

«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор ФГУП ЦНИГРИ, д.г-мин.н.



А.И. Иванов

«02» октября 2017 г.

**ОТЗЫВ**  
**ведущей организации**  
**Федерального государственного унитарного предприятия «Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов» (ФГУП ЦНИГРИ)**  
**на диссертационную работу Тимофеева Александра Сергеевича**  
**«Повышение эффективности тяжелосредной сепарации алмазосодержащего сырья за счет снижения интенсивности окисления ферросилиция», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»**

Представленная на рассмотрение диссертационная работа, состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 101 наименований, изложена на 121 стр. машинописного текста и содержит 48 рисунков, 16 таблиц и 3 приложения.

**Актуальность**

Изменение состава перерабатываемого алмазосодержащего сырья и оборотной воды приводит к нарушению реологических свойств, окислению и потерям дорогостоящего реагента - ферросилиция при его регенерации на магнитных сепараторах и снижению в целом эффективности одного из основных процессов обогащения сырья –тяжелосредной сепарации с использованием ферросилиция в качестве утяжелителя среды.

Тема диссертационной работы Тимофеева А.С., посвященная изучению научных основ процесса окисления ферросилиция в условиях контакта с водными системами и разработке способа снижения скорости окисления ферросилиция и, как следствие, потерь его в технологическом цикле тяжелосредной сепарации, является актуальной и значимой для алмазной промышленности РФ.

**Научная новизна**

В диссертации дано научное обоснование процесса окисления ферросилиция, в результате которого происходит снижение его магнитных свойств и эффективности тяжелосредной сепарации алмазосодержащего сырья.

С применением методов математического моделирования и современных физико-химических методов исследования - рентгеноспектрального микроанализа, капельного электрофореза, лазерной дифракции, вибрационной магнитометрии и др. изучен состав и свойства различных марок ферросилиция и минерализованных оборотных вод, используемых в цикле тяжелосредной сепарации алмазосодержащих фабрик АК «АЛРОСА».

Разработанная вероятностно-статистическая математическая модель процесса окисления ферросилиция в водной среде описывает кинетику формирования окисленного слоя на поверхности ферросилициевых зерен в водной среде. Автором установлена зависимость скорости окисления ферросилиция от его гранулометрического состава. Разработан алгоритм расчета скорости окисления ферросилиция на основе значений намагниченности исходных и окисленных проб. Определены величины скорости окисления и критические диаметры частиц ферросилиция различных товарных марок, при которых частицы ферросилиция не будут извлекаться методом магнитной сепарации.

С использованием электронной сканирующей микроскопии показано, что процесс окисления протекает на поверхности зерен ферросилиция и сопровождается снижением содержания кремния.

Установлено снижение магнитных свойств ферросилиция различного химического и гранулометрического составов в зависимости от ионного состава оборотных вод обогатительных фабрик. Показано, что скорость окисления ферросилиция зависит от концентрации растворенного кислорода в воде и, в большей степени, от концентрации хлорид иона, являющегося более сильным окислителем.

Установлены зависимости снижения магнитных свойств при окислении ферросилиция растворами, в которых кислород воздуха заменен на инертный газ- азот, обосновывающие применение последнего в качестве барботажного агента в операциях хранения и перемешивания суспензии в технологических схемах тяжелосредной сепарации алмазосодержащих кимберлитов.

#### **Практическая значимость**

Разработан способ повышения эффективности тяжелосредной сепарации алмазосодержащего сырья и сокращения потерь ферросилиция на 5% за счет снижения интенсивности окисления ферросилиция в операциях приготовления и хранения суспензии ферросилиция при использовании азота.

Разработан алгоритм выбора марки ферросилиция на основе количественной оценки интенсивности процессов его окисления.

#### **Реализация результатов работы**

Разработанный способ успешно прошел промышленные испытания и внедрен на обогатительной фабрике №3 Мирнинского ГОКа, что подтверждено актом промышленных испытаний. Ожидаемый экономический эффект от снижения потерь ферросилиция составляет 2,9 млн. руб. в год.

