

ОТЗЫВ

**официального оппонента о диссертации Савиновой Юлии Александровны
на тему: «Разработка технологии переработки рудных сульфидных
концентратов цветных металлов с применением окислительного обжига в
печах кипящего слоя», представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия
черных, цветных и редких металлов**

Необходимость теоретического обоснования и разработки технологий переработки сульфидных концентратов обусловлена недостатками традиционных способов, меняющимися химическим и фазовым составами сырья. Известные технологии и процессы обжига сульфидного сырья в печах кипящего слоя адаптированы к перерабатываемому сырью и не предполагают варьирование его состава в широких пределах. Вовлечение в переработку новых источников сырья, в том числе сульфидных руд и концентратов Удоканского и Артемьевского месторождений, предполагает создание оригинальных технологий и подбор новых режимов процессов, обеспечивающих наиболее полное извлечение ценных металлов. Представляет несомненную значимость цель исследования, предложенная автором, включающая обоснование взаимосвязи вещественного состава продуктов с параметрами окислительного обжига сульфидных концентратов и создание на этой основе оригинальных технологий переработки сырья. Поэтому выбранное автором направление исследования весьма актуально как с научной, так и с практической точек зрения.

Концептуальная позиция автора состоит в том, что регулированием параметров окислительного обжига сульфидного концентрата в печах КС можно добиться требуемого для последующих переделов составов огарка. В соответствии с выбранным направлением исследования, в работе решен ряд задач, обосновывающих предложенное техническое решение применительно к концентратам, перерабатываемым на Кольском ГМК, а также выделяемым из руд Удоканского и Артемьевского месторождений.

В работе весьма квалифицированно проведен (глава 1) анализ рудной базы сульфидного медного сырья. Рассмотрен механизм окисления сульфидов: показано определяющее влияние температуры, крупности материала и фазового состава на механизм процесса. Классификация известных способов обжига сульфидного сырья в печах КС позволила автору обосновать необходимость совершенствования технологии применительно к новым источникам сырья, отличающимся соотношением минеральных составляющих. На основе аналитического обзора сформулированы цель и задачи исследования.

*№ 401-10
от 22.11.2018*

Во второй главе весьма подробно проведен анализ современных методов оценки фазового и минералогического составов, а также строения исходных материалов и продуктов обжига. Использование растровой электронной микроскопии и рентгеноспектрального микроанализа для анализа продуктов окисления позволили автору, в дальнейшем, проводить исследование на высоком научном уровне. Подробно описаны лабораторная и укрупненная установки для обжига сульфидных концентратов в печи кипящего слоя. Принятые для использования методики и оборудование отвечают современным требованиям для научных и технологических экспериментов, обеспечивают достижение поставленной цели и выполнение задач работы.

Третья глава посвящена изучению процесса обжига медно-никелевого концентрата (сырье Кольской ГМК). По результатам анализа образцов, полученных в ходе обжига концентрата в различных условиях, установлены основные структурные составляющие продуктов. Показано, что сульфиды, оксиды, сульфаты, оксисульфиды, шпинелиды и оплавленные частицы составляют основу образующегося продукта. Условия обжига, в первую очередь – температура, определяют количественное соотношение образующихся структурных составляющих. Значимым достижением автора являются сведения о формировании двух типов шпинели – бедных и богатых по содержанию цветных металлов, а также сведения о вторичном сульфатообразовании. Важными для практического использования являются полученные автором сведения о количественном изменении структурных составляющих в продуктах обжига.

В четвертой главе представлены результаты изучения продуктов окислительного обжига медного концентрата (Удоканское месторождение). Помимо основных результатов, аналогичных полученным для медно-никелевого концентрата, выявлены условия обжига, обеспечивающие последующую гидрометаллургическую переработку продукта, в частности -его выщелачивание с переводом цветных металлов в раствор. Показано, что основными фазами, препятствующими достижению высоких показателей по извлечению цветных металлов при гидрометаллургической переработке огарка, являются шпинель и сульфиды. Это положение известно для производства цинка в цикле обжиг – выщелачивание, но для медных концентратов имеет значимость.

В пятой главе изложены результаты изучения процесса обжига полиметаллического концентрата (Артемьевское месторождение), отличающегося повышенным содержанием сульфидов меди, цинка и свинца. Наличие легкоплавких составляющих (сульфид и оксид свинца) существенно осложняют обжиг концентрата с достижением высокой степени десульфуризации, что отражается на показателях последующей

гидрометаллургической переработки огарка. Только проведением двухстадийного обжига удалось достичь высоких показателей по выщелачиванию цветных металлов из огарка. Автором предложены варианты проведения обжига концентрата как операции, предшествующей выщелачиванию огарка.

В шестой главе проведено обобщение данных окисления изученных концентратов. Использование сведений об изменении доли структурных составляющих (сульфиды, оксиды, сульфаты, окисульфиды, шпинели и оплавленные частицы) в ходе обжига различных типов концентратов, позволили автору обосновать единые принципы регулирования технологических процессов и предложить технические решения для конкретных материалов. После сопоставления экспериментальных данных и результатов термодинамического моделирования сделано предположение о протекании процесса обжига сульфидов в печи КС в условиях близких к равновесным. Представлена оригинальная схема процесса окисления сульфидов, включающая вторичное сульфатообразование.

