

## **ОТЗЫВ**

на автореферат диссертации Светлова Антона Викторовича на тему:  
«Научное и экспериментальное обоснование методов повышения извлечения цветных металлов  
из некондиционных медно-никелевых руд и техногенного сырья», представленной к защите  
на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»

Мурманская область является одним из регионов с крупнейшими предприятиями минерально-сырьевого комплекса Арктической зоны Российской Федерации (АЗРФ) и страны в целом. Актуальной технологической, экономической и экологической проблемой для горно-металлургических предприятий АЗРФ является, как справедливо отмечено автором, повышение полноты извлечения цветных и благородных металлов из сульфидных руд и широкая разработка техногенных минеральных образований: накопленных и текущих отходов горно-металлургических производств с одновременным снижением нагрузки на окружающую среду. Следует отметить, что интерес к сульфидсодержащим отходам связан с их экологической опасностью и значительными потерями цветных металлов при добыче и обогащении (потери никеля, меди и кобальта составляют 25%, 15% и 40% соответственно).

Поставленная диссидентом цель работы – научное обоснование и разработка комбинированных методов, обеспечивающих интенсификацию, повышение извлечения цветных металлов и вовлечение в переработку некондиционных медно-никелевых руд и отходов горно-металлургического комплекса – актуальна и своевременна. Сформулированы плодотворная идея, заключающаяся в использовании выявленных механизмов окисления и изменения поверхностных свойств сульфидных минералов для обоснования технологий доизвлечения цветных металлов из бедных медно-никелевых руд, хвостов обогащения и шлаков с одновременным снижением нагрузки на окружающую среду в АЗРФ (на примере Мурманской области), и конкретные задачи исследований.

При выполнении работы автором использованы современные методы исследований, в том числе: микроскопический (микроскоп Olympus BX 51), рентгенофазовый анализ (дифрактометры ДРОН-2, Shimadzu XRD-6000), дифференциально-термический, химический анализы (атомно-абсорбционный спектрометр с пламенной атомизацией AAnalyst 400 Perkin Elmer), сканирующая электронная микроскопия (микроскоп VEGA 3 TESCAN), ИК-спектроскопия (ИК-Фурье спектрометр Nicolet 6700), флотационные эксперименты. Исследования свойств лежальных гранулированных шлаков проводились согласно ГОСТ 12536-79. Обработка результатов экспериментов проводилась с применением статистических методов в программных продуктах Microsoft Excel и STATISTICA.

В качестве объектов исследований служили: рядовые вкрапленные руды, отрабатываемые рудником «Северный» Кольской ГМК; забалансовые сульфидные медно-никелевые руды месторождений Мончегорского района; отходы техногенного месторождения «Отвалы Аллареченского месторождения» сульфидных медно-никелевых руд, расположенные в Печенгском районе Мурманской области; хвосты обогащения медно-никелевых руд Кольской ГМК в г. Заполярный; а также шлаки текущего производства и лежальные шлаки Кольской ГМК в п.г.т. Никель.

Выполненные диссертантом исследования позволили установить новые закономерности и явления, в том числе необходимо отметить следующие:

- выявлены механизмы окисления и изменения поверхностных свойств сульфидных минералов различных отходов медно-никелевого производства за счет окисления сульфидов в определенной последовательности: моноклинный пирротин → гексагональный пирротин → пентландит → халькопирит, что связано с гальваническим взаимодействием минералов с образованием серной кислоты и ионов трехвалентного железа при окислении пирротина и последующим переходом цветных металлов в растворимые формы;
- установлены критерии пригодности природного и техногенного медно-никелевого сырья к переработке геотехнологическими методами, основанные на содержании продуцирующего серную кислоту и ионы трехвалентного железа пирротина, а также химически активных нейтрализующих серную кислоту минералов, скорости фильтрации, склонности к кольматации в процессе фильтрации выщелачивающих растворов;
- обоснованы направления интенсификации комбинированных обогатительно-металлургических и геотехнологических методов доизвлечения цветных металлов для некондиционных руд, хвостов обогащения медно-никелевых руд и отвальных шлаков.

Следует отметить практическую значимость выполненной автором работы и полученных закономерностей, послуживших основой для разработки способа геотехнологической переработки некондиционного медно-никелевого сырья, обеспечивающего высокие извлечения металлов в продуктивный раствор и позволяющего получать селективные товарные продукты, содержащие медь, никель и кобальт с осаждением железа в отдельный продукт. Научные результаты, полученные автором и изложенные в работе, используются в учебном процессе на кафедре геотехнологии Мурманского государственного технического университета.

Актуальность, научная новизна и практическая значимость выполненной работы подтверждаются ее поддержкой Президиумом РАН, РАН и грантами РФФИ.

По автореферату имеются замечания:

1. На рис. 3 (стр. 10 автореферата) приведены ИК спектры исходной руды ТО «Отвалы Аллареченского месторождения», руды после обработки раствором серной кислоты и новообразований на поверхности руды. Следовало бы кратко прокомментировать его.

2. На стр. 14 приводится: «С целью улучшения показателей флотации использовали электроимпульсное дробление (ЭИД) гранул в измельчительной камере, размещаемой в баке с технической водой». Необходимо было хотя бы кратко привести характеристики установки для ЭИД и принцип ее действия.

3. В автореферате не представлены данные об оценке технико-экономической эффективности предлагаемых технологических решений (на конкретном примере с использованием разработанного способа).

Указанные замечания носят характер рекомендаций и уточнений, не снижая научной ценности и практической значимости представленных в диссертационной работе результатов.

В целом работа содержит новые научные результаты и имеет практическое значение. Ее содержание достаточно полно отражено в 23 опубликованных научных работах, в том числе в 9 рецензируемых изданиях, из которых 7 рекомендованы ВАК России. Имеется один патент РФ на изобретение.

С учетом вышесказанного считаю, что диссертация Светлова Антона Викторовича на тему: «Научное и экспериментальное обоснование методов повышения извлечения цветных металлов из некондиционных медно-никелевых руд и техногенного сырья» отвечает требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор – Светлов Антон Викторович – заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых».

Ведущий научный сотрудник лаборатории  
обогащения полезных ископаемых и технологической  
экологии ИГД СО РАН

*Rostovtsev* В.И. Ростовцев

Подпись В.И. Ростовцева ЗАВЕРЯЮ:

Ученый секретарь ИГД СО РАН К.Н.

*Rostovtsev* А.П. Хмелинин

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт горного дела  
им. Н.А. Чинакала Сибирского отделения Российской академии наук (ИГД СО РАН)  
Телефон: 8 (383) 205-30-30; E-mail: mailigd@misd.ru