

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу Смаилова Берика Болатовича

«Разработка способа оценки обогатимости и моделирования флотационных схем

переработки труднообогатимых свинцово-цинковых руд»,

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по

специальности 25.00.13 - «Обогащение полезных ископаемых»

По мере снижения содержаний ценных компонентов в рудном сырье возрастает актуальность проблемы вовлечения в переработку упорных, бедных и комплексных руд, характеризующихся сложным минеральным и фазовым составами, неравномерной вкрапленностью, широким спектром крупности рудных частиц, находящихся в тесном сростании с породообразующими минералами.

Особенности структуры минералов, различная степень дефектности кристаллической решетки, близость физических и физико-химических свойств основных минералов обуславливают значительные трудности раскрытия ценных компонентов и выделение их в селективные продукты обогащения.

В связи с этим, необходимость разработки новых способов оценки обогатимости упорных, в том числе свинцово-цинковых руд, позволяющих на основании установленной количественной связи особенностей вещественного состава руд с технологическими показателями научно-обоснованно осуществлять выбор эффективной технологии обогащения, является весьма актуальной.

На основании анализа результатов ранее проведенных исследований, современного состояния технологий переработки труднообогатимых сульфидных полиметаллических руд и их современных способов оценки автором убедительно сформулированы задачи исследований, основными из которых являются следующие:

- изучение вещественного состава упорной тонковкрапленной свинцово-цинковой руды, разработка, с применением традиционных реагентов режимов основных операций свинцовой и цинковой флотации, изучение полученных продуктов обогащения с применением методов автоматизированной минералогии, разработка способа оценки обогатимости материала и прогноза технологических показателей в схемах циклов флотации с учетом минерального состава, крупности, состояния поверхности и характеристик флотиремости различных видов минеральных частиц.

Соискателем ученой степени исследованы: раскрытие минералов при измельчении и способ оценки предельных показателей обогащения, способы оценки флотационного

обогащения упорной свинцово-цинковой руды и представлении полученных продуктов в виде модели - сортов частиц для дальнейшего прогноза показателей обогащения свинцово-цинковых руд при выборе схемы флотации.

Исследования структурно-химических, физико-химических и технологических свойств свинцово-цинковой руды проведено автором с использованием современных физико-химических методов анализа и применением метода автоматизированной минералогии на основе комплекса MLA System, состоящего из сканирующего электронного микроскопа и усовершенствованного специального программного обеспечения MLA Suite.

При этом было установлено, что представление (моделирование) материала как совокупности сортов частиц позволяет использовать данные о минеральном составе частиц, получаемые с помощью системы автоматизированной минералогии (MLA), не только для характеристики отдельных продуктов, но и для количественной характеристики показателей работы обогатительной операции (схемы обогащения).

В результате проведенных исследований автором с использованием разработанного способа представления продуктов кинетики флотации в виде совокупности сортов частиц установлена кинетика флотации отдельных смоделированных сортов руды. В частности, прямым методом установлены: высокая скорость флотации раскрытых минералов галенита, сфалерита и пирита в классах крупности менее 10 мкм; закономерное снижение скорости флотации двойных сростков при увеличении доли поверхности, занятой менее флотируемым минералом, а также наибольшая скорость флотации минеральных сортов класса крупности -20+10 мкм по сравнению с теми же минеральными сортами других классов крупности. Кроме того установлено, что в процессе флотации наибольший вклад в снижение качества черновых концентратов при обогащении упорных свинцово-цинковых руд вносят частицы, имеющие мономинеральную пиритную поверхность, особенно частицы размером менее 10 мкм. В цинковый черновой концентрат они приносят 52,8 % от общего количества пирита в концентрате, при этом индивидуальное извлечение указанных сортов от операции цинковой флотации среднее -45-55 %.

На основании полученных результатов и теоретических исследований соискателем сформулированы научная новизна и защищаемые положения диссертационной работы, которые базируются на разработке способа оценки результатов обогащения руды, основанного на представлении каждого из продуктов в виде совокупности сортов, представленных различной крупностью частиц, долями поверхности частиц, представленными разными минералами, включающий расчет балансов по сортам частиц, и установление сортов, в наибольшей степени ответственных за снижение качества

концентратов и/или потери ценных компонентов при обогащении упорных свинцово-цинковых руд методом флотации.

Представленная экспериментально доказанная теоретическая основа работы позволяет прогнозировать показатели обогащения свинцово-цинковых руд при использовании различных схемных решений внутри циклов флотации и включает: анализ продуктов кинетического флотационного опыта средствами автоматизированной минералогии и расчет спектров флотируемости сортов частиц, расчет распределения сортов частиц по продуктам в схеме обогащения. Что позволяет определять для каждого продукта его состав по сортам частиц, а также интегральные минеральный и элементный составы.

