

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.05 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВА-  
ТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ  
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА  
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 11.11.2016 г. № 14

О присуждении Нафталю Михаилу Нафтольевичу, гражданство Рос-  
сийской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Научное обоснование и разработка усовершенствован-  
ной технологии автоклавной переработки платиносодержащих никель-  
пирротиновых концентратов» по специальности 05.16.02 – Metallургия чёр-  
ных, цветных и редких металлов принята к защите 08 сентября 2016 г., про-  
токол № 10, диссертационным советом Д 212.285.05 на базе ФГАОУ ВО  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
созданным приказом Минобрнауки России № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Нафталъ Михаил Нафтольевич, 1955 года рождения.

В 1978 г. окончил Уральский ордена Трудового Красного Знамени по-  
литехнический институт им. С.И. Кирова по специальности «Metallургия  
цветных металлов»; с 2012 г. является соискателем ученой степени кандидата  
наук ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Пре-  
зидента России Б.Н. Ельцина» по специальности 05.16.02 – Metallургия  
чёрных, цветных и редких металлов (предполагаемый срок окончания срока  
прикрепления – 31.08.2017 г.); работает в должности начальника Управления

научно-технических разработок компании ООО УК «МЕТАЛЛОИНВЕСТ», г. Москва.

Диссертация выполнена на кафедре «Металлургия тяжелых цветных металлов» Института материаловедения и металлургии ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, и в Заполярном филиале ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, Набойченко Станислав Степанович, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт материаловедения и металлургии, кафедра «Металлургия тяжелых цветных металлов», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

**Борбат Владимир Федорович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского», кафедра неорганической химии, заведующий кафедрой;

**Лебедь Андрей Борисович**, доктор технических наук, старший научный сотрудник, НЧОУ ВО «Технический университет УГМК» (г. Верхняя Пышма Свердловской обл.), Научно-исследовательская часть, заместитель начальника,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук, г. Москва – в своем положительном заключении, подписанном Брюквиним Владимиром Александровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим лабораторией физико-химических основ металлургии цветных и редких металлов, указала, что диссертационная работа Нафталя М.Н. выглядит целостной, логически обоснованной и является законченным научным трудом, теоретические положения которого можно рассматривать как новое достижение в развитии перспективного направления не только относительно автоклавной гид-

рометаллургии пирротина, но и молодой науки о применении поверхностно-активных веществ (ПАВ) в автоклавных процессах: системном поиске новых ПАВ с заданными технологическими свойствами, подходами к синтезу соединений с активными комплексообразующими группами. В работе содержится решение сложной технической задачи, имеющей исключительно важное государственное значение – переработка по автоклавно-окислительной технологии платиносодержащего пирротинового сырья (высокосернистых и «лежалых» пирротиновых концентратов). По содержанию, качеству и уровню проработки научных и практических вопросов диссертационная работа соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении учёных степеней, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук. Автор диссертации, Нафталь Михаил Нафтольевич, вполне заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.02 – Metallургия черных, цветных и редких металлов.

Соискатель имеет 55 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 55 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 29.

Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 4 авторских свидетельств СССР, 7 патентов РФ на изобретения и 5 служебных изобретений, принятых к сохранению в тайне в качестве «ноу-хау»; 2 коллективных монографий; 1 статьи в научном сборнике и 7 тезисов, опубликованных в сборниках научных трудов международных научных конференций. Общий объем опубликованных работ – 73.65 п.л., авторский вклад – 21.72 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации:

**статьи в рецензируемых научных журналах, определенных ВАК**

1. Нафталь М.Н. Воздействие лигносульфонатов на поведение элементной серы в технологии автоклавной гидрометаллургии никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь, А.В. Выдыш, И.Ю. Сухобаевский // Цветные металлы. - 2009. - № 1. - С. 25-33 (0,56 п.л. / 0,45 п.л.).

2. Нафталь М.Н. Уточнение механизма влияния лигносульфонатов на формирование серосульфидной и серной фаз в операциях автоклавно-

окислительного выщелачивания никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь, А.Ф. Петров, Т.П. Саверская, С.М. Горбунов // Цветные металлы. - 2009. - № 8. - С. 53-62 (0,6 п.л. / 0,5 п.л.).

