



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Акционерного общества «Иркутский научно-исследовательский институт благородных и редких металлов и алмазов» (АО «ИРГИРЕДМЕТ») на диссертационную работу Михайлова Анатолия Николаевича «Совершенствование технологии отработки руд месторождений Хиагдинского рудного поля скважинным подземным выщелачиванием», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальностям: 2.8.8 Геотехнология, горные машины, 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых.

Объём и структура диссертации

Диссертационная работа Михайлова Анатолия Николаевича представлена на 177 страницах машинописного текста, включает 74 рисунка и 38 таблиц, список литературы из 125 наименований и состоит из введения, 4 глав, 7 приложений и заключения. автореферат диссертации изложен на 22 страницах.

Актуальность темы диссертации

Современные условия развития горнодобывающей промышленности характеризуются снижением содержания ценных компонентов в исходном сырье, упорностью сырья к переработке традиционными методами, повышением стоимости электроэнергии, дефицитом воды, повышенным вниманием к экологическим вопросам работы предприятий. Это требует постоянного совершенствования технологии, снижения затрат на получение конечной продукции, организацию безопасного складирования хвостов и т.п. Использование для этих целей скважинного подземного выщелачивания (СПВ) в сравнении с традиционными фабричными технологиями представляется весьма перспективным. В связи с этим актуальность диссертационной работы Михайлова А.Н., посвященная оптимизации процессов вскрытия и подготовки рудных тел к извлечению урана из руд Хиагдинского месторождения методом СПВ не вызывает сомнений.

Общая методология и методика исследования

В диссертационной работе проведён литературный обзор результатов отработки гидрогенных урановых месторождений методом СПВ зарубежными и отечественными предприятиями (Семизбайское, Инкай, Мынкудук – Казахстан; Хиагдинское рудное поле – РФ, Бурятия). Это позволило автору выявить перспективные направления для повышения эффективности СПВ посредством разработки более совершенных технологических схем вскрытия месторождения, применения методов интенсификации процесса выщелачивания урана и совершенствования процессов ремонтно-восстановительных работ.

Установлена взаимосвязь между горно-геологическими условиями и технологическими показателями и влияние их на вскрытие и подготовку сырья к СПВ. Определена корреляционная связь между эффективностью выщелачивания гидрогенных урановых месторождений, их горно-геологическими условиями и технологическими

показателями. Выявлено соответствие результатов опытных работ расчетным параметрам при выщелачивании.

В процессе исследований детально изучен вещественный состав прозрачных и полированных шлифов (свыше 100 образцов) урановых руд с использованием современного инструментария (химических, термических анализов и ИКС (инфракрасная спектроскопия)).

Для выбора наиболее эффективной системы разработки осуществлено математическое моделирование процессов скважинного подземного выщелачивания одной из рудных залежей Хиагдинского месторождения с применением различных систем вскрытия с использованием пакетов современных прикладных программ: «MFA Niagda – система прогнозирования геотехнологических показателей эксплуатационных блоков АО «Хиагда», «MFA Forecasting And Planing – система прогнозирования и планирования», «Экология подземных вод». В результате моделирования получены геотехнологические характеристики этого процесса.

Проведены экспериментальные исследования на рудах месторождений Хиагдинского рудного поля, включая лабораторные исследования по влиянию окислителей на эффективность выщелачивания урана; лабораторные исследования выщелачивания урана; опытно-промышленные испытания СПВ.

Результаты исследований обработаны с применением пакетов прикладных программ Correlay, Statistica, MicrosoftExcel 10.0, Gold Surfer.

Оценка достоверности результатов исследования подтверждается: отбором достаточного количества проб и проведением всего спектра анализов, подтверждением результатов лабораторных исследований результатами опытно-промышленных испытаний, высокой сходимости теоретических показателей и экспериментальных результатов, применением современных технических средств при проведении испытаний, использованием сертифицированных компьютерных программ при обработке данных и обосновании экономической эффективности работы предприятия при внедрении разработок в производство.

Научная новизна исследований.

