

ОТЗЫВ

На диссертацию «Теплофизическое обоснование круглогодичного кучного выщелачивания золотосодержащих руд в условиях низких температур (на примере Савкинского месторождения), представленную Баяновым Алексеем Евгеньевичем на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.25-Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Представленная на отзыв работа выполнена в соответствии с программой VIII.74.4. «Развитие научных основ комплексного освоения месторождений Сибири: создание ресурсосберегающих, инновационных геотехнологий добычи и обогащения твердых полезных ископаемых в сложных горнотехнологических и геотехнологических условиях». Координатор работ – д.т.н. А.П. Тапсиев.

Проект VIII.74.4.2., разработка теоретических основ экологически безопасных технологий выщелачивания дисперсных и редких металлов со стадийной активацией массообменных процессов и флотационного разделения минералов с близкими поверхностными свойствами в целях их адаптации к особенностям минерально-сырьевой базы Забайкальского края (руководители д.т.н. А.Г. Секисов, д.т.н. С.А. Кондратьев- ИГД СО РАН) включает в свой состав рассмотренную диссертацию соискателя.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений общим объемом 150 страниц машинописного текста.

Во введении охарактеризована актуальность степени разработанности темы, цель работы, идея работы, предмет и основные задачи исследований, научная новизна, практическая ценность работы, основные научные положения, их обоснованность и достоверность.

В первой главе выполнен анализ отечественного и зарубежного опыта сезонного и круглогодичного кучного выщелачивания золота в рудном штабеле. Проанализированы патентно-защищенные технические решения, рекомендованные к использованию, с целью продления сезона кучного выщелачивания золота в условиях низких температур. Описаны климатические, геокриологические, горно-геологические и горнотехнические особенности Савкинского месторождения, как объекта формирования рудного штабеля кучного выщелачивания золотосодержащих руд. Сформулированы цель и задачи исследований.

Цель работы- теплофизическое обоснование повышения эффективности круглогодичного кучного выщелачивания золотосодержащих руд

Основные задачи исследований:

- Экспериментальные исследования по прогреву рудного штабеля и на их основе разработка теплофизической модели кучного выщелачивания в условиях низких температур;
- Выявление закономерности распространения тепла при прогреве рудного штабеля источником внешнего тепла;
- Обоснование рациональных конструктивных и технологических параметров рудного штабеля, как одного из важнейших элементов системы кучного выщелачивания;
- Сравнительная технико-экономическая оценка сезонного и круглогодичного кучного выщелачивания золотосодержащих руд.

Во второй главе изложена методика проведения испытаний на лабораторном стенде по изучению теплофизических особенностей рудного штабеля при его прогреве. Описаны эксперименты, проведенные на рудах Савкинского месторождения, и представлены полученные результаты. На основании полученных данных установлены зависимости распространения тепловых полей в рудном штабеле от температуры теплоносителя и продолжительности его подачи.

Выполнено 4 лабораторных эксперимента с подачей воздуха в замерзшую рудную массу с различной температурой- 50,150,300 и 450⁰С.

Проведенные эксперименты подтверждают фактическую возможность прогрева рудного штабеля и поддержание в нем необходимой температуры для проведения КВ.

Установлен наиболее эффективный режим подачи теплоносителя в штабель для его разогрева.

Разработана математическая модель распространения теплового поля в вертикальной плоскости от источников внешнего тепла, позволяющая определять теплофизические параметры фильтрационного режима круглогодичного КВ золота.

Третья глава посвящена компьютерному моделированию теплового режима рудного штабеля при кучном выщелачивании в условиях низких температур.

В главе рассмотрены теплофизические параметры, как комплексный критерий, определяющий тепловой режим в рудном штабеле.

Проведено моделирование теплового режима рудного штабеля при его промерзании, при использовании теплозащитного покрытия, при его прогреве внешним теплоносителем.

В ходе компьютерного моделирования получены данные по необходимому времени прогрева рудного штабеля и на их основе выявлены зависимости продолжительности прогрева от температуры теплоносителя и начальной температуры штабеля.

Глава содержит практические рекомендации по сооружению основания, использованию теплозащитного покрытия и размещению источников внешнего тепла в рудном штабеле для ведения круглогодичного КВ в условиях низких температур.

Четвертая глава содержит материалы по разработке технических решений с помощью патентно-защищенных поточных линий для эффективного круглогодичного кучного выщелачивания.

Конструкция поточной линии для КВ металлов из руд в условиях низких температур отличается от базовых полигонов КВ тем, что она снабжена теплогенератором с системой контроля и автоматического регулирования, который связан с датчиками температуры горных пород. Датчики позволяют производить подачу теплоносителя по необходимости в определенные секции фильтрационных труб при снижении температуры ниже заданных значений.