3. Naftal' M.N. «Anhydride» Technology for Processing of Nickel-Pyrrhotite Concentrate / A.F. Petrov, T.P. Saverskaya, M.N. Naftal', L.G. Grigorieva // Non-ferrous metals. - 2009. - № 1. - P.29-34 (0,4 п.л. / 0,12 п.л.).

4. Нафталь М.Н. Подбор эффективного ПАВ для автоклавно-окислительного выщелачивания никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь, С.С. Набойченко // Цветные металлы. - 2010. - № 6. - С. 56-62 (0,44 п.л. / 0,22 п.л.).

5. Нафталь М.Н. Результаты промышленных испытаний комбинированного ПАВ при автоклавно-окислительном выщелачивании никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь, А.Н. Бельский, Е.Г. Кудрин, А.Ф. Петров, Н.А. Лапшина // Цветные металлы. - 2010. - № 7. - С. 18-24 (0,44 п.л. / 0,35 п.л.).

6. Нафталь М.Н. Применение комбинированного поверхностно-активного вещества – перспективное направление совершенствования технологии автоклавно-окислительного выщелачивания никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь // Цветные металлы. - 2011. - № 10. - С. 47-53 (0,44 п.л. / 0,44 п.л.).

7. Нафталь М.Н. Строение и состав серосульфидных фаз автоклавно-окислительного выщелачивания никель-пирротинового концентрата с применением комбинированных ПАВ / М.Н. Нафталь, Л.Н. Ерцева, С.С. Набойченко // Цветные металлы. - 2012. - № 2. - С. 40-46 (0,44 п.л. / 0,15 п.л.).

8. Нафталь М.Н. Повышение извлечения никеля и металлов платиновой группы в технологии автоклавно-окислительного выщелачивания никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь, С.С. Набойченко, Р.Ю. Шаркий, А.Ф. Петров, Н.А. Лапшина // Цветные металлы. - 2013. - № 9. - С. 100-113 (0,9 п.л. / 0,7 п.л.).

9. Нафталь М.Н. Исследование степени воздействия различных стабилизирующих факторов на эмульсии элементарной серы при высокотемпературном выщелачивании никель-пирротиновых концентратов / М.Н. Нафталь, С.С. Набойченко, Е.В. Салимжанова, О.В. Большакова, Т.П. Саверская // Металлы. - 2015. - № 2. - С. 3-18 (1,0 п.л. / 0,8 п.л.).

#### **Патенты и авторские свидетельства:**

1. Нафталь М.Н., Куляшев Ю.Г., Лохов Б.А. и др. Способ автоклавной выплавки серы // А.с. СССР № 1269427. – МКИ4 С 01В 17/027 по заявке № 3708834 с приор. от 06.03.1984.

2. Нафталь М.Н., Манцевич М.И., Телешман И.И. и др. Способ флотации пирротинсодержащих продуктов // А.с. СССР № 1503151, МКИ4 В 03 Д 1/02, 1987.

3. Нафталь М.Н., Марков Ю.Ф., Горячкин В.И. и др. Способ переработки сульфидных полиметаллических железосодержащих материалов // А.с. СССР № 1795657. - МКИ5 С 22 В 3/04 по заявке № 4863702/02 с приор. от 04.09.1990.

4. Марков Ю.Ф., Гавриленко А.Ф., Нафталь М.Н. и др. Способ контроля процесса окислительного выщелачивания никельсодержащих пирротиновых концентратов по степени разложения пирротина // А.с. СССР № 1594219. Оpubл. в БИ. - 1990. - № 35.

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. Юрьева Александра Ивановича, канд. техн. наук, доцента, директора Центра инженерного сопровождения производства ЗФ ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», г. Норильск. В отзыве содержатся два замечания, одно из которых касается утилизации натриевых стоков, второе – сжатости автореферата.

2. Лапшина Дмитрия Анатольевича, канд. техн. наук, руководителя проекта по технологии ООО «Байкальская горная компания», Забайкальский кр., Каларский р-н, пос. Удокан. Содержит вопросы и замечания, касающиеся степени раскрытия технологических аспектов работы в автореферате, а так

же методологии определения достаточности подачи ПАВ-деэмульгатора серы.

