



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ
КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР РАН
(ИПКОН РАН)

111020, Москва, Е-20

Крюковский тупик. 4

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

«05» 06.16 г. № 19116-2173/100

на № _____ от « _____ » _____ Г..
[_____]

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИПКОН РАН

профессор, докт.техн.наук



В.Н. Захаров

« _____ » мая 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук (ИПКОН РАН) на диссертационную работу Чжэн Чжихуна «Совершенствование процесса кучного биовыщелачивания сульфидных руд на основе интенсификации синтеза биореагента иммобилизованными микроорганизмами», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, заключения, списка использованной литературы из 102 наименований, трех приложений, изложена на 98 стр. текста, включает 43 рисунка и 22 таблицы.

Актуальность.

В настоящее время в применяемых процессах кучного биовыщелачивания сульфидных руд микроорганизмы находятся и «работают» непосредственно в куче, при этом синтез биореагента и окисление сульфидных минералов в процессе жизнедеятельности микроорганизмов происходят в рудном штабеле. При этом, продолжительность выщелачивания может достигать 2-3-х лет, так как условия обеспечения жизнедеятельности микроорганизмов, создающиеся в куче, отличаются от условий интенсивного окисления сульфидов – температура, pH, концентрация биореагента.

В связи с этим, процессы кучного биовыщелачивания труднообогатимых руд характеризуются низким извлечением металлов при высоких капитальных и эксплуатационных затратах, обусловленных значительной продолжительностью процесса, необходимостью постоянной аэрации всей массы руды, длительной

инокуляцией культурной средой, регулирования температуры и других параметров биоокисления.

Для повышения эффективности, экономичности и устойчивости процесса кучного биовыщелачивания предлагается осуществлять синтез биореагента отдельно от выщелачивания руды с использованием микроорганизмов, сконцентрированных адсорбционной иммобилизацией на твердых материалах-носителях.

Тема диссертационной работы Чжэн Чжихуна, посвященная изучению теоретических и практических основ процесса кучного биовыщелачивания сульфидных руд на основе интенсификации синтеза биореагента иммобилизованными микроорганизмами, является актуальной и практически значимой для цветной металлургии.

Научная новизна.

В диссертации дано научное обоснование механизма интенсификации кучного биовыщелачивания сульфидных руд за счет повышения окислительной способности биореагента методом его синтеза железooksисляющими микроорганизмами, иммобилизованными на твердых материалах носителях.

Автором предложена квантово-химическая модель устойчивости наиболее энергетически вероятной конформации молекулы биореагента-окислителя - глюкуроновой соли железа и рассчитаны ее основные параметры. На основании результатов расчета дано теоретическое обоснование повышенной окислительной активности биореагента относительно сульфата железа (III), обусловленное большим частичным зарядом атома железа и меньшей энергией низшей свободной молекулярной орбитали биореагента, большей степенью переноса заряда при взаимодействии биореагента с сульфидными минералами.

Установлены новые закономерности процесса синтеза биореагента-окислителя при использовании различных материалов-носителей и способа иммобилизации, обеспечивающие повышение количества и устойчивости активной биомассы, а также увеличения окислительной способности биореагента при увеличении скорости протекания раствора через биореактор. Применение для иммобилизации микроорганизмов древесной стружки и цеолита позволяет стабилизировать скорость биоокисления при ускорении протекания раствора.

Определены рациональные условия кучного биовыщелачивания, обеспечивающие увеличение в 3 и более раз скорости синтеза биореагента, повышение извлечения цветных металлов – меди и никеля в процессе выщелачивания на 5,8 – 24,2 % при снижении расхода серной кислоты на 4,4 – 14,6 %, предполагающие подачу раствора в рабочую зону биореактора сверху при естественной аэрации рабочей зоны и использование в качестве материала иммобилизующей среды смеси древесной стружки и цеолита.

Научная новизна работы подтверждена Свидетельством о регистрации ноу-хау.

Практическая значимость.

Укрупненными испытаниями подтверждена эффективность синтеза биореагента-окислителя глюкуроновой соли железа иммобилизованными на твердом материале-носителе из смеси древесной стружки и цеолита железooksисляющими микроорганизмами вида *Acidithiobacillus ferrooxidans*, обеспечивающего увеличение скорости генерирования в 3 раза.

Разработаны и экспериментально обоснованы рациональные параметры кучного биовыщелачивания сульфидных медно-никелевых руд, обеспечивающие без принудительной аэрации повышение извлечения в процессе выщелачивания никеля на 6,3 – 19,5%, меди – на 5,8 – 24,2 % при снижении расхода серной кислоты на 4,4 – 14,6 %.

Исключение операции аэрации при кучном биовыщелачивании позволяет снизить затраты на переработку 1 тонны руды на 973 рубля.

Реализация результатов работы.

