



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ  
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР  
им. академика Н.В. Мельникова РАН  
(ИПКОН РАН)

111020, Москва, Е-20

Крюковский тупик, 4

тел. (495)360-89-60, факс (495)360-89-60

«16» 02 18 г. № 13166-6514/65

на № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ г..

[ \_\_\_\_\_ ]

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПКОН РАН

чл.-корр. РАН



В.Н. Захаров

« \_\_\_\_\_ » февраля 2018 г.

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (ИПКОН РАН)**

**на диссертационную работу Майникова Дмитрия Вячеславовича «Повышение эффективности процесса классификации и отмывки продуктов выщелачивания руд на основе использования колонных аппаратов с пульсационным перемешиванием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»**

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из введения, шести глав, выводов, заключения, списка условных обозначений, списка использованной литературы из 144 наименований, двух приложений, изложена на 133 страницах машинописного текста, включает 43 рисунка и 25 таблиц.

#### *Актуальность темы исследования*

В настоящее время в России потребность урана превосходит его производство в 6-7 раз. В связи с этим, в ближайшем будущем возникнет необходимость в увеличении производства урана из собственного минерального сырья, например, за счет переработки руд Эльконского месторождения, где сосредоточено до 6% общемировых извлекаемых запасов урана. Эти руды, в которых ценный компонент, в основном, представлен трудновскрываемым минералом браннеритом, представляется возможным перерабатывать по схеме, включающей загрузление помола и выщелачивание руды в автоклавах с последующей сорбцией урана из пульпы. Однако при таком способе переработке присутствующие в пульпе пески (крупнодисперсная фракция с размером частиц более 0,1 мм) истирают ионообменные смолы и накапливаются в «мертвых зонах» аппаратов сорбции.

Кроме того, ранее в гидрометаллургии урана при переработке руд по «песковой» схеме с загрузлением помола до крупности 0,3-0,4 мм (и более) процессы разделения твердого материала, выделения и промывки песков перед сорбцией из пульпы осуществляли в многоступенчатой системе спиральных классификаторов и гидроциклонов. Эти способы подготовки пульпы к процессу сорбции имеют целый ряд существенных недостатков:



характеризуются невысокой степенью отмывки, требуют несколько ступеней промывки и более высокого удельного расхода промывного раствора для достижения приемлемых результатов отмывки растворимых веществ, а также значительных затрат, связанных с ремонтом оборудования.

Помимо этого промышленные спиральные классификаторы занимают значительные площади в цехах, а классификаторы, гидроциклоны и насосы, перекачивающие пульпу, постоянно подвергаются истиранию за счет абразивного воздействия песков. Вышеперечисленные недостатки снижают эффективность применения этих аппаратов для процессов классификации твердого материала, выделения и промывки песков.

С целью устранения перечисленных недостатков и повышения эффективности процесса классификации и отмывки продуктов выщелачивания руд предлагается в операциях подготовки пульпы к сорбции использовать колонные аппараты с пульсационным перемешиванием.

Детальные исследования процесса классификации и промывки песков в колонном аппарате с пульсационным перемешиванием и разработка новых научно-обоснованных технических решений позволят максимально снизить содержание частиц крупнее 0,1 мм в сливе, поступающем на сорбцию, и сократить потери ценных растворимых веществ с песками.

Таким образом, тема диссертационной работы Майникова Дмитрия Вячеславовича, посвященная повышению эффективности процесса классификации и отмывки продуктов выщелачивания руд на основе использования колонных аппаратов с пульсационным перемешиванием, является актуальной и практически значимой для цветной металлургии.

#### ***Научная новизна и теоретическая значимость исследования:***

- научно обосновано применение процесса разделения в пульсационных колоннах для решения задачи гидравлической классификации продуктов выщелачивания с одновременной отмывкой содержащихся в них ценных растворимых веществ;

- установлено, что наивысший показатель эффективности процесса, соответствующий наименьшему количеству песков в сливе и ценных растворимых веществ в нижнем продукте классификации, достигается при работе аппарата с заданной высотой плотного слоя песков и поддержании интенсивности пульсаций в интервале значений 650-750 мм/мин;

- предложен и обоснован новый критерий разделительных процессов – обобщенная функция оптимизации процесса гидравлической классификации с одновременной отмывкой ценных растворимых веществ, позволяющая производить обоснованный выбор и оптимизацию технологических параметров;

- установлена зависимость содержания частиц класса более 0,1 мм в сливе от основных параметров процесса, позволившая вывести эмпирическое уравнение для прогнозирования оптимальных условий гидравлической классификации пульпы с одновременной отмывкой ценных растворимых веществ.

