

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу

Морозова Александра Анатольевича

**«ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОТРАБОТКИ
БЕДНОГО УРАНОВОГО СЫРЬЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ
МЕТОДАМИ»,**

представленную на соискание ученой степени

доктора технических наук по специальности

25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

Актуальность темы

В современных условиях использование уранового сырья имеет весьма важное значение для обеспечения энергетической и военной безопасности страны. На территории России из имеющихся 11 урановорудных районов, 5 приурочены к скальным типам руд, из которых наиболее крупными являются Приаргунский и Восточно-Алданский. Восточно-Алданский район представлен скальными урановыми месторождениями Эльконского рудного поля, содержит наиболее крупные запасы урана и в перспективе может стать основным источником производства продукции природного урана. Качество минерально-сырьевой базы разрабатываемых урановых руд неуклонно снижается, что не позволяет эффективно применять слоевые системы разработки. Применение же более дешевых и высокопроизводительных камерных систем разработки приводит к высокому разубоживанию и еще большему снижению качества добываемых руд, что негативно сказывается на эффективности извлечения полезных компонентов в процессе их обогащения.

В связи с этим тема диссертации А.А. Морозова является актуальной, ибо ее основная идея состоит в управлении качеством ураносодержащего минерального сырья, на примере месторождений Стрельцовского рудного

поля, посредством разделения добытой горнорудной массы на технологические сорта на основе выявленных зависимостей сортируемости руд от горно-геологических и геотехнологических особенностей в два этапа: 1-й этап – крупнопорционная (повагонеточная) сортировка с выделением пустых пород, забалансовой, рядовой и богатой руды на рудосортировочном комплексе стволов шахт; 2-й этап – покусковая сортировка рядовой руды рентгенорадиометрическим методом, с выделением отвальной породы, забалансовой, бедной и богатой руды продуктивных фракций (технологических сортов) с последующим дифференцированным получением продукции урана кучным выщелачиванием из бедной руды и гидromеталлургической технологией из богатой фракции.

Научная новизна и значимость работы

Вызывает уважение новизна и смелость комплексной постановки задач исследований, весьма своевременных и актуальных на сегодня для горнодобывающих предприятий страны, разрабатывающих месторождения ураносодержащего минерального сырья.

Научная новизна диссертационной работы заключается:

– в установлении корреляционных связей, аппроксимированных математическими уравнениями, между вещественным составом пород и минеральным составом руд; содержанием урана в добытой руде, контрастностью руд, коэффициентом радиоактивного равновесия, гранулометрическим составом добытых руд и возможной степенью их сортируемости, что, в конечном счете, позволяет осуществлять раздельную переработку минерального сырья на этапах рудоподготовки и последующего обогащения;

– в выявлении корреляционных связей, аппроксимированных математическими уравнениями, между содержанием урана в выщелачиваемой руде, размером куска, концентрацией серной кислоты в рабочем растворе, рациональной схемой размещения источников орошения, оптимальным режимом орошения штабеля, применением поверхностно-

активных веществ для улучшения фильтрационных свойств горнорудной массы и оптимальным показателем извлечения урана в продуктивный раствор;

– в разработке алгоритма рудоподготовки урановых руд перед получением закиси-окиси урана по дифференцированным технологиям выщелачивания (кучное и гидрохимическое), позволяющего разделить весь объем добытой горнорудной массы на технологические сорта, что позволяет обеспечить высокий уровень управления качеством готовой продукции горного предприятия.

Теоретическая и практическая ценность работы заключается в том, что использование разработанной автором концепции управления качеством добытых урановых руд при подготовке убогого уранового сырья к кучному выщелачиванию на основе выявленных зависимостей между горно-геологическими и технологическими параметрами рудного сырья и его разделения на технологические сорта, позволяет достичь максимально возможного извлечения урана физико-химическими способами в продуктивный раствор.

Основные результаты исследований в части: усовершенствованной технологии кучного выщелачивания беднобалансовых руд; оптимизации рудопотоков; технологических схем рудоподготовки и кучного выщелачивания; повышения эффективности кучного выщелачивания с использованием поверхностно-активных веществ; комплексной технологии отработки беднобалансового уранового сырья геотехнологическими методами и др. успешно внедрены в производство ПАО «ППГХО при суммарном экономическом эффекте за 2013-2019 гг. более 400 млн. рублей.

Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, подтверждается следующим:

- корректностью поставленных задач исследований, представительностью нескольких тысяч проб при репрезентативном количестве их исследований;

- конвергентностью итогов лабораторных испытаний с результатами опытно-промышленных и промышленных испытаний с подтверждением сходимости теоретических и экспериментальных результатов;

- применением современного комплекса физико-химических методов исследований с использованием современного сертифицированного оборудования, стандартных методов испытаний и способов измерений;

- применением методов математической статистики для обработки экспериментальных данных, экономической рентабельностью новых технологических решений, подтвержденной успешным внедрением разработанных технологических схем в производство.

Характеристика структуры и содержания работы

Структура и содержание диссертационного исследования имеют внутреннее единство и элементы научной новизны, свидетельствующие о личном вкладе автора в разработку методологического подхода и инструментария обоснования комплексной технологии отработки бедного уранового сырья геотехнологическими методами. Выводы диссертационного исследования согласуются с основным содержанием работы и с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников из 158 наименований, 3 приложений, общим объемом 275 страниц машинописного текста, включая 100 рисунков и 53 таблицы.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель, основная идея и научные положения, выносимые на защиту, определена научная новизна и практическая значимость, представлена логическая схема исследования.

В первой главе кратко изложены горно-геологические характеристики урановых месторождений Стрельцовского рудного узла, дан анализ опыта разработки скального уранового сырья природных и техногенных

месторождений и управления качеством добытых руд, поставлены задачи исследования (стр. 15-54).

Вторая глава посвящена исследованию влияния основных геологических и технологических свойств урановых руд на эффективность процессов рудоподготовки. Изучены геологические и технологические особенности урановых руд, влияющие на эффективность их радиометрической и рентгенорадиометрической сортировки: влияние петрографического состава вмещающих пород и минерального состава уранового оруденения на его сортируемость (стр. 55-60); влияние содержания урана на сортируемость руд радиометрическими методами (стр. 60-77); влияние коэффициента радиоактивного равновесия на сортируемость руд радиометрическими методами (стр. 78-81); влияние контрастности урановых руд на их сортируемость радиометрическими методами (стр. 81-100).

В третьей главе «Разработка технологии рудоподготовки техногенных забалансовых руд для кучного выщелачивания» приведены: результаты исследований характеристик горнорудной массы, слагающей забалансовые урановые отвалы (стр. 102-105); сортируемости забалансовых руд (стр. 105-123); результаты опытно-промышленных испытаний комплексной технологии отработки забалансовых руд (стр. 124-128).

В четвертой главе «Разработка алгоритма рудоподготовки скальных урановых руд» приведены: результаты исследований по обоснованию замены радиометрического способа покусковой сепарации урановых руд рентгенорадиометрическим (стр. 129-140); алгоритм рудоподготовки скальных урановых руд (стр. 147-159).

В пятой главе «Технология отработки беднобалансового и забалансового уранового сырья кучным выщелачиванием» приведены результаты исследований: кинетики выщелачивания урана при различном его содержании в руде (стр. 169-173); влияния крупности куска на выщелачиваемость беднобалансовых алюмосиликатных урановых руд (стр.

173-175); влияния концентрации выщелачивающего реагента на извлечение урана в продуктивный раствор и зависимости извлечения урана в раствор от интенсивности орошения рудной массы (стр. 175-181). Дано обоснование рационального режима орошения рудного штабеля (стр. 182-190). Представлены результаты исследований влияния поверхностно-активных веществ на улучшение фильтрационных свойств горнорудной массы при кучном выщелачивании (стр. 191-198).

В заключительной шестой главе диссертации представлены рекомендуемые технологические схемы отработки беднобалансового и забалансового уранового сырья. Дано технико-экономическое обоснование эффективности предлагаемой комплексной технологии отработки беднобалансовых урановых рудных тел подземным способом и подготовки урановой руды к дальнейшему использованию (стр. 201-224).

В заключение сформированы основные научные и практические выводы диссертационного исследования.

Замечания по диссертации

1. В таблице 2.4 и рисунке 2.2 диссертации (стр. 59) приведены значимые зависимости уровня сортируемости товарных руд от содержания кремнезема (SiO_2). Каково влияние на эффективность сортировки радиометрическими методами содержание карбонатных соединений в руде?