Полученные результаты теоретических и лабораторных исследований труднообогатимых свинцово-цинковых руд, представленные в диссертационной работе, показали принципиальную возможность разработки нового способа оценки обогатимости полиметаллических руд, основанного на данных системы автоматизированной минералогии, позволяющего установить виды минеральных частиц, в наибольшей степени ответственные за загрязнение концентратов и/или потери ценных компонентов, получить детальную информацию о кинетике флотации различных видов минеральных частиц.

Автором решена практическая задача разработки методики прогноза показателей обогащения при использовании различных схемных решений внутри цикла флотации, основанная на анализе продуктов кинетического флотационного опыта средствами автоматизированной минералогии и расчете спектров флотируемости сортов частиц, позволяющая определять для каждого продукта схемы его состав по сортам частиц, а также интегральные минеральный и элементный составы.

С применением разработанных способов оценки обогатимости и методики прогноза показателей автором предложена комбинированная технология переработки упорной свинцово-цинковой руды, заключающаяся в сочетании открытой прямой селективной флотации с добавлением реагента-депрессора пирита в перечистные операции с получение кондиционного цинкового концентрата и гидрометаллургической переработки свинцово-цинкового промпродукта. Это дало возможность получить 53%-ный цинковый концентрат при его извлечении 52 % и извлечь в продуктивный раствор свинца 43,6 % и цинка 22,2 %, суммарное извлечение цинка составило 74,6 %.

Разработанную методику использует ООО «НОРД-Инжиниринг» - инжиниринговая компания, специализирующееся на создании и внедрении технологий переработки сырья в горно-металлургической отрасли.

Оценивая в целом положительно представленную диссертационную работу Б.Б.

Смайпова, следует отметить некоторые замечания и пожелания автору:

1. В разделе 1.1.2 «Современное состояние технологий переработки труднообогатимого свинцово-цинкового сырья» следовало бы поместить таблицу с показателями обогащения данных типов руд различными организациями с указанием технологической схемы и реагентного режима (с применением цианида или без него) (стр. 17).

2. В материалах диссертационной работы не приведены конкретные данные, подтверждающие преимущество предлагаемой комбинированной технологии переработки руд по сравнению с полученными ранее результатами проведенных исследований.

3. В разделе 2.4, описывающим вещественный состав исследуемой руды, указано, что главными ценными компонентами являются Zn и Pb, а элементы - примеси - кадмий, селен и серебро. При этом содержание серебра (по данным табл. 2.15, стр.65) составляет 72 г/т, однако больше никакой информации по серебру за исключением упоминания, что галенит является носителем серебра в диссертации не приводится.

На предлагаемой комбинированной технологической схеме (рис. 5.6. стр.156) и в балансе металлов (табл. 5.7. стр. 161) данные по серебру отсутствуют, что снижает ценность данной работы и её практическую значимость при совершенствовании технологического процесса переработки исследуемой руды.

4. Следует отметить, что ряд таких факторов при изучении вещественного состава, как особенности структуры минералов, степень дефектности их кристаллической решетки, степень окисления, имеющие большое значение при флотации, в данной работе не учитываются из-за ограничения способов обработки данных, встроенных в MLA System, так как они не приспособлены к расчету параметров, сопоставимых по степени учета детализации вещественного состава (гл. I, стр. 12).

Автор указывает, что при флотации вероятность перехода в пену частиц зависит от их размера, массы, формы, минерального состава и состояния окисления поверхности, что в данном случае не рассматривается, а судя по применяемому реагентному режиму (введение сульфидизатора) присутствует. Желательно было бы привести результаты рационального анализа руды.

5. Из диссертационной работы также неясно, насколько данный подход к оценке обогатимости и прогноза технологических показателей может быть применим к другим труднообогатимым сульфидным рудам. Желательно было бы апробировать предлагаемый способ на других хорошо изученных тонковкрапленных рудах и сравнить технологические показатели обогащения, поскольку технология обогащения труднообогатимых руд подробно освещена в работе (гл. I, стр. 11).

Приведенные замечания не являются принципиальными, носят в основном рекомендательный характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы, выполненной на высоком научно-техническом уровне и имеющей в перспективе практическое значение при обогащении труднообогатимых полиметаллических руд методом флотации и расширении областей ее использования. Автореферат полностью соответствует материалам диссертации, написанной чётким, понятным языком и оформленной на современном уровне. Материалы диссертации опубликованы в 4 статьях и изданиях академического и отраслевого направления, в том числе в 3, рекомендованных ВАК РФ. Представленная диссертационная работа полностью соответствует требованиям, предъявляемых ВАК РФ, а ее автор Смайллов Берик Болатович за решение актуальной научной задачи разработки нового способа оценки обогатимости руд, основанного на данных системы автоматизированной минералогии, позволяющей установить виды минеральных частиц и дать прогноз распределения по продуктам обогащения в зависимости от минерального состава, получить информацию о кинетике флотации различных видов минерального сырья, несомненно заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 «Обогащение полезных ископаемых».

