ОТЗЫВ

официального оппонента Борбата Владимира Федоровича
о диссертационной работе Мастюгина Сергея Аркадьевича
«Научное обоснование и разработка технологии комплексной переработки медеэлектролитных шламов», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 –
Металлургия черных, цветных и редких металлов

Рецензируемая работа Мастюгина С.А. посвящена теоретическому обоснованию, разработке и практической реализации комбинированного способа концентрирования и гидрометаллургической переработки сложных многокомпонентных продуктов – шламов электролитического рафинирования меди. Повышение комплексности использования ценного техногенного сырья и снижение уровня антропогенной нагрузки на окружающие экосистемы по сравнению с существующим положением в медерафинировочных производствах определило актуальность исследованной проблемы. Анализ, критическое осмысление и выявление недостатков применяемых способов переработки медеэлектролитных шламов позволили диссертанту сделать вывод о необходимости научного обоснования и разработки единых принципов технологии, предусматривающей глубокое извлечение из медеэлектролитных шламов ценных компонентов в готовую продукцию и минимизацию негативного воздействия производства на окружающую среду. Убедительно, на примере реальных параметров шламового производства ОАО «Уралэлектромедь», показано, что наиболее узким переделом широко применяемой в настоящее время технологии переработки медеэлектролитных шламов является сложная плавка обезмеженного шлама, сопровождающаяся потерями ценных компонентов с выбросами пылегазовой фазы и твердыми отходами, что является серьезными недостатками пирометаллургической переработки медеэлектролитного шлама. В условиях повсеместного обеднения медного сырья, когда содержание золота и серебра в шламах снизилось в несколько раз, а содержание примесных элементов увеличилось, особенно актуальным становится переход на экологически чистые технологии.

Вх. №05-19/1-233
от 13.11.14 г.

В порядке достижения цели работы диссертант поставил и решил ряд новых научно-практических задач: проанализированы технологические, экономические и экологические аспекты внедрения новых технологических приемов комплексной переработки медеэлектролитных шламов на основе гидрометаллургических процессов, для этого определены физико-химические и технологические свойства и изменения фазовых составляющих медеэлектролитных шламов в зависимости от способа их обезмеживания; обоснованы параметры обезмеживания медеэлектролитных шламов и приемов дезинтеграции для последующего эффективного разделения фазовых составляющих флотацией; проведена проверка технологии автоклавного окислительного выщелачивания шлама и разделения халькогенидной и оксидной составляющих флотацией; разработан способ разложения селенидов драгоценных металлов с получением пригодного для аффинажа золота и серебра металлизированного продукта и богатых селеносодержащих растворов. На основе полученных данных разработана технология комплексной переработки шламов на основе гидрометаллургических операций для получения кондиционных товарных продуктов и дана технико-экономическая и экологическая оценка разработанной технологии в сравнении с широко используемой пирометаллургической схемой переработки медеэлектролитного шлама.

Наиболее существенные результаты, определяющие научную новизну диссертационной работы Мастюгина С.А., состоят в выявлении особенностей фазового состава медеэлектролитных шламов с высоким содержанием сурьмы и свинца, влияния химических и гидродинамических факторов при автоклавном выщелачивании шлама на дезинтеграцию конгломератов фаз благородных металлов и примесных элементов, позволяющие при последующей флотации эффективно разделить халькогенидную и оксидную составляющие шлама. Установленные параметры автоклавного выщелачивания (температура – 104–106 °С, давление кислорода – 0,1 МПа, продолжительность – 4 ч, скорость абсорбции кислорода – не менее 0,001 моль O_2 / $м^3 \cdot с \cdot Па$) оптимальны и

обеспечивают максимальное извлечение меди и теллура в раствор, а также эффективное разделение фаз флотацией. Установлена причина неполного извлечения теллура в раствор при автоклавном выщелачивании шламов с высоким содержанием сурьмы и эффектно доказана результатами рентгенофазового и электронно-микроскопического исследований хвостов флотации кеков, в которых определено присутствие сложных оксидов теллура с сурьмой, мышьяком и свинцом, как результат вторичного осаждения теллура в кек в процессе выщелачивания.