Достоинства поточной линии:

- Ведение выщелачивания сформированного штабеля в требуемом фильтрационном режиме;
- Управление температурным режимом штабеля в холодный период времени;
- Повышение технологических показателей выщелачивания золота;
- Повышение экологической безопасности за счет минимизации утечек продуктивных растворов;
- Проведение размораживания мерзлых слоев руды в штабеле.

Соискатель рассмотрел в главе рациональные конструктивные и технологические параметры рудного штабеля, к которым относятся высота и ширина штабеля (по верху и по низу), углы откосов, угол основания и геометрическая форма.

В частности, для Савкинского месторождения высота штабеля при круглогодичном КВ составляет 5-8 м.

При реализации поточной линии рассмотрено использование двух видов теплоносителя:

- Паровоздушная смесь, состоящая из паров воды и разогретого воздуха в соизмеримых отношениях;

- Подогретый воздух-атмосферный воздух с низкими показателями относительной влажности, подогреваемый посредством теплогенератора.

Пятая глава посвящена технико-экономической оценке круглогодичного кучного выщелачивания.

В ней рассмотрена оценка способов продления сезона КВ, разработка методики предварительной экспресс-оценки экономической эффективности круглогодичного КВ и сравнения показателей сезонного и круглогодичного кучного выщелачивания Савкинского месторождения.

Продление промышленного сезона КВ за счет продолжения его в холодное время года в мировой практике золотодобычи осуществляется по следующим направлениям:

- Экранирование – использование различных материалов для предотвращения промерзания верхнего слоя штабеля;
- Подогрев рудного штабеля- использование различных источников тепла для повышения температуры внутри контура штабеля;
- Подогрев технологических растворов- теплоизоляция трубопроводов оросительной системы, перенос их внутрь штабеля, непосредственный разогрев растворов;
- Использование технологических растворов со стабилизирующими добавками, способствующими снижению их температуры.

Предложенная соискателем методика предварительной экспресс-оценки экономической эффективности круглогодичного КВ учитывает климатические, геокриологические, техногенные и другие факторы.

Экономическая эффективность вариантов сезонного и круглогодичного способов отработки месторождения устанавливается, исходя из анализа и сравнения прибыли, ЧДД, ВНД и ИД.

ЧДД- чистый дисконтированный доход

ВНД- внутренняя норма дисконта, внутренняя норма доходности, внутренняя норма рентабельности

ИД- индекс доходности – отношение суммы элементов денежного потока от операционной деятельности к абсолютной величине суммы элементов от инвестиционной деятельности.

Сравнительная технико-экономическая оценка сезонного и круглогодичного вариантов КВ золотосодержащих руд Савкинского месторождения показала, что

ожидаемый ЧДД круглогодичного варианта больше ожидаемого ЧДД сезонного варианта на 534 млн.руб.

Заключение

Представленная соискателем работа является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных исследований решены важные научно-технические задачи по повышению эффективности технологии круглогодичного КВ золотосодержащих руд в условиях низких температур на основе управления тепловым режимом в штабеле.

Содержание работы отвечает требованиям «Положения о присуждении ученых степеней.....»

Актуальность работы. За последние 25 лет в России введено в эксплуатацию более 30 промышленных установок для кучного выщелачивания золотосодержащих руд. Объем золотодобычи с использованием КВ постоянно возрастает. За период 200-2014гг. он увеличился от 4,7 т. в 2000г. до 20,4 т. в 2014г.. Технология КВ по сравнению с другими методами добычи и переработки сырья характеризуется гораздо меньшими капитальными затратами и уровнем издержки производства.

Однако, используемая базовая технология сезонного кучного выщелачивания золота, имеет ряд существенных недостатков, ограничивающих область ее применения. К наиболее существенному относится отсутствие направленного регулирования процесса теплообмена внутри рудного штабеля при выщелачивании в условиях низких температур горных пород. При выщелачивании в таких условиях значительно снижается интенсивность растворения металлов и скорость миграции металлоносных растворов. Поэтому дальнейшее совершенствование технологии КВ заключается в создании таких технических решений, которые позволят не только снизить воздействие низких температур горных пород на процесс извлечения золота, но и продлить сезон работы вплоть до круглогодичного.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с программой фундаментальных исследований ИГД СО РАН VIII 74.4. «Развитие научных основ комплексного освоения месторождений Сибири: создание ресурсосберегающих инновационных геотехнологий добычи и обогащения твердых полезных ископаемых в сложных горнотехнических и геомеханических условиях», в рамках научного проекта VIII 74.4.2. «Разработка теоретических основ экологически безопасных технологий выщелачивания дисперсного золота и редких металлов со стадийной активацией массообменных процессов и флотационного разделения минералов с близкими

поверхностными свойствами и их адаптация к особенностям минерально-сырьевой базы Забайкальского края».