Научная новизна работы подтверждена патентом.

#### ***Степень обоснованности и достоверности результатов, научных положений и выводов***

Защищаемые в диссертации научные положения, выводы и рекомендации достаточно обоснованы проведенными теоретическими и экспериментальными исследованиями на технологических пробах руды и не вызывают сомнений.

Достоверность результатов работы основывается на применении комплекса современных аналитических методов и большого объема экспериментальных данных, их воспроизводимости и статистической обработке экспериментальных данных.



### ***Апробация работы***

Результаты работы доложены и обсуждены на международных и российских отраслевых конференциях: «Уран: ресурсы и производство» (Москва, ФГУП «ВИМС им. Н.М. Федоровского», 2008); конференция молодых ученых и специалистов, посвященная 60-летию ОАО «ВНИИХТ» (Москва, ОАО «ВНИИХТ», 2011); «Физико-химия и технология неорганических материалов» (Москва, ИМЕТ РАН, 2011); IV Всероссийская конференция по химической технологии (Москва, ИОНХ РАН, 2012); «Наукоемкие химические технологии – 2012» (Тула, ТГПУ, 2012); 7-я Конференция молодых ученых и специалистов ОАО «ВНИИХТ», посвященная Дню химика (Москва, ОАО «ВНИИХТ», 2013); «Уран: геология, ресурсы и производство» (Москва, ФГУП «ВИМС им. Н.М. Федоровского», 2013); «Новые подходы в химической технологии минерального сырья. Применение экстракции и сорбции» (Санкт-Петербург, СПбГТИ (ТУ), 2013); III Международная конференция по химии и химической технологии (Ереван, Институт общей и неорганической химии НАН РА, 2013); 8-я конференция молодых ученых и специалистов АО «ВНИИХТ», посвященная 100-летию со дня рождения академика РАН Б.Н. Ласкорина (Москва, АО «ВНИИХТ», 2015).

***Личный вклад автора*** заключается в непосредственном выполнении экспериментальных лабораторных исследований и участии в полупромышленных испытаниях, анализе и оценке полученных результатов. Постановка целей исследований и интерпретация полученных данных выполнены автором, и согласованы с научным руководителем к.т.н. В.А. Толкачевым. Подготовка к публикации докладов и статей, а также выпуск научной документации осуществлены при участии соавторов.

***Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов и выводов диссертации.***

Основные положения, результаты и выводы диссертации достаточно полно раскрыты в 13 научных работах, в числе которых 2 статьи в рекомендованных ВАК РФ изданиях и один патент РФ.

### ***Соответствие автореферата содержанию диссертации***

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. В автореферате раскрывается содержание глав работы, заключения по диссертации и доказываются научные положения.

### ***Оформление диссертации***

Диссертация оформлена в соответствии с ГОСТ Р 7.0.11-2011 «Диссертация и автореферат диссертации». Диссертационное исследование содержит большое количество оригинальных авторских систематизаций, таблиц и графиков. Графические материалы оформлены с применением современных компьютерных программ.

### ***Практическая значимость работы***

На основании теоретических и экспериментальных исследований предложен новый режим классификации и промывки пульпы автоклавного выщелачивания в пульсационной колонне с использованием накопленного плотного слоя песков, что позволяет достичь эффективности отмывки ценных растворимых веществ 99,9 %, снизить потери урана с отвальными песками за счет уменьшения его содержания в жидкой фазе до  $0,001 \text{ г/дм}^3$ , а также сократить до 5 % содержание песков класса более 0,1 мм в пульпе, поступающей на сорбцию, и, тем самым, снизить потери сорбента и износ оборудования вследствие абразивного воздействия песков крупностью более 0,1 мм.

Разработан новый способ автоматического регулирования и контроля процесса в условиях накопления и поддержания плотного слоя песков. Проведены полупромышленные испытания и подтверждена эффективность разработанной технологии подготовки пульп к



сорбционной переработке на основе использования колонных аппаратов с пульсационным перемешиванием. Выданы исходные данные на проектирование промышленных аппаратов с пульсационным перемешиванием, которые планируется использовать при переработке руд Эльконского месторождения.

