

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ КОМИССИИ

по защите диссертации Выдыша Степана Олеговича на тему: «Повышение комплексности переработки шламов электролитического рафинирования вторичной меди», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов» и состоявшейся в НИТУ МИСИС 27.11.2024.

Диссертация принята к защите Диссертационным советом НИТУ МИСИС 09.09.2024, протокол №22.

Диссертация выполнена на кафедре цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Научный руководитель – доктор технических наук, Богатырева Елена Владимировна, профессор кафедры цветных металлов и золота НИТУ МИСИС.

Экспертная комиссия утверждена Диссертационным советом НИТУ МИСИС (протокол №3 от 29.08.2024) в составе:

1. Левашов Евгений Александрович, доктор технических наук, заведующий кафедрой порошковой металлургии и функциональных покрытий МИСИС, директор НУЦ СВС МИСИС-ИСМАН – председатель комиссии;

2. Тарасов Вадим Петрович, доктор технических наук, директор Центра инжиниринга промышленных технологий (ЦИПТ), заведующий кафедрой цветных металлов и золота НИТУ МИСИС;

3. Морозов Валерий Валентинович, доктор технических наук, профессор кафедры общей и неорганической химии НИТУ МИСИС;

4. Мамяченков Сергей Владимирович, доктор технических наук, заведующий кафедрой металлургии цветных металлов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»;

5. Трошкина Ирина Дмитриевна, доктор технических наук, профессор кафедры технологии редких элементов и наноматериалов на их основе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

В качестве ведущей организации утверждено федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН.

Экспертная комиссия отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана новая научная идея, обогащающая научную концепцию извлечения компонентов из шламов электролитического рафинирования вторичной меди (ЭРВМ) для эффективного концентрирования благородных металлов (БМ) путем определения параметров селективного безавтоклавного гидрометаллургического извлечения макрокомпонентов (Cu, Pb, Ba, Ag, Sn) в продукты или полупродукты как из исходных соединений шлама (Cu, Ag), так и после предварительной конверсии соединений (Pb, Ba, Ag) в более реакционноспособные соединения, на основании термодинамического анализа, различия физико-химических свойств компонентов систем и кинетических исследований;

предложена и экспериментально доказана оригинальная научная гипотеза о перспективности использования для безавтоклавного селективного выщелачивания меди аммиачно-аммонийного буферного раствора ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{NH}_4\text{HCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$), позволившая определить в качестве критерия селективности извлечения меди величину окислительно-восстановительного потенциала (ОВП) системы, обеспечивающую подавление перехода серебра из шлама ЭРВМ в раствор при максимальном извлечении меди и попутную конверсию химически стойкого сульфата свинца в реакционноспособный гидрокарбонат;

доказано наличие зависимости извлечения меди и серебра в аммиачно-аммонийный раствор от суммарной концентрации свободных молекул аммиака ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и ионов аммония (NH_4^+), а также pH раствора, определяемого их мольным соотношением ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} / \text{NH}_4^+$).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны положения об эффективности применения аммиачно-аммонийного буферного раствора ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 - \text{NH}_4\text{HCO}_3 - \text{H}_2\text{O}$) с мольным соотношением свободных молекул аммиака ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) и ионов аммония (NH_4^+) 1...2 моль/моль, что соответствует pH 9,25...9,55, в качестве реагента для обезмеживания шламов ЭРВМ, а также критерия селективного извлечения меди – ОВП системы ($+245 \pm 10 \dots +280 \pm 10$ мВ относительно стандартного водородного электрода);

применительно к проблематике диссертации результативно использован комплекс существующих базовых методов исследований фазового, химического состава, структуры образцов шлама ЭРВМ и продуктов их выщелачивания, в том числе методик рентгенографического, рентгенофлюоресцентного, трансмиссионной электронной микроскопии, химического и гранулометрического анализов;

изложены условия изменения эффективности, селективности и кинетики обезмеживания шламов ЭРВМ в процессе аммиачно-аммонийного выщелачивания, а также последующего ацетатного выщелачивания свинца из обезмеженного шлама;

изучены факторы, влияющие на степень конверсии сульфата бария в карбонат с попутным селективным восстановлением хлорида серебра *D*-глюкозой в шламе ЭРВМ после удаления меди и свинца, обеспечивающие эффективное удаление бария ацетатным выщелачиванием и селективное извлечение серебра в процессе последующего азотнокислотного выщелачивания в присутствии пероксида водорода для подавления выделения нитрозных газов.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Разработана методика расчета энтальпии образования сложных соединений с учетом долевого вклада энергий связей, снижающая ошибку расчета для кристаллогидратов и двойных солей до 1-2 %, позволившая рассчитать энтальпии сложных соединений для термодинамического анализа взаимодействия в системах выщелачивания с учетом особенностей фазового состава шламов ЭРВМ.