Автором исследованы условия кондиционирования флотоконцентрата с целью более глубокого вывода примесей в хвосты флотации. Установлено, что качество флотационного концентрата и селективность разделения можно повысить за счет ультратонкого измельчения получаемого на стадии перечистки продукта. Благодаря разрушению характерных для медеэлектролитных шламов конгломератов оксидных соединений и халькогенидной составляющей и последующей доводки получен концентрат, состоящий на 90% из селенида серебра и хвосты флотации, содержащие более 60 % свинца и сурьмы.

Разработанная гидрометаллургическая технология переработки медеэлектролитных шламов, включающая индивидуализацию фаз путем автоклавного окислительного выщелачивания, разделение оксидных и халькогенидных фаз флотацией с получением концентрата драгоценных металлов и содержащего цветные металлы продукта, разложение устойчивых халькогенидов с металлизацией благородных металлов и переводом халькогенов в раствор с целью их извлечения существующими способами проверена укрупненными испытаниями.

На защиту вынесен ряд новых концептуальных и технологических разработок, в том числе: технология комплексной переработки медеэлектролитных шламов на основе ресурсо- и энергосберегающей гидрометаллургической технологии; объединение в единый технологический цикл переработки медеэлектролитных шламов флотационных и

гидрометаллургических процессов. В логической последовательности достаточно четко раскрываются особенности фазового состава медеэлектролитных шламов и закономерности его трансформации в процессе гидрометаллургической переработки шламов.

Диссертантом проведены исследования нескольких вариантов переработки концентрата флотации: плавка обогащенного продукта на сплав серебряно-золотой (ССЗ), гидрохлорирование, автоклавное окислительное щелочное выщелачивание, спекание с натрийсодержащими реагентами, гидрохимическое восстановление. Установлены закономерности селективного извлечения драгоценных металлов и халькогенов из растворов выщелачивания флотоконцентрата. Значительный интерес представляет комплекс исследований процесса гидрохлорирования флотоконцентрата. С учетом полученных результатов для проведения укрупненной проверки научно обоснованных технологических решений был определен порядок проведения операций, позволивший избирательно извлечь в раствор селен и золото за счет двухстадийного выщелачивания концентрата флотации хлоратом калия, дробно выделить из раствора селен, золото и платино-палладиевый концентрат.

Практическая значимость данной работы состоит в том, что автором разработаны и апробированы в укрупненном масштабе новые операции, комплексной переработки медеэлектролитных шламов, включающие:

- автоклавное обезмеживание медеэлектролитных шламов при параметрах, оптимальных для разделения фаз и максимального извлечения меди и теллура в раствор;

- флотацию кека автоклавного выщелачивания и доводку продуктов флотации с использованием приемов их дезинтеграции для выделения богатого по драгоценным металлам и селену концентрата, а также хвостов флотации (более 60 % Pb и Sb);

- выщелачивание обогащенного драгоценными металлами концентрата с получением продуктов, близких по составу к тем, которые перерабатывают

по существующим на предприятиях технологиям аффинажа золота и серебра, рафинирования селена. На основании результатов укрупненных испытаний разработан и утвержден Технологический регламент для проектирования технологии переработки шламов по схеме автоклавное окислительное выщелачивание – флотация, выполнена часть проектно-сметной документации, включая технологию, строительную часть, автоматизацию, сметы. Ожидаемый эколого-экономический эффект от внедрения технологии комплексной переработки медеэлектролитных шламов составляет 129,2 млн. руб. со сроком окупаемости вложенных средств в течение 7,7 лет.

Текст диссертации обоснованно дополнен актами опытно-промышленных испытаний, экономическими расчетами.

Достоверность результатов выполненных исследований и новизны научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, обеспечена комплексом химических, физико-химических методов исследования (растровая электронная микроскопия с системой микроанализа, атомная эмиссионная спектрометрия с индукционно связанной плазмой, рентгенотелевизионная система наблюдения электрокапиллярного движения капель металла в шлаковом расплаве, атомно-абсорбционная спектроскопия) и базируется на использовании нормативно-методической, и сертифицированной документации, а также на воспроизводимости полученных данных на этапах лабораторного и опытно- промышленного выполнения экспериментов, промышленного внедрения.

Работа в целом построена логично. В ней использованы современные методы планирования и проведения эксперимента, математического моделирования, обработки данных, достоверные физико-химические методы анализа. Результаты представительно доложены на отечественных и международных симпозиумах и конференциях, опубликованы в ведущих рецензируемых периодических научных изданиях, рекомендованных ВАК, а также в монографии, посвященной медеэлектролитным шламам.

