рождения, в 2002 году окончил ГОУ Уральский государственный технический университет - УПИ по специальности «Химическая технология материалов современной энергетики»;

в 2005 году окончил очную аспирантуру ГОУ ВПО «Уральский государственный технический университет - УПИ» по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов; был прикреплен к ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» в качестве экстерна для сдачи кандидатских экзаменов по направлению 18.06.01 Химическая технология (Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов) с 01.06.2017 по 25.07.2017 г.;

работает в должностях ведущего инженера лаборатории приборного и информационного обслуживания технологических процессов и старшего преподавателя (по совместительству) кафедры редких металлов и наноматериалов Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина».

Диссертация выполнена на кафедре редких металлов и наноматериалов Физико-технологического института ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор химических наук, профессор, Рычков Владимир Николаевич, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Физико-технологический институт, кафедра редких металлов и наноматериалов, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Литвинова Татьяна Евгеньевна – доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», факультет переработки минерального сырья, кафедра физической химии, заместитель заведующего кафедрой;

Пимнева Людмила Анатольевна – доктор химических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Строительный институт, кафедра общей и специальной химии, заведующий кафедрой;

Мальцев Геннадий Иванович – доктор технических наук, старший научный сотрудник, АО «Уралэлектромедь», г. Верхняя Пышма, Свердловская обл., Исследовательский центр, главный специалист

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 3 статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ и входящих в международные реферативные базы данных Scopus и Web of Science. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 1,804 п.л., авторский вклад – 0,283 п.л.

Основные публикации по теме диссертации

статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1. Rychkov, V. Best Practices of Russia and Finland in Extracting REE from Fertilizer Waste / V. Rychkov, P. Koukkari, **S. Kirillov**, E. Kirillov // Technogen Conference Proceedings : International Conference with Elements of School for Young Scientists on Recycling and Utilization of Technogenic Formations, Ekaterinburg, 05–08 июня 2017 года. – Ekaterinburg: Knowledge E, 2017. – P. 168-173. (0,375 п.л. / 0,01 п.л.) (Web of Science).

2. Rychkov, V. N. Recovery of rare earth elements from phosphogypsum / V. N. Rychkov, E. V. Kirillov, **S. V. Kirillov**, V. S. Semenishchev, G. M. Bunkov, M. S. Botalov, D. V. Smyshlyaev, A. S. Malyshev // Journal of Cleaner Production. – 2018. – Vol. 196. – P. 674-681. (0,5 п.л./ 0,07 п.л.) (Web of Science, Scopus).

3. Malyshev, A. S. Influence of mechanoactivation on kinetics of REE leaching from phosphogypsum / A. S. Malyshev, **S. V. Kirillov**, E. V. Kirillov G. M. Bunkov, M. S. Botalov, D. V. Smyshlyaev, V. N. Rychkov // AIP Conference Proceedings : Proceedings of the VI International Young Researchers Conference Physics, Technologies and Innovation, PTI 2019, Ekaterinburg, 20–23 мая 2019 года. – Ekaterinburg: American Institute of Physics Inc., 2019. – P. 020038. (0,374 п.л. / 0,05 п.л.) (Scopus).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. **Михеенкова Михаила Аркадьевича**, кандидата технических наук, старшего научного сотрудника ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит замечания, в которых указывается на необходимость разъяснения термина «центр кристалла» и механизма появления полугидрата кальция в структуре дигидрата.

2. **Нечаева Андрея Валерьевича**, кандидата технических наук, Генерального директора АО «ГК «Русредмет», и **Полякова Евгения Георгиевича**, доктора химических наук, профессора, советника по науке АО «ГК «Русредмет», г. Санкт-Петербург. Содержит вопросы, связанные с достигнутым сквозным извлечением редкоземельных элементов (далее – РЗЭ) из фосфогипса и возможным изменением состава коллективного концентрата РЗЭ, полученного по предлагаемой технологии с исходным распределением РЗЭ в фосфогипсе.