3. Меджибовского Александра Самойловича, д-ра техн. наук, председателя Правления группы компаний «Квалитет», и Блиева Энвера Александровича, канд. техн. наук, начальника отдела обогащения и металлургии ООО «Научно-производственное предприятие «Квалитет», г. Москва. Содержит вопросы и замечания, касающиеся возможных альтернатив предложенным диссертантом реагентов, а также механизма активации поверхности сульфидов.

4. Петрова Георгия Валентиновича, д-ра техн. наук, профессора кафедры металлургии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет», г. Санкт-Петербург. Без замечаний.

5. Краюхина Сергея Александровича, канд. техн. наук, начальника Исследовательского центра АО «Уралэлектромедь», г. Верхняя Пышма, Свердловская обл. Содержит вопросы и замечания, касающиеся критериев подбора ПАВ, а так же логики разделения образцов по глубине разложения пирротина.

6. Калашниковой Марии Игоревны, д-ра техн. наук, заместителя заведующего лабораторией металлургии, начальника сектора гидрометаллургии ООО «Институт Гипроникель», г. Санкт-Петербург. Содержит вопросы и замечания, касающиеся оформления автореферата и объема приведенных в нем данных.

7. Бажевой Татьяны Александровны, канд. техн. наук, главного специалиста отдела металлургии ОАО Научно-исследовательский и проектный институт обогащения и механической обработки полезных ископаемых «Уралмеханобр», г. Екатеринбург. Содержит вопросы и замечания, касающиеся оформления автореферата и наполнения его разделов.

8. Серовой Наталии Васильевны, канд. техн. наук, старшего научного сотрудника лаборатории проблем металлургии комплексных руд ФГБУН Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской

академии наук, г. Москва. Содержит вопросы и замечания, касающиеся оформления автореферата и механизма стабилизации серной эмульсии.

9. Халезова Бориса Дмитриевича, д-ра техн. наук, главного научного сотрудника группы Советника РАН, и Удоевой Людмилы Юрьевны, канд. техн. наук, старшего научного сотрудника лаборатории пирометаллургии цветных металлов ФГБУН Институт металлургии Уральского отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург. Содержит вопросы и замечания, касающиеся аббревиатур в автореферате, природы разного гранулообразования у проб никель-пирротиновых концентратов и возможности использования регрессивного анализа зависимости показателей выщелачивания от расхода реагентов для прогнозирования результатов разложения никель-пирротиновых концентратов различного состава.

10. Шнеерсона Якова Михайловича, д-ра техн. наук, генерального директора ООО «Научно-исследовательский центр «Гидрометаллургия», г. Москва. Содержит вопросы и замечания, касающиеся чрезмерно подробного изложения ряда моментов в автореферате.

11. Салимжановой Елены Владимировны, канд. хим. наук, заместителя директора Центра инженерного сопровождения производства ЗФ ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский Никель», г. Норильск. Без замечаний.

12. Тюкина Александра Павловича, канд. техн. наук, начальника управления научно-технического развития и экологической безопасности АО «Кольская горно-металлургическая компания», г. Норильск. Содержит вопросы и замечания, касающиеся употребления аббревиатур в автореферате, а так же расшифровок аббревиатур и химических составов.

13. Херсонского Михаила Иосифовича, канд. техн. наук, ведущего научного сотрудника отдела металлургии и обогащения ОАО «Институт «ГИНЦВЕТМЕТ», г. Москва. Содержит вопросы и замечания, касающиеся отсутствия в автореферате состава пульпы, чрезмерного употребления аббревиатур, изучения процесса гранулообразования.

14. Шаркого Романа Юрьевича, начальника цеха по производству элементарной серы №1 Надеждинского металлургического завода имени Б.И. Колесникова ЗФ ПАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель», г. Норильск. Без замечаний.