1. Разработана методика многовариантного моделирования технологических процессов движения растворов в продуктивном пласте с учётом экономических показателей всего цикла добычи в зоне многолетней мерзлоты, использование которой позволяет определить оптимальную схему и параметры расположения технологических скважин с охватом площади рудной зоны, превышающей 90 % запасов урана.
2. Установлены зависимости концентрации урана в продуктивном растворе и доли извлечённого урана от времени выщелачивания, позволяющие выбрать наиболее эффективный вариант вскрытия запасов гексагональной системой с оптимальным радиусом ячейки в 30 м, обеспечивающий снижение удельного расхода серной кислоты на 18,75 % (с 32 до 26 кг/т руды) при повышении содержания урана в продуктивном растворе на 24,21 % (с 95 до 118 мг/л).
3. Установлена зависимость изменения концентрации урана в продуктивном растворе от продолжительности процесса выщелачивания при использовании перекиси водорода в качестве эффективного активатора – окислителя, на основе которой достигается эффективное управление качеством процесса извлечения ценного компонента с учётом определения количества урана в заданный период времени.
4. Установлены зависимости технологических параметров от продолжительности выщелачивания при применении химических методов интенсификации с перекисью водорода, позволяющие определить оптимальное время процесса, обеспечивающего

максимальную концентрацию ионов урана и трёхвалентного железа в продуктивном растворе при минимальном объёме и расходе выщелачивающего реагента.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что изложены доказательства гипотезы управления качеством подготовки рудного пласта к отработке; изучены причинно-следственные связи зависимости концентрации и извлечения урана в продуктивный раствор от формы и радиуса ячейки и технологических показателей выщелачивания, в том числе с применением методов интенсификации процесса.

Практическая значимость диссертационной работы заключается в разработке новой экспериментальной методики исследования оптимизации параметров систем отработки гидрогенного месторождения; обосновании и экспериментальной апробации технологии вскрытия месторождения гексагональной системой с радиусом ячейки 30 м; разработке метода прогнозирования производительности технологических скважин в зависимости от срока их эксплуатации; разработке технологического регламента выщелачивания урановых руд месторождений Хиагдинского рудного поля с использованием в качестве активатора перекиси водорода; усовершенствовании регламента восстановления производительности технологических скважин проведением ремонтно-восстановительных работ с применением пневмоимпульсной и химической обработки; разработке комплекса программного обеспечения «Умный рудник».

Реализация результатов исследований:

Результаты диссертации внедрены на горном предприятии АО «Хиагда» («Акт внедрения результатов диссертационной работы» от 22.12.22 г). Годовой экономический эффект от внедрения предлагаемых технологических решений составит 332,6 млн. руб.

Проект «Умный полигон» (2021 г.), разработанный специалистами горнорудного дивизиона «Росатом» с непосредственным участием автора диссертации (свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ: № 2023612088, RU; № 2023612447, RU; № 2022683474, RU; № 2019661994, RU), и учеными Северского технологического института НИЯУ «МИФИ» реализован в производственных условиях предприятия АО «Хиагда». Разработанные компьютерные программы является составной частью комплекса программного обеспечения для АСУТП «Умный рудник» и позволили осуществлять оперативный контроль и анализ работы добычного полигона с целью повышения качества и оперативности управления процессом СПВ.

Материалы диссертации используются в учебном процессе Забайкальского государственного университета по специальности 21.05.04 «Горное дело» по следующим дисциплинам: «Физико-химическая геотехнология», «Скважинная геотехнология», «Управление качеством руд при добыче полезных ископаемых», «Особенности разработки урановых месторождений», «Проектирование рудников» («Акт о внедрении в учебный процесс ФГБОУ ВО «ЗабГУ» от 15.11.22 г).

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационной работы: считаем целесообразным рекомендовать использовать результаты диссертационной работы для аналогичных предприятий, использующих технологию СПВ для извлечения урана из гидрогенных месторождений, а также других объектов подземного выщелачивания металлов.

Оценка структуры и содержания диссертации

Полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований соответствуют поставленной цели и задачам. Автореферат отражает содержание диссертации. Диссертация имеет внутреннее единство всех глав. Автор работы оформил выводы по главам и общее заключение структурно содержательно, а также умело показал результативность проведённого исследования.