Основные защищаемые научные положения:

1. Математическая модель переноса тепла в рудном штабеле для определения основных теплофизических параметров, влияющих на эффективность режимов фильтрационного выщелачивания золотосодержащих руд при низких температурах;
2. Круглогодичное кучное выщелачивание золотосодержащих руд достигается путем первоначального укрытия рудного штабеля теплозащитным покрытием с последующей подачей в него теплоносителя от внешнего источника.

Особенность и достоверность научных положений и выводов подтверждается корректной постановкой и решением задач исследований, достаточным объемом моделирования различных тепловых режимов в рудном штабеле, достаточной сходимостью результатов проведенных экспериментов и результатов моделирования, согласованностью полученных данных с данными других исследований.

Научная новизна работы:

1. Установлены зависимость распространения теплового поля, создаваемого источником внешнего тепла, от режимных параметров (коэффициента теплопроводности рудного материала- K_r , коэффициента теплоотдачи теплоносителя- $K_{то}$, продолжительность прогрева – $T_{пр}$, разность начальной температуры пород рудного штабеля и температуры теплоносителя- Δt^0);
2. Установлены закономерности изменения продолжительности прогрева рудного штабеля в зависимости от температуры теплоносителя и начальной температуры горных пород, слагающих штабель;
3. Предложена методика расчета конструктивных параметров рудного штабеля;
4. Обоснована экономическая целесообразность круглогодичного кучного выщелачивания золота с предварительным прогревом рудного штабеля источником внешнего тепла на основе методики учета суммарного коэффициента условий.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на международном совещании «Новые технологии обогащения и комплексной переработки труднообогатимого природного и техногенного минерального сырья» (Верхняя Пышма, 2011г.), на Международных научно-практических

конференциях «Кулагинские чтения» (Чита, 2010-2013гг.), на Международных молодежных научно-практических конференциях «Молодежь Забайкалья: молодость, наука, прогресс!» (Чита, 2012-2013гг.), на заседании научно-технического совета ИМЗ им. И.П. Мельникова СО РАН (Якутск, 2013г.), на заседании научно-технического совета Забайкальского филиала ООО «ТОМС Инжиниринг» (Чита, 2014г.).

Практическая ценность работы:

1. Разработаны поточные линии для круглогодичного кучного выщелачивания золотосодержащих руд с применением подогрева рудного штабеля источником внешнего тепла.
2. Разработана компьютерная теплофизическая модель рудного штабеля для оценки эффективности применения круглогодичного кучного выщелачивания.
3. Установлены рациональные конструктивные параметры штабеля для ведения круглогодичного кучного выщелачивания руд.

Личный вклад автора состоит в :

- анализе и обобщения отечественного и зарубежного опыта ведения кучного выщелачивания в условиях низких температур;
- постановке и проведении экспериментальных исследований по прогреву рудного штабеля;
- адаптации программного комплекса ANSYS Workbench для выполнения поставленных задач и создания моделей рудного штабеля;
- разработке теплофизических моделей рудного штабеля при круглогодичном выщелачивании в условиях низких температур;
- проведении сравнительной технико-экономической оценки предложенных технических решений для реализации круглогодичного кучного выщелачивания.

Реализация результатов работы. Основные результаты исследований внедрены в инжиниринговую деятельность Забайкальского филиала ООО «ТОМС инжиниринг» в г. Чита при разработке проектной документации «Промышленная отработка золоторудного месторождения «Савкинское». Расширение производства» (акт №2, от 18.03.2015г.), а также в учебный процесс ФБГОУ ВПО «Забайкальский государственный университет» при подготовке специалистов по направлению 130400.65 «Горное дело» по дисциплинам: основы металлургии, экономика и менеджмент горного производства (акт №14.1-958, от 27.03.2015г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 12 работ, в том числе: 5 научных статей в изданиях из списка рекомендованных ВАК, 7 статей в научных

периодических сборниках, материалах и трудах международных, всероссийских и региональных научно-технических конференций. Получено 2 патента РФ на изобретение.

Завершая отзыв, хочется отметить, что вся глава диссертации от поставленных целей и задач до их реализации выполнена полностью и не содержит излишнего материала. Чувствуется влияние научного руководителя. В тексте диссертации, к сожалению, встречаются опечатки, которые до ее отправки в ВАК, необходимо устранить.