#### **Достоверность результатов.**

Полученные автором научные данные, выводы и рекомендации достаточно хорошо обоснованы, подтверждены большим объемом экспериментальных исследований, выполненных в лабораторном, укрупненном и промышленном масштабах на обогатительной фабрике №3 Мирнинского ГОКа и не вызывают сомнений.

Достоверность результатов работы обеспечивается применением современных научно-технических средств и приборов, стандартных методик и подтверждается удовлетворительной сходимостью результатов экспериментальных исследований.

#### **Апробация работы.**

Содержание диссертации полностью отражено в автореферате и в 7 публикациях, в т.ч. в 2 в изданиях, рекомендованных ВАКом.

Результаты исследований доложены на различных научно-технических конференциях и совещаниях, обсуждены и одобрены научной общественностью.

Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает основное ее содержание.

Диссертация написана хорошим научно-техническим языком, четко и ясно изложена, составлена и оформлена в соответствии с требованиями ВАКа.

#### **Личный вклад автора**

Автором выполнен анализ последних достижений науки, техники и технологии в области интенсификации процессов тяжелосредной сепарации алмазосодержащего сырья; определены цели и задачи исследований; разработана математическая модель процесса окисления ферросилиция для оценки его потерь в цикле тяжелосредной сепарации; выполнены экспериментальные работы; проведены с участием автора промышленные испытания. Автором обработаны и проанализированы результаты исследований, составлены обоснованные выводы.

## Замечания

1. Имеется противоречие в полученных результатах микроскопических и химических исследований. При изучении поверхности зерен исходного и окисленного ферросилиция на сканирующем электронном микроскопе установлено, что с ростом концентрации кислорода при окислении ферросилиция наблюдается снижение содержания кремния и остается неизменным содержание железа в первые сутки. Не объясняется причина более высокой скорости окисления кремния по сравнению с железом, которое является более электроотрицательным элементом и количественно значительно преобладает по сравнению с кремнием.

Данные химического анализа исходной и обработанной пробы ферросилиция при окислении воздухом (табл.4.2) дают обратную картину: содержание железа снижается с 73 до 55,65%, а кремния увеличивается с 10,97 до 16,01%, что свидетельствует о накоплении оксида кремния на поверхности ферросилиция и согласуется с результатами ранее выполненных работ Р.К. Айлера (1982) и В.М. Авдохина (2003), в которых на основании построения диаграмм Пурбе показана возможность образования оксида кремния, который вместе с гидроксидом  $Fe^{+3}$  образует коллоидную ассоциацию соединений на поверхности ферросилиция.

2. Непонятно, в чем отличие исходной пробы и пробы без обработки при изучении влияния перемешивания воздухом и азотом.

3. На технологической схеме тяжелосредной сепарации обогатительной фабрики №3 Мирнинского ГОКа (стр. 68) в названиях основных операций используются названия оборудования. Так, например, магнитная сепарация обозначается «магнитный сепаратор», тяжелосредная сепарация в гидроциклоне – «гидроциклон» и пр.

4. В табл. 4.1 приведен расчет потерь ферросилиция в схеме тяжелосредной сепарации. Наибольшие потери (59,6%) связаны с выносом ферросилиция с жидкой фазой продуктов сепарации за счет истирания реагента в насосах при перекачке и транспортировке. Однако вопросу изучения механической прочности ферросилиция в диссертации не уделяется должного внимания.

**В целом, указанные замечания не снижают ценности рассматриваемой диссертационной работы, имеющей научную новизну и практическую значимость. Полученные автором новые научные данные вносят вклад в изучение теоретических основ процессов обогащения алмазосодержащего сырья. Разработанные автором новые научно-технические решения и внедренная на обогатительной фабрике №3 Мирнинского ГОКа технология повышения эффективности тяжелосредной сепарации алмазосодержащего сырья способствуют развитию алмазодобывающей отрасли страны. Диссертация представляет собой завершённое системное научное исследование и является научно-квалификационной работой, в которой решена задача повышения эффективности переработки алмазосодержащего сырья.**

Диссертационная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п.9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор, А.С. Тимофеев, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.13 – «Обогащение полезных ископаемых»

Диссертационная работа и положительный отзыв ведущего предприятия рассмотрены на заседании секции Ученого Совета ФГУП ЦНИГРИ (протокол № 3 от 19 сентября 2017г.).

