Отзыв официального оппонента Свиридова Алексея Владиславовича, доцента кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов ФГБОУ ВПО «Уральский государственный лесотехнический университет» на диссертационную работу Кириллова Евгения Владимировича «Разработка сорбционной технологии извлечения редкоземельных элементов из растворов подземного выщелачивания урана», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов

Общая характеристика работы

Диссертационная работа выполнена в ФГАОУ ВО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». Работа изложена на 189 страницах машинописного текста и включает в себя 102 рисунка и 42 таблицы.

Диссертация состоит из введения, шести глав с выводами по каждой из них, заключения и библиографического списка, включающего в себя 223 литературных источника, опубликованных в промежуток времени от 1956 до 2016 гг.

Основное содержание работы представлено в 8 статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 5 патентах на изобретение, 17 тезисах докладов на всероссийских и международных конференциях.

Основное содержание работы полностью изложено в автореферате.

Во **введении** излагается актуальность проводимой работы, степень разработанности темы, цели и задачи диссертационного исследования. Приведены научная новизна и теоретическая значимость работы. Кратко излагается практическая значимость работы, методология и методы исследования, а также основные положения, выносимые на защиту. Представлена апробация работы на международных и всероссийских конференциях с 2003 по 2015 годы.

Первая глава работы является обзором литературы, посвященным публикациям в которых описаны наиболее перспективные и эффективные

сорбенты, используемые для концентрирования редкоземельных элементов (РЗЭ) из кислых растворов. Рассмотрены химические структуры используемых сорбентов. Сорбенты, выбранные из литературных источников, разделены по типу координации с извлекаемым элементом на катиониты и аниониты.

Исходя из литературных данных, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, которые необходимо решить для разработки сорбционной технологии извлечения и дезактивации РЗЭ из растворов подземного выщелачивания урана.

Во **второй главе** приводится описание материалов, использованных в работе. Приведены методы спектрометрических и радиометрических измерений, методика исследований процессов сорбции и экстракции металлов из растворов подземного выщелачивания урана, а также методика исследований сорбционно-хроматографических характеристик сорбентов.

В **третьей главе** произведен расчет ионного равновесия РЗЭ в растворах подземного выщелачивания урана с использованием математической программы ChemSheet. Приведены диаграммы распределения форма железа и лантана в среде серной кислоты. Определено нахождение лантана в виде положительно заряженных или нейтральных комплексов, играющих основную роль в процессах сорбции или экстракции.

Также приведены результаты выщелачивания компонентов из урановых руд Далматовского месторождения.

Четвертая глава посвящается сорбции РЗЭ из модельных сульфатных растворов и растворов подземного выщелачивания на различных типах ионитов. Оптимизирован режим отмывки ионитов серной кислотой и режим десорбции сульфатом аммония. Изучен процесс осаждения концентрата РЗЭ раствором углеаммонийной соли. Сделан вывод о том, что при сорбции РЗЭ из растворов с большим содержанием ионов железа(III) и Al лучше использовать сульфокатиониты с большим содержанием дивинилбензола. Сорбцию РЗЭ из растворов подземного выщелачивания урана следует вести на макропористом сульфокатионите, содержащем 16% дивинилбензола. При

его использовании удается получить концентрат с содержанием РЗЭ не менее 30%.

В пятой главе приведены результаты исследования экстракционных систем для концентрирования РЗЭ из сульфатных растворов с использованием впервые синтезированных соединений и уже используемых экстрагентов. Проведено исследование новых экстракционных систем на основе производных 2-фосфорилфенолов, амилфосфоновой кислоты и фосфорилподандов кислотного типа для концентрирования и разделения РЗЭ из сульфатных растворов. Установлено, что по экстракционным и селективным свойствам по отношению к РЗЭ, исследованные соединения не уступают, а в целом ряде случаев превосходят Д2ЭГФК – хорошо известный эффективный экстрагент РЗЭ.

Синтезирован ряд импрегнатов, как для эффективного группового выделения, так и для разделения РЗЭ из сульфатных растворов. Показана возможность отделения РЗЭ от основных породообразующих элементов.