Официальный оппонент,
заведующая технологическим
отделом,
Федеральное государственное
бюджетное учреждение
"Всероссийский научно-
исследовательский институт
минерального сырья им.
Н.М.Федоровского",
кандидат химических наук

Ануфриева Светлана Ивановна

Федеральное государственное бюджетное
учреждение "Всероссийский научно-
исследовательский институт минерального сырья
им. Н.М. Федоровского"
119017, г. Москва, Старомонетный пер., д.31
Телефон: (495) 951-74-09
E-mail: anufrieva.05@mail.ru
22.02.2019 г.



Список публикаций Ануфриевой С.И. в период с 2014 по 2018 гг.

1. Лихникевич Е.Г. Лебедева Ю.И., Ануфриева С.И. Минералогические аспекты сульфатизации пирохлоровых концентратов с повышенным содержанием силикатных и алюмосиликатных фаз // Разведка и охрана недр. М., 2014 – № 11 – С. 42-46
2. Курков А.В., Ануфриева С.И. Технологические проблемы комплексной переработки редкометалльно-редкоземельных руд и пути их решения // Сборник докладов Международного совещания «Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья» Плаксинские чтения – 2014, 16-19 сентября, Республика Казахстан, г. Алматы, 2014 - С.29-33
3. Соколова В.Н., Лосев Ю.Н., Ануфриева С.И., Сладкова Г.А. Влияние способов подготовки тонкодисперсного марганцевого и железомарганцевого сырья на эффективность процесса кучного выщелачивания // Сборник материалов Международного совещания «Прогрессивные методы обогащения и комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья» (Плаксинские чтения - 2014). Алматы, 16-19 сентября 2014 г., Алматы, ТОО «Арко», Караганда, 2014 - С. 228-230.
4. Аликберов В.М., Броницкая Е.С., Ануфриева С.И. Перспективы развития железорудной базы Северо-Запада России // Сборник материалов III Международной конференции «Горнодобывающая промышленность Евро-Арктического региона», 2014 – С. 54-57
5. Быховский Л.З., Спорыхина Л.В., Ануфриева С.И. Техногенные образования и месторождения редких металлов России // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Повышение инвестиционной привлекательности комплексных редкометалльных месторождений с целью подготовки их к лицензированию и освоению», ИМГРЭ, М., 2014 - С.37-39
6. Ануфриева С.И., Потанин С.Д. Повышение инвестиционной привлекательности редкометалльных месторождений // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Повышение инвестиционной привлекательности комплексных редкометалльных месторождений с целью подготовки их к лицензированию и освоению», ИМГРЭ, М. 2014 - С.68-69
7. Ануфриева С.И., Броницкая Е.С., Рябкин В.К., Лихникевич Е.Г., Петрова Н.В. Современные подходы к решению технологических задач комплексной переработке редкометалльных руд // Сборник тезисов докладов с всероссийской научно-практической конференции «Повышение инвестиционной привлекательности комплексных редкометалльных месторождений с целью подготовки их к лицензированию и освоению», ИМГРЭ, М., 2014 – С. 15-20
9. Лихникевич Е.Г., Петрова Н.В., Ануфриева С.И. Апатитовый концентрат Белозиминского месторождения – Потенциально-промышленный источник получения редкоземельных металлов в России // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы получения и применения редкоземельных металлов», М., 2014 - С.39-40
10. Ануфриева С.И., Броницкая Е.С., Иванова М.В. Современные технологические решения переработки титаномагнетитовых руд // Сборник докладов Международного совещания «Современные процессы комплексной и глубокой переработки труднообогатимого минерального сырья», Плаксинские чтения, Иркутск, 2015 – С. 25-27
11. Ануфриева С.И., Броницкая Е.С., Сладкова Г.А. Ермолов В.М. Новые технологические решения комплексной переработки некондиционных марганцевых руд. // Международная научно-техническая конференция «Комбинированные процессы переработки минерального сырья: теория и практика» Сборник научных трудов, Санкт-Петербург, 2015 – С. 125-126
12. Курков А.В., Рогожин А.А., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г. Современные подходы к созданию рациональных технологий переработки руд редких и