Зав. отделом обогащения минерального сырья К.Т.И. А.И. Романчук



Сведения о рецензентах:

Романчук Александр Ильич

Место работы: Федеральное государственное унитарное предприятие  
Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и  
благородных металлов (ФГУП ЦНИГРИ)

Почтовый адрес: 117545 Москва, Варшавское шоссе, д.129, корп.1

e-mail: [romantchouk@yandex.ru](mailto:romantchouk@yandex.ru)

Подпись А.И. Романчука заверяю:

Ученый секретарь ФГУП ЦНИГРИ, к.т.н.



  
А.Н. Щендригин

## Список публикаций

1. Г.В. Седельникова, А.И. Романчук. Фотометрическая сепарация - эффективный метод предварительного обогащения руд крупных. Журнал Разведка и охрана недр, 2011, №6, с. 97-100.
2. Г.В. Седельникова, А.И. Романчук, А.В. Мандругин. Новые методики и технологии аналитического и технологического сопровождения Геологоразведочных работ на благородные металлы. Руды и металлы, 2011, №3-4, с. 155-156.
3. А.И. Романчук, В.А. Богомолов. Методика определения содержания золота с предварительным гравитационным концентрированием свободного золота. Сборник материалов VIII конгресса обогатителей стран СНГ, 2011, том I, с. 153-157.
4. А.И. Романчук, В.А. Богомолов, Е.И. Никитенко, П.И. Кушнарев. Сравнительная оценка достоверности определения содержания золота в рудах Дегдеканского рудного поля традиционным пробирным анализом и по методике с предварительным гравитационным концентрированием свободного золота. Недропользование XXI век, №3 (18), 2011 г. с. 58- 63.
5. А.И. Романчук, С.В. Махов, В.А. Соколов. Комплексная переработка пиритных огарков. Сборник материалов VII международной научно-практической конференции «Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии», 2011, с. 101-108.
6. А.И. Романчук, В.В. Жарков, В.А. Богомолов. Определение содержания благородных металлов в рудах и продуктах обогащения руд с крупным золотом. Сборник тезисов на конференции: Золото и технологии, №2 (20), 2013 г. с. 98-102.
7. А.И. Романчук, В.В. Жарков, В.А. Богомолов. Отбор и подготовка проб при проведении исследований по крупнокусковой радиометрической сепарации руд золота. Журнал «Разведка и охрана недр» №9, 2013 г., с. 10-14.
8. А.И. Романчук, В.В. Жарков, В.А. Богомолов. Оценка методов определения содержания золота в рудах с крупным золотом. Журнал «Руды и металлы» №4, 2013 г., с.61-89.
9. А.И. Романчук, В.П. Ивановская, Д.Я. Кошель. Результаты изучения технологических проб глубоководных полиметаллических сульфидов. Современные методы изучения вещественного состава ГПС Мирового океана. - М.: 2013 г., с.241-249.
10. Б.К. Михайлов, Г.В. Седельникова, Б.И. Беневольский, А.И. Романчук. Инновационные технологии переработки упорных и бедных руд золота как основа рационального недропользования. Журнал «Руды и металлы» №1, 2014, с.5-8.
11. И.В. Чепрасов, А.И. Романчук, А.А. Твердое. Переработка руд с использованием современной технологии крупнокусковой фотометрической сепарации. Золото и технологии №1 (23), 2014 г., с.62-66.
12. Г.В. Седельникова, А.И. Романчук, Д.Х. Ким, Е.Е. Савари, В.П. Ивановская, А.И. Никулин. Эффективные технологии переработки - основа повышения инвестиционной привлекательности месторождений упорных и бедных руд благородных и цветных металлов. Руды и металлы, 2015, №1, с.100-108.
13. А.И. Романчук, В.П. Ивановская, Д.Я. Кошель, А.В. Карева, М.Л. Самоваров. Разработка технологии извлечение цветных и благородных металлов из глубоководных полиметаллических сульфидов. Журнал «Руды и металлы» №4, 2015 г., с.72-77.