В Заключении приведено обобщение полученных результатов, показана целесообразность их использования для совершенствования технологических процессов на металлургических предприятиях.

Автором представлено развернутое обоснование Защищаемых положений:

- в исследованном диапазоне условий, вещественный состав огарков окислительного обжига в печах КС сульфидных рудных концентратов определяется, главным образом, температурой обжига;

- показатели гидрометаллургической переработки продуктов обжига рудных сульфидных концентратов, в первую очередь, определяются их вещественным составом.

Научная новизна. Получены новые данные об изменении вещественных составов трех сульфидных концентратов при варьировании условий обжига в широком интервале температур; установлены количественные соотношения структурных составляющих продуктов обжига от условий его осуществления; показано, что шпинелеобразование влияет на показатели гидрометаллургической переработки обожженных концентратов; обоснован механизм окисления концентратов, включающий вторичное сульфатообразование; высказано предположение о протекании процесса окисления сульфидов в КС в условиях, приближающихся к равновесным.

Практическая ценность. Полученные данные использованы для выработки предложений по совершенствованию технологических процессов на промышленных предприятиях (АО Кольская ГМК, ООО Байкальская горная компания), подготовки ТР и ТЭО. В ходе исследования накоплен обширный

справочный материал по окислению сульфидных концентратов, полезный для специалистов научных и отраслевых институтов.

Обоснованность и достоверность изложенных в диссертационной работе положений, выводов и рекомендаций обусловлены современными методами физико-химического эксперимента, технологического моделирования и обработки полученных результатов. Диссертация написана грамотно, главы логически связаны.

Диссертация изложена на 154 страницах, содержит 42 рисунка, 25 таблицы, 106 наименования литературных источников. Диссертация содержит 6 разделов, которые логически взаимосвязаны. Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации. По диссертации автором опубликовано 5 работ в журналах рекомендованных ВАК, которые отражают основное содержание диссертации.

Замечания по диссертации:

1. В качестве структурных составляющих продуктов окисления автором, наряду с сульфидами, оксидами, сульфатами и шпинелями, как классов соединений, использовано понятие “окисульфиды”. Окисульфиды, как класс соединений, отвечающий формулам $MeSO$ и Me_1Me_2SO , широко известны для редких, цветных металлов и железа. В представленной работе под этим понятием подразумевается тонкодисперсная смесь сульфидов, оксидов и сульфатов. Поэтому, использование понятия “окисульфид” в представленном исследовании не совсем корректно;

2. В выводах по главам 3 (стр.78, п. 3), 4 (стр.100, п. 6) и 5 (стр.119, п.6) приведены сведения об использовании результатов для разработки технологических регламентов и технико-экономических обоснований. Однако сведения по ТР и ТЭО в указанных главах и диссертации в целом не приведены. Блоки с экономическими выкладками в диссертации отсутствуют, поэтому следовало обойтись без этих пунктов, или привести выкипировки из указанных документов в Приложениях к диссертации;

3. Эффективность схемы “обжиг – выщелачивание” для переработки сульфидных медных и полиметаллических концентратов сложно обосновать без решения вопроса по извлечению драгоценных металлов. Каким образом предполагается извлекать золото и серебро при переработке полиметаллических концентратов по предложенной схеме?


4. Помимо рассмотренных автором цветных металлов, в концентратах содержатся примеси сурьмы, мышьяка, свинца, висмута и др. Какова судьба этих элементов на стадии обжига в КС и в какие продукты они будут переведены при переработке огарков по пирометаллургической и гидрометаллургической схемам?

5. Представленное в диссертации Заключение выглядит как сумма выводов по главам, в то время как в автореферате оно представлено в обобщенном виде. Последнее, вероятно, более правильно.

Высказанные замечания не снижают научную и практическую значимость представленной работы, которая имеет весьма высокую значимость для развития теоретических основ металлургических процессов и создания новых технологий цветной металлургии.

Диссертационная работа Савиновой Юлии Александровны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, значимую для создания технологических процессов переработки сульфидного сырья цветных металлов. По новизне, теоретическим положениям и практической значимости, а также по содержанию и объему, представленная научно-квалификационная работа полностью соответствует требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденном Постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 года (с изменениями от 21 апреля 2016г. № 335), а также паспорту специальностей ВАК РФ, а ее автор, Савинова Юлия Александровна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Металлургия черных, цветных и редких металлов.

Официальный оппонент,
Заведующий лабораторией пирометаллургии
цветных металлов Федерального государственного
учреждения науки Института металлургии Уральского
отделения Российской академии наук (ИМЕТ УрО РАН),
доктор технических наук


Селиванов Евгений Николаевич

Подпись Селиванова Е.Н. удостоверяю:
Ученый секретарь ИМЕТ УрО РАН,
кандидат химических наук


13.11.2018.
Пономарев Владислав Игоревич

620016, г. Екатеринбург, ул. Амундсена, 101
Институт металлургии УрО РАН,
тел. 8-343-2679124, e-mail: admin@imet.mplik.ru