

## **ОТЗЫВ**

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

### **Актуальность темы**

Важными технологическими, экономическими и экологическими проблемами для горно-металлургических предприятий Арктической зоны Российской Федерации, и Мурманской области в частности, является повышение полноты извлечения цветных и благородных металлов из сульфидных руд. Сокращение запасов богатых легкообогатимых руд обуславливают необходимость поиска технологий эффективной переработки некондиционного сульфидного медно-никелевого сырья природного и техногенного генезиса с одновременным снижением нагрузки на окружающую среду.

Основной проблемой извлечения цветных металлов из техногенных минеральных образований – накопленных и текущих отходов горно-металлургических производств является изменение физических и физико-химических свойств поверхности полезных минералов.

Подход, основанный на комбинированных обогатительно-гидрометаллургических технологиях, соответствующих требованиям технической эффективности и экономической целесообразности, позволяет повысить комплексность использования сырья, а также снизить негативное воздействие горно-металлургического производства на окружающую среду.

В этой связи тема представленной на отзыв диссертации актуальна как в научном, так и прикладном отношении.

### **Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений**

### **и выводов диссертации**

Все защищаемые научные положения и выводы диссертации А. В. Светлова имеют под собой теоретическую и экспериментальную основу.

Научные положения, выводы и рекомендации работы основаны на результатах многочисленных экспериментов с привлечением комплекса современных физических и химических методов (атомно-абсорбционный и атомно-эмиссионный спектральные методы, рентгенофазовый и дифференциально-термический анализы, ИК спектроскопия, оптическая микроскопия), методов математической статистики.

Результаты работы А. В. Светлова в достаточной мере апробированы: доведены до сведения широкой научной общественности и обсуждены на многих представительных национальных и международных конференциях, симпозиумах и семинарах.

Это позволяет рассматривать результаты диссертации как обоснованные и достоверные.

### **Новизна результатов диссертации**

Выявленные А. В. Светловым закономерности позволили получить следующие наиболее существенные результаты, определяющие научную новизну диссертационной работы:

1. Представлены механизмы окисления и изменения поверхностных свойств сульфидных минералов различных отходов медно-никелевого производства. Так, при хранении отвалов некондиционных медно-никелевых руд и хвостов обогащения происходит окисление сульфидов в сростках в последовательности моноклинный пирротин → гексагональный пирротин → пентландит → халькопирит за счет гальванических взаимодействий с образованием серной кислоты и ионов трехвалентного железа при окислении пирротина и последующим переходом цветных металлов в растворимые формы. Показаны отличия при хранении хвостов обогащения медно-никелевых руд и отвальных гранулированных шлаков руднотермической плавки. Даны характеристики скоростей окисления по разным объектам.

2. 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 коагуляции в процессе фильтрации выщелачивающих растворов.

3. Обоснованы направления интенсификации комбинированных обогатительно-металлургических и геотехнологических методов доизвлечения цветных металлов:

- для флотации отвальных шлаков целесообразно применение предварительного электроимпульсного дробления гранул с целью межфазных разрушений минеральных сростков и выделения сульфидной части с последующим измельчением до 100% класса -40 мкм;

- для некондиционных руд месторождений НКТ, Нюд II, Морошковое озеро и Нюд Терраса с целью улучшения раскрытия сульфидных сростков и повышения извлечений цветных металлов при кучном выщелачивании целесообразны измельчение до -1+0 мм, сернокислотная агломерация и последующее выщелачивание 1%-ной серной кислотой;

- для хвостов обогащения медно-никелевых руд с целью улучшения перколяционных свойств и повышения извлечений цветных металлов при кучном выщелачивании необходима сернокислотная агломерация 10%-ной кислотой при соотношении Т : Ж = 3 : 1, выщелачивание предпочтительно вести 1%-ной серной кислотой.

Таким образом, исследование, проведенное А. В. Светловым, позволило научно обосновать и разработать комбинированные методы, обеспечивающие интенсификацию, повышение извлечения цветных металлов и вовлечение в переработку некондиционные медно-никелевые руды и отходы горно-металлургического комплекса.

### **Практическое значение диссертации**

Практическое значение диссертации А. В. Светлова заключается в выявлении механизмов окисления и изменения поверхностных свойств сульфидных минералов различных отходов медно-никелевого производства. Установлены критерии пригодности природного и техногенного медно-никелевого сырья к переработке геотехнологическими методами, основанные на содержании продуцирующей серную кислоту и ионы трехвалентного железа пирротина, а также химически активных нейтрализующих серную кислоту минералов, скорости фильтрации, склонности к коагуляции в процессе фильтрации выщелачивающих растворов. А. В. Светловым обоснован геотехнологический способ переработки некондиционных медно-никелевых руд, хвостов обогащения и шлаков, который обеспечивает высокую степень извлечения металлов в продуктивный раствор за счет интенсификации процесса кучного выщелачивания, заключающейся в сернокислотной агломерации, приводящей к раскрытию сульфидных сростков, разрушению рудного материала с образованием трещин и увеличению проницаемости, улучшению доступа выщелачивающих растворов. Способ позволяет получить селективные товарные продукты, содержащие медь, никель и кобальт, выделить железо в отдельный продукт и снизить потери цветных металлов.

А. В. Светловым в соавторстве получен патент на изобретение геотехнологического способа переработки природного и техногенного медно-никелевого сырья.

### **Замечания**

По диссертационной работе А. В. Светлова имеются следующие замечания и вопросы, которые, впрочем, не затрагивают сути научных положений и основных выводов:

1. Количество объектов достаточно велико, что не мешает восприятию работы и дает представление о возможностях предлагаемого геотехнологического способа переработки, но оставляет вопрос о глубине проработки каждого объекта в отдельности.

