Отзыв официального оппонента Свиридова Алексея Владиславовича, доцента кафедры химической технологии древесины, биотехнологии и наноматериалов ФГБОУ ВО «Уральский государственный лесотехнический университет» на диссертационную работу Титовой Светланы Михайловны «Разработка технологии сорбционного извлечения урана из сульфатно-хлоридных растворов скважинного подземного выщелачивания», 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 на кафедре редких металлов и наноматериалов ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина». Работа изложена на 177 страницах машинописного текста и включает в себя 56 рисунков, 34 таблицы и 2 приложения.

Диссертация состоит из введения, шести глав с выводами по каждой из них, заключения и библиографического списка, включающего в себя 161 литературных источник.

Основное содержание работы представлено в 3 статьях, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, 1 патенте на изобретение, 6 работ в тезисах докладов на всероссийских и международных конференциях.

Основное содержание работы полностью изложено в автореферате.

Во **введении** излагается актуальность темы исследования, степень разработанности темы, цель и задачи диссертационного исследования. Приведены научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы. Кратко излагается практическая значимость работы, методология и методы исследования, а также основные положения, выносимые на защиту. Представлена степень достоверности результатов и апробация работы.

Первая глава работы является обзором литературы, посвященным публикациям в которых описаны наиболее перспективные и эффективные сорбционные технологии извлечения урана из технологических растворов подземного выщелачивания и их отдельные стадии.

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

Во **второй главе** приводится описание методик проведения анализа, использованных в работе. Приведены методы определения характеристик исследуемых ионообменных смол, методики исследования сорбции урана, регенерации ионитов, а также методики исследования полученных урановых концентратов.

В **третьей главе** приводятся результаты исследования процесса сорбционного извлечения урана из сернокислых растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов. Изучена сорбция/десорбция урана в статическом и динамическом режимах на ионитах гелевой и макропористой структуры. Приведены ИК-спектры ионитов после процесса сорбции и предложен механизм сорбции урана. Представлены модели сорбции Ленгмюра и Фрейндлиха для данного процесса. Рассмотрено влияние концентрации хлорид-иона на параметры сорбционного процесса

Четвертая глава посвящена основным методам получения концентратов урана. Разработан комбинированный метод осаждения концентрата урана, который заключается в нейтрализации нитратно-сернокислого десорбата на первой стадии до pH 3,0-4,0 аммиаком и на второй стадии до pH 6,7-6,8 раствором углеаммонийной соли. Данный метод позволяет существенно экономить дорогостоящий осадитель – углеаммониную соль и создать оптимальные условия для получения хорошо отстаиваемых и фильтруемых концентратов урана.

В пятой главе приведены результаты исследований, на которых основана разработка технологии осаждения урана из нитратно-сернокислых десорбатов аммиаком. Определено оптимальное значение pH процесса для получения максимального выхода урана и наилучших фильтрационных и седиментационных свойств суспензии урана. Показано влияние значения pH на элементный состав концентрата, его гранулометрический состав и насыпную плотность.

В шестой главе представлена разработанная технологическая схема сорбционного извлечения урана из сульфатно-хлоридных растворов с получением готового продукта, удовлетворяющего требованиям международного стандарта ASTM C 967-13. Приведены результаты успешных опытно-промышленных испытаний предлагаемой технологии. Рассчитан экономический эффект применения двухстадийной технологии осаждения урана.

Актуальность темы диссертационной работы заключается в необходимости создания для России современной технологии получения уранового концентрата в соответствии с международным стандартом ASTM C967-13B. Для добычи урана в условиях месторождения Добровольное актуальной задачей также является разработка технологии извлечения урана из сернокислых продуктивных растворов с повышенным содержанием хлорид-ионов.

Практическая ценность работы. Разработана технология сорбционной переработки продуктивных растворов подземного выщелачивания урана с высоким содержанием хлорид-ионов для внедрения в производственный цикл при отработке месторождения Добровольное (АО «Далур»). Используемые в технологии методы нейтрализации нитратно-сернокислого десорбата позволяют получать конечный продукт высокого качества, соответствующий требованиям международного стандарта ASTM C967-13.

Технология внедрена в действующий производственный цикл АО «Далур».

Новизна исследования и полученных результатов. Впервые определены значения сорбционных характеристик (СОЕ, ДОЕ, ПДОЕ) винилпиридинового ионита Axionit VPA-2 по отношению к урану при извлечении из сульфатно-хлоридных растворов, построены и описаны изотермы сорбции. Установлено влияние рабочей формы ионита, а также концентрации хлорид-ионов в растворе на величину емкости по урану. Раскрыт механизм сорбции урана из сульфатно-хлоридных растворов винилпиридиновым ионитом Axionit VPA-2. Рассчитаны значения степеней десорбции урана из фазы насыщенного винилпиридинового ионита, и определено влияние состава десорбирующего раствора на эффективность десорбции урана. Определен элементный и фазовый состав урановых концентратов, полученных при нейтрализации нитратно-сернокислых десорбатов комбинированным амиiачно-углеаммонийным методом.

Достоинства работы.

Работа проведена на высоком научно-техническом уровне с использованием современных методов исследования сорбционного процесса извлечения урана. Проделан большой объем экспериментальной работы на стадиях лабораторных исследований и опытно-промышленных испытаний.

Результаты опытно-промышленных испытаний технологии подтвердили полученные лабораторные данные и позволили осуществить внедрение технологии в производственный цикл АО «Далур».

Детально изучены и оптимизированы все основные технологические стадии процесса извлечения урана из сульфатно-хлоридных растворов: сорбции, десорбции, денитрации, осаждения и получения пульпы продукта. Это позволило решить сложную технологическую задачу: получить конечный продукт высокого качества с существенным экономическим эффектом.

По диссертационной работе возникли следующие вопросы и замечания:

– В таблице 2.3 не указана механическая прочность ионита VPA-2, принятого за основной ионообменный материал в технологии. Соответствует ли механическая прочность данного ионита технологическим требованиям?

– В соответствии с диаграммой 2.3. доля незаряженных комплексных форм урана UO2Cl2 и UO2SO4 составляют 35 и 15 процентов соответственно. Каким образом происходит адсорбция этих форм урана на исследуемых в работе анионитах?

– Чем объясняется различие в размерах доверительных интервалов для разных ионитов на рисунках 3.7 и 3.8?

– При изучении кинетики сорбции, процессов десорбции и денитрации урана сопоставляются данные для анионитов Purolite A660/4759 и Axionit-VPA-2, отсутствуют данные для используемого на АО «Далур» ионита АМП. В то же время, в данных процессах желательно сопоставить используемый ионит АМП с предлагаемым к внедрению ионитом VPA-2;

– Процесс денитрации ионообменных смол проходит при большом содержании серной кислоты (до 70 г/дм^3). Проводилось ли изучение химической стойкости ионита Axionit-VPA-2?

– На принципиальной схеме сорбционного извлечения урана (рисунок 6.1.) перепутаны обозначения «движение ионита» и «движение водной фазы».

Высказанные замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Оценивая работу в целом, можно заключить, что в диссертационной работе С.М.Титовой получены ценные в научном и прикладном отношении результаты, на основании которых сделаны обоснованные выводы. Таким образом, диссертационная работа С.М.Титовой 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 урана из сульфатно-хлоридных растворов скважинного подземного выщелачивания.

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 Титова С.М. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.02 – Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

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

_ _____Свиридов Алексей Владиславович

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

22.04.2019 г.

Подпись Свиридова А.В. заверяю

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
ВЕД. ИНЖЕНЕР КПУ
Заикина И.М.
22.04.2019

ПРАВОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