3. **Сафронова Владимира Леонидовича**, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры химии и технологии материалов современной энергетики, и **Муслимовой Александры Валерьевны**, кандидата химических наук, доцента кафедры химии и технологии материалов современной энергетики Северского технологического института – филиала ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МИФИ», г. Северск, Томская обл. Содержит вопросы, связанные с установлением связи между необходимостью

применения механоактивации и формой нахождения РЗЭ по кристаллам сульфата кальция.

4. **Николаевой Ирины Ивановны**, кандидата биологических наук, заместителя начальника инженерно-аналитического центра ПАО «Акрон», г. Нижний Новгород. Содержит вопросы о влиянии организации процесса сорбционного выщелачивания РЗЭ из пульпы фосфогипса на износ смолы.

5. **Лебеда Андрея Борисовича**, доктора технических наук, старшего научного сотрудника, заведующего кафедрой металлургии НЧОУ ВО «Технический университет УГМК», г. Верхняя Пышма, Свердловская обл. Содержит вопросы о химическом составе фосфогипса после извлечения редкоземельных металлов и проведении санитарно-гигиенической экспертизы отмытого фосфогипса.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в области концентрирования и разделения редких и редкоземельных элементов из сложных природных объектов, что подтверждается публикациями в рецензируемых российских и международных научных изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения в области извлечения РЗЭ из фосфогипса, имеющие существенное значение для развития страны.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Положения, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

– с использованием разработанной автором методики на основе времяпролетной вторичной ионной масс-спектрометрии определено распределение РЗЭ в объеме кристаллов сульфата кальция. Показана существенная неравномерность распределения РЗЭ в объеме кристаллов дигидрата сульфата кальция. Обогащение по лантаноидам ближе к поверхности минерала обусловлено

изменением его фазового состава с переходом от дигидратной формы от центра кристалла к полугидратной модификации к поверхности. Показано, что при получении экстракционной фосфорной кислоты по полугидратной схеме РЗЭ равномерно распределяются по объему кристаллов сульфата кальция;

– установлено, что существенное влияние на свойства фосфогипса и эффективность извлечения из него РЗЭ оказывает механоактивация. В зависимости от времени механоактивации увеличивается степень его аморфизации. Изменение степени выщелачивания РЗЭ из фосфогипса обусловлено увеличением дефектности кристаллической решетки на начальном этапе механоактивации и увеличением удельной поверхности в последующем;

– доказано, что сорбционное выщелачивание обеспечивает повышенную степень извлечения лантаноидов из фосфогипса за счет повышения кислотности раствора, которая обеспечивается десорбированными из катионита ионами водорода. Максимальная степень извлечения РЗЭ достигается при использовании ионитов в водородной и кальциевой форме при рН пульпы, равной единице. Равновесие сорбции лантана из пульпы фосфогипса катионитом удовлетворительно описывается уравнением Фрейндлиха и устанавливается значительно медленнее, чем при сорбции из растворов.

Технология извлечения РЗЭ из фосфогипса ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод» апробирована на специально созданной укрупненной экспериментальной установке ООО «Новая металлургия». В процессе испытаний переработано 46 тонн фосфогипса и получено 110 кг карбонатного концентрата, содержащего более 50 % РЗЭ. По результатам испытаний разработана технологическая схема, рассчитан материальный баланс и подготовлено технико-экономическое обоснование создания на ОАО «СУМЗ» производства по комплексной переработке фосфогипса мощностью 500 тыс. тонн/год.

Представленные в диссертации результаты подтверждают перспективу практического использования разработанных технологических решений на предприятиях, производящих минеральные удобрения, с целью утилизации накопленных отходов фосфогипса и создания производства редкоземельных

элементов, имеющих существенное значение для развития высокотехнологичных отраслей в Российской Федерации.

На заседании 01 февраля 2022 г. диссертационный совет УрФУ 2.6.02.07 принял решение присудить Кириллову С.В. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 2.6.02.07 в количестве 19 человек, в том числе 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председ
диссертационного со
УрФУ 2.6.02.07

Ученый секретарь
диссертационного со
УрФУ 2.6.02.07

01.02.2022 г.



Капустин Федор Леонидович

Семенович Владимир Сергеевич