2. На рисунке 3.2 диссертации (стр. 105) приведена ориентировочная схема формирования забалансового уранового отвала с учетом фактора времени его выстаивания, в которой выделено три характерные зоны: физико-химического, химического выветривания и техногенных наносов. Насколько будут приемлемы для практического использования указанные результаты исследований для действующих отвалов с учетом динамики их формирования?

3. Исследования характеристик сортируемости техногенных забалансовых руд методом рентгенорадиометрической сортировки

проводились на примере забалансовых руд отвала «Тулукуй», отличающихся в основном трещиноватой минерализацией и относящихся к менее плотным породам по физико-механическим свойствам. Насколько будут приемлемы полученные зависимости (формулы) для сортировки более плотных руд с вкрапленной минерализацией (например, руд месторождения «Антей»)?

4. Разработанный алгоритм рудосортировки скальных урановых руд (рис. 12 автореферата) предполагает крупнопорционную (повагонеточную) сортировку добытой горнорудной массы на стволах шахт с выделением 2-х сортов руд: богатой ($C_u > 0,2\%$) для ГМТ и рядовой ($C_u < 0,2\%$) для РРС. Выделяется ли на данной стадии сортировки некондиционные забалансовые руды?

5. На графике рисунка 5.6 диссертации (стр. 174) приведена зависимость извлечения урана в раствор при выщелачивании бедных руд различной крупности, из которого следует, что наиболее эффективно выщелачивание руд крупностью $-10+0$ мм. Тем не менее, на рис. 6.1 (стр. 202) приведена технологическая схема рудоподготовки беднобалансовых урановых руд с переработкой на КВ фракции -20 мм. Чем обусловлено повышение крупности рудного материала для КВ?

6. В приложении Б диссертации приведены многочисленные акты внедрения описанных в диссертационной работе решений в производство. Трудно понять, входит ли в итоговую сумму (428,9 млн. руб.) экономической эффективности оценка вывода хвостов рентгенометрической сортировкой из технологического процесса и переработки бедных руд кучным выщелачиванием?

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученой степени

Несмотря на отмеченные выше замечания, в большей мере не принципиального характера, а уточняющего, диссертационная работа производит, весьма, положительное впечатление, так как посвящена

решению актуальной проблемы обоснования и внедрения комплексной технологии эффективной отработки бедного уранового сырья геотехнологическими методами, что способствует увеличению доли активных запасов разрабатываемых месторождений урана и, как следствие, повышению энергетической безопасности страны и ее обороноспособности в современных сложных экономических и геополитических условиях хозяйствования.

Оценивая содержание диссертации в целом, считаю, что оно изложено технически и стилистически грамотно, большинство приведенных в обосновании выдвигаемых научных положений, выводов и рекомендаций проиллюстрировано схемами, таблицами, графиками, формулами, проанализирован обширный круг публикаций, что очень важно для комплексного решения проблемы эффективного, комплексного освоения урановых месторождений. Основные результаты диссертации отражены в 39 опубликованных статьях в научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, из них 13, входящих в базу данных Scopus, а также в 2 коллективных монографиях, 6 патентах РФ на изобретение, имеющих близкие к выносимым на защиту научным положениям названия. Основные положения диссертационной работы за прошедшее десятилетие широко апробированы на международных и всероссийских научных конференциях.

Содержание автореферата соответствует основным идеям и выводам диссертации. Тема диссертационной работы и ее содержание полностью соответствует паспорту специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

В целом диссертационная работа «Обоснование комплексной технологии отработки бедного уранового сырья геотехнологическими методами» является законченным научным трудом, в котором на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований, опытно-промышленных испытаний изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по разработке комплексной

технологии отработки бедного уранового сырья геотехнологическими методами, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие горнодобывающей промышленности страны, что соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК Российской Федерации, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Морозов Александр Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Официальный оппонент:

Ткач Сергей Михайлович, доктор технических наук, директор ИГДС СО РАН. Тел. 8(4112) 39-00-41, e-mail: tkach@igds.ysn.ru.

Научная специальность, по которой защищена диссертация:
25.00.22 – «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)».

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ИГДС СО РАН).

Почтовый адрес: 677980, г. Якутск, пр. Ленина, 43, тел. (4112) 335930, e-mail: igds@ysn.ru, сайт: <http://igds.ysn.ru>

Я, Ткач Сергей Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

04 мая 2022 г.

Ткач Сергей Михайлович

Подпись д.т.н. Ткача С.М. заверяю:

Ученый секретарь ИГДС СО РАН, к.т.н.

С.И. Саломатова