Разработанный автором процесс кучного биовыщелачивания сульфидных руд рекомендован для внедрения в проектирование предприятий по переработке бедных сульфидных руд кучным способом, передан ОАО «Гипроцветмет» и использован для методических рекомендаций проектирования предприятий кучного биовыщелачивания сульфидных руд.

Достоверность результатов.

Полученные автором научные данные, выводы и рекомендации достаточно хорошо обоснованы, подтверждены большим объемом экспериментальных исследований на реальной сульфидной медно-никелевой руде и не вызывают сомнений.

Достоверность результатов работы обеспечивается применением современных методов исследований и программных комплексов, значительным объемом экспериментальных данных, соответствием теоретических результатов и выводов результатам экспериментальных исследований.

Апробация работы.

Содержание диссертации полностью отражено в автореферате и в 11 публикациях, в т.ч. в 2-х изданиях, рекомендованных ВАК. При этом автореферат диссертации в полной мере отражает основное ее содержание.

Результаты исследований доложены на различных научно-технических конференциях и совещаниях, обсуждены и одобрены научной общественностью.

Диссертация четко и ясно изложена, составлена и оформлена в соответствии с требованиями ВАК.

Личный вклад автора.

Личный вклад автора состоит в обобщении последних достижений науки, техники и технологии по теме диссертации; формировании и проверке основных теоретических

положений, включая расчет и анализ квантово-химических характеристик молекул реагентов и сульфидов металлов; планировании, подготовке и проведении экспериментальных исследований, обработке и интерпретации результатов исследований; установлении зависимостей изученных процессов; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Замечания по работе.

1. Эксперименты по изучению процесса иммобилизации микроорганизмов на различных твердых материалах-носителях (с целью определения оптимального) выполнены не в идентичных условиях: при реализации циклов иммобилизации отличались массы материалов (от 0,06 до 2 кг), исходные концентрации ионов железа (II) (от 5 до 10 г/л), количество подаваемых растворов (от 1 до 1,7 литра), скорости протекания растворов (от 0,5 до 0,6 л/ч), исходным содержанием инокулянта (от 30 до 50%), исходные концентрации инокулянта в циклах иммобилизации.
2. Показатель иммобилизации бактерий и скорость синтеза биореагента определяются с учетом снижения концентраций железа (II) в биореакторе. Однако в данном случае не учтено окисление железа (II) кислородом, присутствующем в исходном растворе, так и поступающим в раствор из воздуха в процессе иммобилизации, т.е. отсутствуют нулевые опыты.
3. Отсутствует обоснование выбора объема исходного раствора, исходной концентрации инокулянта в каждом цикле и причин повышения pH раствора при культивировании с 1,6 до 2 (стр. 33).
4. Современные методы исследований позволяют изучать различные органические комплексы. В связи с этим, в работе хотелось бы увидеть результаты не только теоретических, но и экспериментальных исследований самого биореагента, а также данные о поведении, как бактерий, так и реагента при различных температурах, особенно по произведению растворимости реагента.
5. В разделе 5.1 на стр. 75 указано, что выщелачивание минерального сырья с использованием исследованного биореагента можно проводить при меньших значениях pH, чем с использованием сульфата железа (III), что противоречит данным, представленным на рис.5.1, согласно которым осаждение биореагента ускоряется при больших значениях pH (более 2,8) в сравнении с сульфатом железа (III), осаждение которого ускоряется уже в диапазоне pH 2,4 – 2,7.
6. Экономическая эффективность рассчитана без учета повышения извлечения металлов и снижения расхода серной кислоты.

В целом, указанные замечания не снижают ценности рассматриваемой диссертационной работы, имеющей научную новизну и практическую значимость. Полученные автором научные данные, несомненно, вносят вклад в изучение теоретических основ процессов обогащения труднообогатимых сульфидных руд методом кучного выщелачивания, а разработанные автором новые научно-технические решения по совершенствованию процесса кучного биовыщелачивания сульфидных

руд на основе интенсификации синтеза биореагента иммобилизованными микроорганизмами вносят вклад в развитие отрасли цветной металлургии страны.

Диссертационная работа представляет собой завершенное системное научное исследование и является научно-квалификационной работой, в которой решена задача повышения эффективности переработки труднообогатимых сульфидных руд.

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Чжэн Чжихун, показавший себя высококвалифицированным ученым, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых».

Ведущий научный сотрудник отдела
«Проблем комплексного извлечения минеральных
компонентов из природного и
техногенного сырья» ИПКОН РАН,
канд. техн. наук

В.Г. Миненко

Заместитель директора по научной работе ИПКОН РАН,
профессор, докт. техн. наук



С.Д. Викторов

Диссертационная работа и положительный отзыв ведущего предприятия рассмотрены на заседании отдела «Проблем комплексного извлечения минеральных компонентов из природного и техногенного сырья» ИПКОН РАН (протокол № 3 от 23 мая 2016 г.).