#### ***Ценность научных работ соискателя***

Заключается в обосновании и разработке основных технологических параметров (удельная нагрузка по твердой фазе, удельный расход промывной воды, скорость восходящего потока, интенсивность пульсаций, высота плотного слоя), определяющих эффективность процесса классификации и промывки песков в колонном аппарате с пульсационным перемешиванием, а также в определении и обосновании нового критерия разделительных процессов – обобщенной функции оптимизации процесса гидравлической классификации с одновременной отмывкой ценных растворимых веществ, позволяющей производить обоснованный выбор и оптимизацию технологических параметров.

#### ***Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации***

Научные результаты исследования пригодны для использования как учебно-методические материалы в ходе процесса подготовки бакалавров и магистров по направлению «Обогащение полезных ископаемых».

Технологическая часть работы содержит значительный объем сведений, представляющих несомненную ценность для последующей реализации на предприятиях по переработке урановых и бериллиевых руд.

#### ***Замечания и вопросы***

1. Автором недостаточно обоснованы параметры конструкции отдельных узлов колонного аппарата с пульсационным перемешиванием. Например, научно не обоснована конструкция и параметры, а также частота расположения контактных массообменных тарелок, играющих значительную роль в колонном аппарате; соотношение диаметра и высоты цилиндрической обечайки; соотношение диаметров цилиндрической обечайки и пульсационной камеры и т.д.
2. Формулировка первого научного положения, выносимого на защиту, носит общий характер и не в полной мере отражает новизну выявленных закономерностей процесса классификации и отмывки песков в колонном аппарате пульсационного типа.
3. В работе рассмотрено влияние интенсивности пульсаций (произведение частоты на амплитуду колебаний) в колонных аппаратах на эффективность процесса классификации и отмывки продуктов выщелачивания руд. Однако хотелось бы увидеть результаты влияния непосредственно частоты пульсаций при различных амплитудах на процесс классификации и отмывки.
4. В работе на стр. 69 указано, что «...на эффективность процессов классификации твердого материала и отмывки растворимых веществ от песков существенное влияние оказывает не столько плотный слой, накапливаемый в рабочей зоне колонного аппарата, сколько скорость подачи промывного раствора, которая существенно возрастает в свободном пространстве накопленных песков...». Если это так, то тогда почему не использовать искусственную постель заданной высоты из материала требуемой плотности, крупности, формы?
5. Имеются неточности и орфографические ошибки: на отдельных страницах (30, 37, 50 и др.) текст обрзан или выходит за границы полей; на стр. 45 и 47 сбита нумерация рисунков; на стр. 33, и др. наблюдаются орфографические ошибки.

В целом, перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку рассмотренной диссертационной работы.

### **Заключение**

Диссертационная работа представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных теоретических и экспериментальных исследований решена актуальная научно-практическая задача по разработке способа классификации и промывки пульпы автоклавного выщелачивания в пульсационной колонне с использованием накопленного плотного слоя песков, а также повышения эффективности последующей сорбционной переработки пульпы.

Диссертация Майникова Дмитрия Вячеславовича на тему «Повышение эффективности процесса классификации и отмывки продуктов выщелачивания руд на основе использования колонных аппаратов с пульсационным перемешиванием» выполнена и оформлена на высоком научном уровне, главы взаимосвязаны, материал изложен грамотным техническим языком, логично и квалифицированно, выводы и рекомендации достоверны и сомнений не вызывают, научные и экспериментальные (технологические) результаты имеют безусловную теоретическую и практическую ценность.

В целом, диссертационная работа полностью соответствует паспорту специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых» и отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842, а ее автор, Майников Дмитрий Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых».

Диссертационная работа и отзыв обсуждены и одобрены на заседании отдела Проблем комплексного извлечения минеральных компонентов из природного и техногенного сырья, протокол № 1 от 01 февраля 2018 г., единогласно.

Заведующий лабораторией  
теории разделения минеральных компонентов,  
канд. техн. наук

В.Г. Миненко

Подпись Миненко Владимира Геннадиевича заверяю  
Ученый секретарь ИПКОН РАН,  
канд. техн. наук

А.З. Варганов

Сведения о ведущей организации:  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук  
Адрес: 111020, Москва, Крюковский тупик, д.4  
Телефон: (495) 360-89-60; e-mail: ipkon-dir@ipkonran.ru