15. Алкацева Михаила Иосифовича, д-ра техн. наук, профессора кафедры металлургии цветных металлов ФГБОУ ВО «Северно-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», г. Владикавказ. Без замечаний.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их широкой известностью своими достижениями среди научно-технической общественности и специалистов в данной отрасли науки, их высокой научной компетентностью в области гидрометаллургических способов получения цветных металлов.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных диссертантом исследований:**

**установлен** синергетический эффект интегрированного стабилизирующего воздействия ПАВ (лигносульфонатов) и минеральной стабилизирующей добавки на подавление процесса агрегации серосульфидной фазы, формирующейся при высокотемпературном выщелачивании никель-пирротинового сырья; при этом показано, что доминирующая роль в подавлении этого процесса принадлежит лигносульфонатам;

**предложены** критерии выбора минеральных стабилизирующих добавок, способствующих подавлению процесса агрегации серосульфидной фазы в операции высокотемпературного выщелачивания никель-пирротинового сырья. На базе этих критериев экспериментально подобраны группы добавок (алюмосиликатные породы, кальциевый промпродукт серного передела) для использования в операции автоклавно-окислительного выщелачивания высокосернистых никель-пирротинových концентратов;

**доказана** возможность и определены условия для высокотемпературного выщелачивания сложного высокосернистого и упорного «лежалого» ни-

кель-пирротинового сырья в варианте «короткой» схемы автоклавной технологии;

**доказана** целесообразность применения в операции высокотемпературного выщелачивания никель-пирротинового сырья комбинированного ПАВ, состоящего из ингредиентов контрастного действия – обладающих технологическим «антагонизмом» в отношении воздействия на устойчивость серных эмульсий.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

**установлен** механизм подавления процесса коалесценции серы в операции высокотемпературного выщелачивания никель-пирротинового сырья при использовании в качестве ПАВ лигносульфонатов;

**определены** две группы ПАВ (нефтяные адсорбционные смолы и маслорастворимые сульфонаты щелочноземельных металлов), способствующие одновременно коалесценции капель расплавленной серы в присутствии стабилизаторов и окклюдированию жидкой серой минералов ценных компонентов в условиях высокотемпературного выщелачивания никель-пирротинового сырья;

**показано**, что с помощью комбинированного ПАВ можно оптимизировать одновременно дисперсность и структуру серосульфидной фазы, формирующейся при высокотемпературном выщелачивании никель-пирротиновых концентратов;

**определены** научно-практические критерии выбора ПАВ для высокотемпературного выщелачивания никель-пирротинового сырья, открывающие перспективу для целенаправленного поиска и синтеза поверхностно-активных веществ с заданными технологическими свойствами;

**разработаны** теоретические основы и практические рекомендации совмещённого процесса «автоклавно-окислительное выщелачивание – автоклавная микроагрегация» в одном автоклавном агрегате для переработки пирротинсодержащей шихты различного состава на базе связанного регули-

рования расходов комбинированного ПАВ и минеральной стабилизирующей добавки;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы** фундаментальные закономерности и основные положения теории автоклавных гидрометаллургических процессов, методики проведения полномасштабных промышленных испытаний новых процессов и режимов в автоклавной технологии переработки пирротинсодержащей шихты;

**изучены** причинно-следственные связи между основными показателями автоклавной технологии и удельным расходом ПАВ в операции автоклавно-окислительного выщелачивания никель-пирротиновых концентратов;

**Значение полученных диссертантом результатов исследования для практики** подтверждаются тем, что:

**разработана и внедрена** на Надеждинском металлургическом заводе в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» (г. Норильск) усовершенствованная автоклавная технология, позволившая в рамках «короткой» схемы: перерабатывать сложные никель-пирротиновые концентраты с высоким содержанием серы (до 36 % S), вовлечь в переработку «лежалое» пирротиновое сырьё и повысить целевое извлечение цветных и драгоценных металлов; разработанная технология обеспечила повышение комплексности переработки уникальных платиносодержащих сульфидных медно-никелевых руд месторождений Талнаха;

**разработан, промышленно опробован и внедрён** на Надеждинском металлургическом заводе в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» совмещённый процесс «автоклавно-окислительное выщелачивание - автоклавная микроагрегация» в одном автоклавном агрегате, основанный на применении комбинированного ПАВ в сочетании с минеральной стабилизирующей добавкой, реализация которого обеспечила:

- повышение сквозного извлечения металлов в автоклавный сульфидный концентрат: никеля ~ на 2-3 % абс.; суммы платиновых металлов – на 8-10 % абс.;

- дополнительный ежегодный выпуск металлов за счёт снижения их безвозвратных потерь с отвальными хвостами автоклавной технологии: 300-400 т никеля; 100-120 т меди; 12-15 т кобальта и 450-600 кг металлов платиновой группы;

**экономический эффект** от использования усовершенствованной автоклавной технологии на Надеждинском металлургическом заводе в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» составляет ~ 35 млн. долларов США в год.