Следует отметить логическую чёткость изложения результатов исследований, что свидетельствует о практическом опыте работы соискателя в научно-исследовательской области. Содержание диссертации соответствует содержанию 13 опубликованных работ, в том числе – семи в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, внесённых в перечень журналов и изданий, утверждённых Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки РФ. Приоритет новых технологических решений подтверждён четырьмя свидетельствами на программы для ЭВМ.

Исследования проводились по отраслевой программе Росатом РФ по теме: «Создание эффективной геотехнологии освоения крупного ураново-рудного района в зоне многолетней мерзлоты» (2013-2022 гг.).

Следует отметить большой объём экспериментальных исследований и высокий научный уровень работы, детально проведённый технико-экономический расчёт новых технологических решений. Автор достаточно корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Достоверность теоретических гипотез автора подтверждается удовлетворительной сходимостью с результатами экспериментальных исследований.

Замечания, вопросы и рекомендации по автореферату и диссертации:

1. В автореферате следовало бы более подробно представить описание методики многовариантного моделирования технологических процессов движения растворов в продуктивном пласте с учетом экономических показателей всего цикла добычи.
2. В автореферате (с.5) и диссертации (с.8) излишне детально рассмотрен раздел о теоретической значимости исследований.
3. В анализе современного состояния извлечения урана из гидрогенных месторождений (стр.15-16 диссертации) упомянуты проблемы низкого извлечения урана на месторождении «Долматовское» (АО «Далур»). К сожалению, какие-либо подробности, которые, несомненно, важны для Хиагдинского месторождения, использующего аналогичную технологию, отсутствуют.
4. Некоторого пояснения требует вывод о предпочтительности гексагональной схемы отработки запасов в сравнении с рядной, так как последняя обеспечивает более высокое извлечение урана, меньшую продолжительность отработки (с.9. автореферата, табл.1.). Какие исходные данные использованы для сравнения вариантов.
5. В автореферате и диссертации указано, что проведены исследования десяти наиболее распространенных окислителей, влияющих на эффективность выщелачивания урана, однако, сравнительные результаты экспериментов не приведены.
6. Чем обоснован расход перекиси водорода при выщелачивании урана (1,6 кг/т руды)? Насколько оптимально это значение?
7. По тексту автореферата и диссертации имеется ряд опечаток.

Отмеченные замечания не снижают высокой научной значимости и практической ценности диссертационного исследования.

Заключение

Диссертация Михайлова Анатолия Николаевича является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований, опытно-промышленных испытаний изложены новые научно обоснованные технические и технологические решения по отработке гидрогенных урановых руд скважинным подземным выщелачиванием и по извлечению урана из природного минерального сырья

с применением методов интенсификации, имеющие существенное значение для атомной промышленности и развития страны.

По своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов, представленная работа соответствует паспортам научных специальностей: 2.8.8 Геотехнология, горные машины (пп.1,5); 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых (пп.1,3); профилю диссертационного совета 24.2.324.06; требованиям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, с дополнениями и изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук.

Михайлов Анатолий Николаевич заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальностям: 2.8.8 Геотехнология, горные машины, 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых.

Диссертация и автореферат Михайлова Анатолия Николаевича «Совершенствование технологии отработки руд месторождений Хиагдинского рудного поля скважинным подземным выщелачиванием» были рассмотрены, коллективно обсуждены, отзыв одобрен на заседании Отдела обогащения минерального сырья (ООМС), протокол № 3 от 28.08.2024 г.

Доктор технических наук, профессор,
заместитель генерального директора
по научно-методической и инновационной деятельности,
лауреат премии Правительства РФ

Войлошников Григорий Иванович

Кандидат технических наук,
начальник отдела обогащения минерального сырья

Коблов Аркадий Юрьевич

Сведения о ведущей организации:
Акционерное общество «Иркутский научно-исследовательский институт
благородных и редких металлов и алмазов» (АО «ИРГИРЕДМЕТ»)
Адрес: 664025, г. Иркутск, бульвар Гагарина, 38.
Тел.: +7 (3952) 728-729
E-mail: gold@irgiredmet.ru
Адрес официального сайта в сети Интернет: <https://www.irgiredmet.ru/>

Подпись Коблова А. Ю. Войлошников Г. И.
удостоверяю 04.09.2024 г.
Начальник отдела * Отдел кадров * Иргиредмет
Е. В.