На основании комплексных исследований разработана принципиальная технологическая схема комплексной безавтоклавной гидрометаллургической переработки шламов ЭРВМ, включающая: атмосферное аммиачно-аммонийное выщелачивание Cu из шлама и ацетатное выщелачивание Pb (*модуль 1*); царскowodочно-тиосульфатную обработку (*модуль 2*) или карбонатно-ацетатное выщелачивание Ba (*модуль 3*) с последующей кислотно-тиосульфатной обработкой (*модуль 4*) и обеспечивающий сквозное селективное извлечение: не менее 99 % Cu в аммиачно-аммонийный раствор, пригодный для экстракционного извлечения меди и последующей ее электроэкстракции; не менее 93 % Pb в раствор ацетатного выщелачивания с последующим его осаждением в составе чистого сульфата свинца, соответствующего ГОСТ 10539-74; около 95 % Ba с получением сульфата бария, пригодного для возврата в основное медное производство на разливку медных анодов; не менее 89 % Sn в оловянный концентрат марки КОЗ-2 по ГОСТ 59138-2020 или КО-1 по ГОСТ 59138-2020; не менее 95 % Ag в серебросодержащие продукты (сульфид серебра, черновое серебро); не менее 77 % БМ в концентраты, содержащих 0,17 до 50 % Au (в зависимости от комбинации модулей).

Вариант разработанного способа гидрометаллургической переработки шлама ЭРВМ, включающий ацетатное выщелачивание обезмеженного шлама

с последующей его царсководочно-тиосульфатной обработкой прошел успешную апробацию на экспериментальном предприятии ООО «ЛИТ» ГК Скайград и обеспечил сквозное извлечение свинца; серебра; золота в готовую продукцию на 93-96; 95-96; 77-78 %, соответственно.

Определены перспективы практического использования результатов работы для повышения комплексности переработки шламов ЭРВМ.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ подтверждена большим объемом экспериментальных исследований, укрупненных лабораторных испытаний, воспроизводимостью экспериментальных результатов, корреляцией теоретических и экспериментальных результатов исследований;

теория построена на известных и проверяемых данных и согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

идея базируется на обобщении передового опыта российских и зарубежных разработок в области переработки шламов электролитического рафинирования вторичной меди;

использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

Личный вклад соискателя состоит в анализе научно-технической информации, постановке и обосновании задач исследования, планировании и проведении лабораторных и укрупненных лабораторных испытаний, проведении расчетов и обобщении полученных результатов, написании научных статей, формулировании выводов и основных положений диссертационной работы и их обсуждении с научным руководителем.

Соискатель представил 8 опубликованных работ, из них 3 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ и в базе данных Scopus, 4 статьи в сборниках научных конференций, 1 ноу-хау, зарегистрированное в депозитарии ноу-хау НИТУ МИСИС.

Пункт 2.6 Положения о присуждении ученой степени кандидата наук НИТУ МИСИС соискателем ученой степени не нарушен.

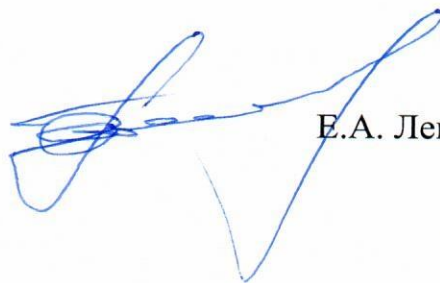
Диссертация Выдыша Степана Олеговича соответствует критериям п. 2 Положения о порядке присуждения ученых степеней в НИТУ МИСИС, так как в ней на основании выполненных автором исследований разработаны новые научно-обоснованные технологические решения для повышения комплексности гидрометаллургической переработки шламов ЭРВМ, позволяющие снизить энергоемкость по сравнению с традиционным способом, включающим автоклавное сернокислотное обезмеживание шлама с последующей плавкой на сплав Доре, что сократит экологическую нагрузку на окружающую среду из-за отсутствия испарений Pb при переработке, повысит

глубину переработки по Pb и Sn с 0 до 93-96 и 89-91 %, соответственно, обеспечит сквозное извлечение Cu до 99 %, Pb и Ba в сульфат свинца и сульфат бария до 93-96 и 95 %, соответственно, извлечение Ag в серебросодержащие продукты и концентрат БМ до 95,0-99,5 и 0,3-5,0 %, соответственно, а также Au в концентрат БМ не менее 77-78 % и Sn в концентрат до 89-91 %.

Экспертная комиссия приняла решение о возможности присуждения Выдышу Степану Олеговичу ученой степени кандидата технических наук по специальности по специальности 2.6.2 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Результаты голосования: при проведении тайного голосования экспертная комиссия в количестве 5 человек, участвовавших в заседании, из 5 человек, входящих в состав комиссии, проголосовала: за 5, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель Экспертной комиссии



Е.А. Левашов

27.11.2024