**Внедрение** усовершенствованной автоклавной технологии на Надеждинском металлургическом заводе в ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель»:

- открыло перспективу для реализации новой технологии обогащения сульфидных медно-никелевых руд на Талнахской обогатительной фабрике ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» (г. Норильск), обеспечивающей максимальную глубину вывода пирротина в малоникелистый пирротиновый продукт, направляемый в отвал – в этом варианте основная масса серы будет выведена на ранней стадии переработки руды и не попадёт в металлургический цикл, где утилизация диоксида серы из отходящих газов требует значительных затрат;

- создало принципиальную возможность получения на Талнахской обогатительной фабрике ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» рудного никелевого супер-концентрата (15-16 % Ni) в результате перераспределения пирротина из никелевого промпродукта обогащения в богатый высокосернистый НПК, что обеспечит дополнительное сокращение выбросов диоксида серы в металлургическом цикле, повысит производительность головных плавильных агрегатов и значительно сократит эксплуатационные расходы;

- обеспечит высокое извлечение ценных компонентов в автоклавный сульфидный концентрат при переработке богатого высокосернистого никель-пирротинового концентрата: 94-95 % никеля и не менее 90 % металлов платиновой группы; при этом содержание никеля в автоклавном сульфидном концентрате увеличится до 13 %;

- при благоприятной конъюнктуре мировых рынков никеля и платиновых металлов может обеспечить рентабельность переработки малоникелистого пирротинового продукта Талнахской обогатительной фабрики, содержащего: 0,8-0,9 % никеля; 2-2,5 г/т суммы платиновых металлов; 33-34 % серы; в настоящее время этот продукт выводят в отвал в количестве до ~ 3 млн тонн в год.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила, что:**

**достоверность полученных результатов** обеспечивается корректностью поставленных задач, использованием современных методов исследований; применением современной вычислительной техники и программного обеспечения, сертифицированной контрольно-измерительной аппаратуры; методов математической статистики для систематизации экспериментальных данных;

**теория** построена на известных положениях фундаментальных наук и закономерностях процесса автоклавно-окислительного выщелачивания никель-пирротинных концентратов, подтверждается экспериментальными данными, полученными диссертантом;

**идея базируется** на обобщении передового опыта автоклавной гидрометаллургии сульфидного полиметаллического сырья и анализе практики работы автоклавных процессов для переработки различного пирротинового сырья;

**установлены:** непротиворечивость полученных результатов и выводов; сходимость теоретических и экспериментальных результатов, подтверждённых испытаниями в укрупнено-лабораторном и промышленном масштабах; полученные автором результаты согласуются с данными зарубежного и отечественного опыта.

**Личный вклад соискателя состоит** в постановке целей и задач; разработке методик исследования; непосредственном участии в проведении научных экспериментов и промышленных испытаний; обработке и интерпретации результатов, полученных в лабораторных и промышленных условиях;

личном участии в апробации результатов исследований и подготовке публикаций по выполненной работе; оформлении заявок на получение авторских свидетельств и патентов на изобретения, выступлениях на российских и международных конгрессах и выставках.

Диссертационная работа Нафталя М.Н. является законченной научно-квалификационной работой, соответствующей п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, в которой содержатся новые научно-обоснованные технические и технологические решения в области автоклавной гидрометаллургии, имеющее существенное значение для развития экономики страны.

На заседании 11 ноября 2016 года диссертационный совет принял решение присудить Нафталю М.Н. учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 11 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета

 Тягунов Геннадий Васильевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Сулицин Андрей Владимирович

«11» ноября 2016 г.