редкоземельных металлов. Современные процессы комплексной и глубокой переработки минерального сырья (Плаксинские чтения 2015): Материалы международного совещания, Иркутск, 2015 – С. 35-42

13. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Рогожин А.А. Современные подходы к созданию рациональных технологий переработки руд редких и редкоземельных металлов // Материалы Плаксинских чтений «Современные процессы комплексной и глубокой переработки труднообогатимого минерального сырья», Иркутск, 2015 – С. 32-35

14. Лихникевич Е.Г., Ануфриева С.И. Особенности выделения редкоземельных элементов при комплексной переработке редкоземельно-ниобиево-фосфатных руд // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы получения и применения РЗМ-2015», М., 2015 - С. 73-75

15. Ануфриева С.И., Сладкова Г.А. Извлечение бериллия из сернокислых растворов. Тезисы Международной конференции, посвященной 100-летию института «Механобр»: «Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработки минерального сырья (Плаксинские чтения -2016). Санкт-Петербург, 2016 - С.280-281.

16. Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Томашев А.В., Астахова Ю.М. Комплексный подход к технологической оценке редкометалльных руд Томторского рудного поля // Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Роль геохимии в развитии минерально-сырьевой базы ТПИ. Прогноз, поиски, оценка и инновационные технологии освоения редкометалльных объектов», ИМГРЭ, М., 2016 – С. 26-29

17. Броницкая Е.С., Иванова М.В., Ануфриева С.И., Чепрасов И.В. Современное состояние и перспективы развития технологии обогащения шеелитовых руд России // Сборник материалов Международной научно-практической конференции «Рений, вольфрам, молибден. Научные исследования, технологические разработки, промышленное применение». М.: ОАО «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», 2016 – С. 67-69

18. Курков А.В., Ануфриева С.И., Серегин А.Н. Современные комбинированные технологии – новые возможности переработки черных и легирующих металлов. Ресурсосбережение и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья. (Плаксинские чтения 2016). Материалы международной конференции – М: АО «Издательский дом «Руда и Металлы». 2016 - С. 69-71

19. Соколова В.Н., Ануфриева С.И. Кучное выщелачивание – перспективное направление переработки труднообогатимого бедного марганцевого сырья // Сборник трудов научно-практической конференции с международным участием «Геотехнологические методы освоения месторождений твердых полезных ископаемых». М., 2016 - С. 201-208.

20. Соколова В.Н., Ануфриева С.И., Быховский Л.З., Лихникевич Е.Г., Броницкая Е.С. Техногенные образования – перспективный источник получения редких металлов // Сборник материалов XXI Международной научно-технической конференции «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья». Екатеринбург: Таилс КО, 2016 – С. 15-19

21. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Рогожин А.А. Новые возможности развития производства лития на основе современных технологий // Тезисы доклада в материалах Плаксинские чтения – 2017, Красноярск, 2017 - С. 252-254.

22. Лихникевич Е.Г., Ануфриева С.И., Фатов А.С. Выбор способа рациональной гидromеталлургической переработки комплексных труднообогатимых редкоземельно-редкометалльных руд // Тезисы доклада в материалах Плаксинские чтения – 2017, Красноярск, 2017 - С. 309

23. Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Кузьмин В.И., Пермякова Н.А., Отрубянников Ф.И. Комплексный подход к технологической оценке пироклор-монацит-

гётитовых руд // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы получения и применения РЗМ и РМ – 2017». М., 2017 - С. 67-70

24. Пермякова Н.А., Лихникевич Е.Г., Ануфриева С.И., Фатов А.С. Обоснование метода извлечения РЗЭ при гидрометаллургической переработке пирохлор-монацит-гётитовых руд // XI Конгресс обогатителей стран СНГ. Сборник материалов, М., 2017 - С.111-114.

25. Соколова В.Н., Быховский Л.З., Ануфриева С.И. Редкие металлы из техногенного сырья // Металлы Евразии. 2017. - № 5. - С. 40–43.

26. Троицкий А.В., Петкевич-Сочнов Д.Г., Ануфриева С.И., Луговская И.Г. Новые тенденции технологических исследований глубоководных полиметаллических сульфидов // Разведка и охрана недр. М., 2018 – № 5 – С. 53-59

27. Броницкая Е.С., Ануфриева С.И., Иванова М.В., Лаптева А.М. Современное состояние и основные направления развития технологии переработки шеелитовых руд // Разведка и охрана недр. М., 2018 – № 6 – С. 36-42

28. Курков А.В., Ануфриева С.И., Лихникевич Е.Г., Рогожин А.А. Комплекс современных технологических решений переработки сподуменовых руд // Разведка и охрана недр. М., 2018 – № 9 – С. 44-52