2. В главе 4 диссертации не приводится обоснование выбранного реагентного режима флотации хвостов обогащения медно-никелевых руд и отвальных шлаков комбината «Печенганикель».

3. Недостаточно подробно описаны методики лабораторных экспериментов по выщелачиванию цветных металлов из сульфидного сырья природных и техногенных объектов (глава 5). Нет полных данных о высоте и диаметре применявшихся перколяторов, высоте слоя загрузки рудного материала, режимах выщелачивания, расходах реагентов и т.д.

4. В работе не представлен расчет ожидаемого экономического эффекта от реализации геотехнологического способа переработки природного и техногенного медно-никелевого сырья. Из текста диссертации не ясно, проводились ли укрупненные испытания предложенной технологии.

5. Присутствуют отдельные опечатки, грамматические ошибки и мелкие погрешности в тексте диссертации. Так, на стр. 19, третий абзац с конца страницы: «производств в пределах какоголибо предприятия», пропущен дефис в слове «какого-либо». На стр. 26, последнее предложение второго абзаца: «насчитывает многие десятки участков, производящих до несколько сот тысяч тонн», неправильно написано слово «нескольких». На стр. 114 в первом абзаце пункта 5.3, второе предложение, поставлена вторая буква «т» в слове «наблюдаются», и т.д..

### **Общая оценка диссертации**

Диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, обладающую внутренним единством содержания, и оценивается положительно. Диссертационная работа соответствует пунктам 1, 2, 3, 4 и 6 Паспорта специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых».

Диссертация А. В. Светлова является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи: теоретически обоснованы и разработаны новые высокоэффективные технологические решения утилизации отходов горного производства, обеспечивающие экологическую защиту окружающей природной среды.

Работа соответствует требованиям п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842), предъявляемых ВАК при Минобрнауки России к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук.

Автореферат соответствует структуре и содержанию диссертационной работы.

Основные ее положения раскрыты в 23 научных работах, в том числе 9 – в рецензируемых изданиях, из которых 7 рекомендованы ВАК России, получен патент РФ на изобретение.

Автор диссертации, Светлов Антон Викторович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых».

Официальный оппонент

доктор технических наук, академик РЭА,

профессор кафедры "Экологии и  
промышленной безопасности"

Федерального государственного

бюджетного образовательного

учреждения высшего образования

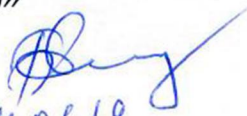
«Московский государственный

технический университет имени Н.Э.

Баумана (национальный

исследовательский университет)»

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

  
14.01.19

Ксенофонтов Борис Семенович

105005, г. Москва, Лефортовская набережная, д.1,

МГТУ им. Н.Э. Баумана,

кафедра "Экологии и промышленной безопасности".

kbsflot@mail.ru





## Сведения об оппоненте

по диссертации Светлова Антона Викторовича, выполненную на тему  
«Научное и экспериментальное обоснование методов повышения извлечения  
цветных металлов из некондиционных медно-никелевых руд и техногенного  
сырья»

по специальности 25.00.13 - "Обогащение полезных ископаемых"  
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Фамилия, имя, отчество	Ксенофонтов Борис Семенович
Ученая степень	Д.т.н.
Научная специальность, по которой оппонентом защищена диссертация	05.15.05 - Технология и комплексная механизация торфяного производства
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э.Баумана»
Адрес, телефон, электронная почта	105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1 тел.: +7 (916) 554-44-60 e-mail: kbsflot@mail.ru
Должность	Профессор кафедры экологии и промышленной безопасности
Основные публикации официального оппонента по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Ксенофонтов Б.С., Антонова Е.С. Кинетика флотационного процесса с использованием эжекционной системы аэрации с диспергатором. / Экология и промышленность России. Т.20. №12, 2016 г. - М.: Калвис. 2016. С. 9-13.</li><li>2. Ксенофонтов Б.С. Исследование кинетики флотации с использованием многостадийной модели. / Экология промышленного производства. №3(95), 2016 г. - М.: Научно-технический центр оборонного комплекса "Компас". 2016. С. 25-28.</li><li>3. Ксенофонтов Б.С. Математические модели сложных процессов во флотокомбайнах для очистки сточных вод. / Экология промышленного производства. №3(99), 2017 г. - М.: Научно-технический центр оборонного комплекса "Компас". 2017. С. 30-33.</li></ol>

	<p>4. Ксенофонов Б.С., Козодаев А.С., Таранов Р.А., Виноградов М.С., Воропаева А.А., Сеник Е.В. Разработка комплексной технологии выщелачивания редкоземельных металлов из золошлаков и проблема концентрирования растворов этих металлов. / Современные наукоемкие технологии. №3-1, 2016 г. - Пенза: Издательский Дом "Академия Естествознания". 2016. С. 44-49.</p> <p>5. Ксенофонов Б.С., Сазонов Д.В. Основы методики расчета флотационных установок с пневмогидравлической системой аэрации. / Сантехника. №6, 2015 г. - М.: Информационно-издательское предприятие "АВОК-ПРЕСС". 2016. С. 26-29.</p> <p>6. Ксенофонов Б.С., Гончаренко Е.Е. Использование активного ила после предварительной флотационной обработки в качестве биофлокулянта. Экология и промышленность России. 2018.- №3. – С.10-14. DOI: 10.18412/1816-0395-2018-3-10-14</p>
--	--

Профессор ФГБОУ ВПО  
"Московский государственный  
технический университет имени  
Н.Э.Баумана",  
доктор технических наук



18.01.19

Ксенофонов Б.С.