Диссертационная работа изложена на 322 страницах машинописного текста, включая 100 рисунков и 82 таблицы, состоит из введения, 6 глав, заключения и 12 приложений, список литературы содержит 197 наименований отечественных и зарубежных авторов.

Положительно оценивая диссертационную работу Мастюгина С.А., можно отметить, что исследования выполнены на современном научном, методическом и экспериментальном уровнях, содержат новые научные результаты и положения, выносимые на защиту; логически связаны и отражают личный вклад диссертанта на всех этапах выполненной работы: теоретическом обосновании основных защищаемых положений, подготовке и непосредственном участии в получении, обобщении и анализе экспериментальных результатов, подготовке научных публикаций и патентов на изобретения, организации и участии в промышленных испытаниях.

Работа автора вносит существенный вклад в научное обоснование, разработку и совершенствование практических мер, направленных на комплексную переработку многокомпонентного техногенного сырья и рекуперацию цветных металлов в составе товарных продуктов, а также сокращение площадей, занимаемых под складирование и хранение отходов.

Предложенные диссертантом новые научные подходы и технологические решения строго аргументированы и критически оценены по сравнению с известными положениями и разработками.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к работам, направляемым для опубликования в открытой печати.

Замечания по диссертационной работе:

1. К сожалению, автор не изучил механизм перехода золота в шлам и ограничился ссылкой на работу 6 в диссертации, по которой золото из медного анода переходит в раствор и затем осаждается на поверхности анода. Так как критики этой гипотезы в диссертации не приводится, следует считать, что автор является ее сторонником. В таком случае необходимо объяснить

термодинамику этого процесса, учитывая, что потенциал медного анода при электрорафинировании не превышает +0,4В, а стандартный электродный потенциал золота в растворе $\varphi^0 = + 1,88$В.

2. В диссертации приведены результаты исследований плавки флотоконцентрата, как одного из способов его переработки, однако это не согласуется с намерением автора создать гидрометаллургическую схему.

3. Каким образом предполагается извлекать теллур из растворов автоклавного выщелачивания шлама и растворов восстановительного выщелачивания флотоконцентрата? Каков уровень извлечения теллура из шламов ожидается при внедрении предложенной технологии, включая переработку хвостов флотации?

4. При окислительном выщелачивании шлама в автоклаве основными факторами для дезинтеграции фаз являются скорость абсорбции кислорода и продолжительность процесса. Какие факторы играют роль при проведении автоклавной неокислительной обработки?

5. Некоторые графики (2.24, 2.25, 2.26, 6.7) построены по трем точкам, что недопустимо в серьезной работе.

6. Вряд ли улучшают работу графики на рисунке 5.4.

7. На странице 30 автореферата автор объясняет низкое извлечение платиновых металлов тем, что при высоких значениях ОВП палладий и платина образуют плохо растворимые хлорметаллаты (IV). Это справедливо при высоких концентрациях этих металлов, например, в аффинажных операциях, но при концентрациях платиновых металлов в растворе в мг/л такое объяснение не может быть принято.

Сделанные замечания не снижают общую положительную оценку диссертационной работы Мастюгина С.А..

По новизне и актуальности полученных результатов, научно-методическому уровню и практической значимости диссертация «Научное обоснование и разработка технологии комплексной переработки медеэлектролитных шламов» представляет собой научно-квалификационную

работу, которая соответствует критериям, установленным п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

Ее автор, **Мастюгин Сергей Аркадьевич** заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.16.02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» за разработку технических и технологических решений в области комплексной переработки многокомпонентного сырья с извлечением попутных элементов, создание новых и усовершенствование существующих ресурсо - и энергосберегающих технологий для металлургической и смежных отраслей промышленности, обеспечивающих минимизацию воздействия техногенных факторов на окружающую среду.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, а публикации автора с достаточной полнотой передают ее содержание.

Официальный оппонент
профессор,
доктор технических наук Борбат Владимир Федорович
заведующий кафедрой
Адрес организации: 644077, г. Омск, пр. Мира, 55-А, ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», тел.83812-26-81-99,
E-mail: borbatvf@mail.ru
Кафедра неорганической химии

05 ноября 2014 года

Подпись Борбата В.Ф. заверяю: (Ковалевская Л.И. – уч. секретарь УС)