Генеральный директор ООО «НПП ГЕОТЭП»,
ведущий научный сотрудник АО «ВНИИХТ»,
доктор технических наук, профессор

М.И. Фазлуллин

26 мая 2015г.

Подпись М.И. Фазлуллина удостоверяю

Ученый секретарь АО «ВНИИХТ»



С.Л. Кочубеева

С В Е Д Е Н И Я

Об официальном оппоненте по диссертации Баянова Алексея Евгеньевича
на тему: «Теплофизическое обоснование круглогодичного кучного выщелачивания золотосодержащих руд в условиях
низких температур (на примере Савкинского месторождения)»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 25.00.22 - Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Дата и год рождения, гражданство, паспортные данные (серия, №, выдан кем, когда), № страхового свидетельства, ИНН, домашний адрес с почтовым индексом, телефон	Место основной работы (с указанием организации и города), должность Почтовый адрес, телефон, электронная почта оппонента	Ученая степень (шифр специальности), ученое звание по кафедре	Основные работы по профилю оппонируемой диссертации
1	2	3	4	5	6
1.	Фазлуллин Марат Исмаилович		ООО Научно-производственное предприятие "ГЕОТЭП", Генеральный директор 115409, а/я 11, Москва, Каширское шоссе, 33 Тел: 8 (499) 324-42-39 E-mail: geoter@mail.ru	Доктор технических наук, профессор	1. Кучное выщелачивание благородных металлов / под ред. М.И. Фазлуллина. - М.: Академия горных наук, 2001. - 64бс. 2. Фазлуллин М.И. К проблеме скважинного подземного выщелачивания золота / М.И. Фазлуллин, Г.И. Авдонин, Р.Н. Смирнова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2008. № 10. С. 207-217. 3. Фазлуллин М.И. / Результаты исследований по кучному выщелачиванию никеля М.И. Фазлуллин, Г.И. Авдонин, Р.Н. Смирнова // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Дата и год рождения, гражданство, паспортные данные (серия, №, выдан кем, когда), № страхового свидетельства, ИНН, домашний адрес с почтовым индексом, телефон	Место основной работы (с указанием организации и города), должность Почтовый адрес, телефон, электронная почта оппонента	Ученая степень (шифр специальнос ти), ученое звание по кафедре	Основные работы по профилю оппонируемой диссертации
					<p>журнал), 2012. № 7. С. 152-157.</p> <p>4. Фазлуллин М.И. Перспективы скважинного подземного выщелачивания золота в глубоко погребенных россыпях России, Кыргызстана и Казахстана / М.И. Фазлуллин, Г.И. Авдонин, Г.А. Савченко // <u>Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)</u>, 2012. № 7. С. 158-168.</p> <p>5. Аренс В.Ж. Экологические и социальные аспекты физико-химических геотехнологий добычи полезных ископаемых / В.Ж. Аренс, М.И. Фазлуллин // <u>Горный журнал</u>, 2010. № 11. С. 90-93</p> <p>6. Аренс В.Ж. Комбинирование традиционных и геотехнологических способов при комплексном использовании рудоминерального сырья / В.Ж. Аренс, Д.П. Лобанов, Б.Л. Толкунов, М.И.Фазлуллин // <u>Металлург</u>, 2010. № 8. С. 26-28.</p> <p>7. Аренс В.Ж. Комбинирование традиционных и физико-химических способов добычи и переработки рудоминерального сырья</p>

№ п/п	Фамилия, имя, отчество	Дата и год рождения, гражданство, паспортные данные (серия, №, выдан кем, когда), № страхового свидетельства, ИНН, домашний адрес с почтовым индексом, телефон	Место основной работы (с указанием организации и города), должность Почтовый адрес, телефон, электронная почта оппонента	Ученая степень (шифр специальнос ти), ученое звание по кафедре	Основные работы по профилю оппонлируемой диссертации
					<p>/ В.Ж. Арнс, Д.П. Лобанов, М.И. Фазлуллин // <u>Горный журнал</u>, 2011. № 4. С. 79-82.</p> <p>8. Фазлуллин М.И. Перспективы подземного скважинного выщелачивания золота в России // М.И.Фазлуллин, В.А. Гулов, Г.И. Авдонин, Р.Н. Смирнова, В.И. Ступин // <u>Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)</u>. 2002. № 4. С. 145-148.</p> <p>9. Фазлуллин М.И. Опыт разработки и внедрения комбинированной технологии добычи рудного золота в условиях Чукотки / М.И. Фазлуллин, В.И. Ступин, А.Б. Белоусов, А.Ф. Авдеев // <u>Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)</u>. 2000. № 5. С. 17-24.</p>