Шестая глава посвящена технологии сорбционного извлечения РЗЭ из растворов подземного выщелачивания урана и её опытно-промышленной апробации в цехе добычи урана АО «Далур». Приведены результаты полуторагодичных испытаний технологии. Получены концентраты карбонатов с содержанием РЗЭ 50-55% и суммой примесей не более 1%. Приведена радиохимическая характеристика исходного концентрата РЗЭ и возможные варианты его дезактивации. Для первичной дезактивации концентрата РЗЭ предлагается использовать ТВЭКС Lewatit VP OC 1026, в солянокислой среде, pH = 0,8-1. При этих условиях коэффициент очистки концентрата РЗЭ от актиния составляет не менее 100.

Актуальность темы диссертационной работы заключается в необходимости создания современной ресурсосберегающей технологии извлечения и концентрирования РЗЭ и восстановлении производства редкоземельных элементов в России. В связи с чем, проведен поиск новых избирательных методов извлечения РЗЭ. Актуальным также является проведение исследований по поиску и синтезу сорбентов с улучшенными характеристиками для эффективного решения таких технологических задач.

Практическая ценность работы заключается в создании технологии извлечения РЗЭ из возвратных растворов подземного выщелачивания урана с получением не менее чем 50 % коллективного концентрата. Также показана возможность отделения РЗЭ от породообразующих и радиоактивных элементов с использованием синтезированных импрегнатов и ТВЭКСов. Полученные закономерности использованы для дезактивации получаемого концентрата РЗЭ.

Новизна исследования и полученных результатов. Установлено, что использование макропористых сульфокатионитов с повышенным содержанием дивинилбензола, позволяет выделить РЗЭ из сульфатных растворов с высоким содержанием железа и алюминия.

Впервые синтезирован ряд импрегнатов на основе полимерного носителя и октилового эфира пентилфосфоновой кислоты, смеси пара-, мета- и орто-изомеров ди (толил)фосфиновых кислот и диалкилфосфата тетраалкиламмония для эффективного группового выделения РЗЭ из сульфатных растворов.

Достоинства работы.

К достоинствам можно отнести значительный объем проделанной экспериментальной работы. Использование в работе современных методов исследования, с помощью которых проводилось изучение полученных диссертантом сорбентов и экстрагентов. Длительные опытно-промышленные испытания технологии, подтверждающие надежность полученных экспериментальных данных. Оптимизация основных стадий технологического процесса, позволившая решить сложную технологическую задачу извлечения, концентрирования РЗЭ и получить концентрат с высоким содержанием продукта и низким содержанием примесей.

Недостатки.

В тексте диссертации присутствуют некоторые грамматические ошибки и опечатки. Отсутствие в тексте диссертации методик синтеза и аттестации впервые полученных экстрагентов.

По диссертационной работе возникли следующие вопросы и замечания:

– Сравнение сорбционных характеристик различных типов ионитов проведено на примере лантана. В то же время, в технологической части работы указано, что при дезактивации концентрата РЗЭ происходит практически полная потеря лантана и в конечном продукте его не остается. Насколько приемлем выбор именно лантана, как объекта сорбционных исследований?

– Из текста диссертации не ясно какой именно из исследованных в работе сорбентов используется в технологическом процессе. На основании каких данных был осуществлен выбор сорбента, используемого в технологическом процессе?

– Какие существуют возможности дальнейшего снижения радиоактивности основного продукта – концентрата РЗЭ?

– В работе не упоминаются величины радиоактивности образующихся в ходе технологических операций твердых и жидких отходов (концентрата железа-алюминия и сточных вод). Как будут решены экологические вопросы обезвреживания отходов создаваемой технологии?

Высказанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что в диссертационной работе Е.В.Кириллова получены ценные в научном и прикладном отношении результаты, на основании которых сделаны обоснованные выводы. Таким образом, диссертационная работа Е.В. Кириллова на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена **научная задача** создания сорбционной технологии извлечения редкоземельных элементов из растворов подземного выщелачивания урана на основании исследования различных классов ионитов для селективной сорбции РЗЭ из возвратных растворов подземного выщелачивания урана.

Диссертация **полностью соответствует** требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24.09.2013, № 842 с изменениями от 21 апреля 2016 г. № 335, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее

автор Кириллов Е.В. присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

Официальный оппонент:
доцент кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет», кандидат технических наук

Почтовый адрес: 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, д.37, УЛК-5 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет»,
телефон: 8(343)262-97-61
адрес электронной почты: asv1972@mail.ru

Свиридов Алексей Владиславович

Подпись Свиридова А.В.
заверяю
02.12.2016 г.