



001885

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
**«Магнитогорский государственный
технический университет
им. Г. И. Носова»**

(ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»)
пр. Ленина, д. 38, г. Магнитогорск, Челябинская обл., 455000
Тел.: 8 (3519) 29-84-02; Факс: 8 (3519) 23-57-59, 29-84-26
E-mail: mgtu@mgtu.ru; <http://www.mgtu.ru>
ОКПО 02069384, ОГРН 1027402065437,
ИНН/КПП 7414002238/745601001

Ministry of Science and Higher Education
of the Russian Federation
Federal State Budgetary
Educational Institution of Higher Education
**«Nosov Magnitogorsk State
Technical University»**

(FSBEIHE «NMSTU»)
38, Lenin Street, Magnitogorsk, Chelyabinsk Region, 455000
Tel.: +7 3519 298 402; Fax: +7 3519 235 759, +7 3519 298 426
E-mail: mgtu@mgtu.ru; <http://www.mgtu.ru>
ОКПО 02069384, ОГРН 1027402065437
INN/KPP 7414002238/745601001

23.04.2024

№ 66.04-1400

На/To № _____ от/dated _____

УТВЕРЖДАЮ

И.о. ректора

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова»

д.т.н., профессор

О.Н. Тулупов

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию *Комлева Алексея Сергеевича*
на тему: «Высокочастотный комбинированный отбор проб руд
и продуктов обогащения»,
представленную на соискание ученой степени доктора технических наук
по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых»

1. Структура и объем диссертации

Представленная на рассмотрение диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка использованных источников информации из 341 наименования, 4 приложений, содержит 433 страницы машинописного текста, 90 рисунков, 105 таблиц.

2. Актуальность темы диссертации

Технологическое опробование на предприятиях, обогащающих минеральное сырье, применяется как инструмент для контроля соответствия технологической операции регламенту и соответствия качества сырья и продуктов кондициям. Это очень важная процедура, от скорости проведения и точности результатов которой зависит эффективность управления технологическим процессом, и точность расчета материальных балансов.

Нерешенные вопросы теории и практики опробования оказывают отрицательное влияние на достоверность контроля качества продуктов обогащения, а также снижают эффективность управления процессами обогащения руд.

Актуальность темы исследования подтверждается необходимостью объективного и своевременного контроля качества руд и продуктов обогащения с минимально допустимыми значениями погрешностей с целью оперативного управления технологическими процессами и повышения их эффективности.

Операции отбора, подготовки и анализа проб минерального сырья и продуктов его переработки регламентированы действующими стандартами на отбор и подготовку проб. В то же время ни в теоретических работах, ни в практических рекомендациях и стандартах не учтены

вопросы, связанные с асимметрией распределения массовой доли ценного компонента в опробуемом массиве, а современная теория опробования по большей части не имеет прямой применимости к практике. Это приводит к ситуации, когда необъяснимые и противоречивые результаты опробования могут появляться даже при доскональном выполнении требований стандартов, а объяснение и предотвращение таких результатов невозможно либо из-за недостатка исходной информации для теоретических расчетов, либо из-за их невысокой достоверности.

В настоящий момент опробование одних и тех же руд или продуктов обогащения, выполняемое в разных точках или разными операторами в соответствии с одними и теми же действующими стандартами, во многих случаях дает существенное расхождение результатов. Также современные горные предприятия стремятся к использованию автоматических систем опробования, не всегда соответствующих стандартам на опробование в полной мере.

В связи с этим развитие теоретических положений по количественной оценке, учету и снижению погрешностей результата опробования до уровня их практического применения в виде универсального способа опробования продуктов обогатительных фабрик для создания стандартов нового поколения на опробование твердых полезных ископаемых и продуктов их обогащения является очень своевременной и актуальной задачей.

3. Научная новизна диссертации

Научную новизну диссертационного исследования А.С. Комлева составляют разработанные новые теоретические положения, позволяющие создать современные технологические решения по опробованию руд и продуктов обогащения.

В работе получена полная формула фундаментальной погрешности отбора проб, которая связывает понятия покускового и массового отбора проб для перемешанных и неперемешанных массивов соответственно и показывает совместимость расчетов минимальной массы проб для обоих видов отбора.

Доказана возможность объединения расчетов минимальной массы проб для перемешанных и неперемешанных массивов при равенстве массы точечной пробы массе одного куска.

Установлено, что при использовании механизированного оборудования для опробования и относительно малых интервалах времени между отбором точечных проб случайная погрешность начальной пробы должна быть рассчитана с учетом снижения информативности соседних точечных проб. Наименьшее значение информативности точечной пробы составляет 0,5.

Определены условия достоверного опробования, исключающие появление вероятной систематической погрешности, определяемые на основании штатных результатов опробования действующих обогатительных фабрик. Для достоверного определения массовой доли ценного компонента в продуктах обогащения необходимо использовать короткие интервалы времени между отбором точечных проб. Величина интервалов может составлять от нескольких минут до долей минуты. Для устранения вероятной систематической погрешности результата опробования золотосодержащей руды величиной более 5 % относительных требуется сократить интервал отбора точечных проб до трех минут.

Доказано, что способы поперечного и продольного пересечения опробуемого потока при отборе точечных проб характеризуются сопоставимыми по величине погрешностями, и могут применяться для отбора проб с равнозначной представительностью результата отбора.

Теоретически обоснованы номинальные параметры работы дискового сократителя: номинальная производительность и номинальная частота вращения диска.

Теоретически обосновано отсутствие условий для возникновения эффекта сегрегации в процессе сокращения на секторном сократителе, если процесс усреднения проводится в тонком слое или монослое на поверхности вращающегося диска.

4. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность защищаемых научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждается колоссальным объемом проведенных лабораторных и промышленных испытаний, сходимостью теоретических и экспериментальных зависимостей, внедрением 120 единиц разработанного оборудования на 31 промышленном предприятии нашей страны и стран ближнего зарубежья.

Работа выполнена на основе глубокого анализа теории опробования, нормативно-технической документации и стандартов на опробование, технической, технологической и методической документации, изучения техники и технологии опробования, математического моделирования процессов опробования, выполнения лабораторных, стендовых, полупромышленных и промышленных испытаний.

Следует отметить, что работа диссертанта прошла весьма широкую и длительную апробацию в период с 2007 по 2023 годы.

Основные положения диссертационной работы доложены на XXIX Международном конгрессе по обогащению полезных ископаемых (г. Москва, 2018 г.), Международных совещаниях «Плаксинские чтения» (г. Апатиты, 2007 г.; г. Новосибирск, 2009 г.; г. Верхняя Пышма, 2011 г.; г. Владикавказ, 2021 г.; г. Владивосток, 2022 г.), «Неделя горняка-2007» (г. Москва, 2007 г.), VI Конгрессе обогатителей стран СНГ (г. Москва, 2007 г.), Международных научно-технических конференциях «Научные основы и практика переработки руд и техногенного сырья» (г. Екатеринбург, 2006 – 2023 гг.), I международной научно-практической конференции «Интехмет-2008» (г. Санкт-Петербург, 2008 г.), Евро-Азиатском машиностроительном форуме (г. Екатеринбург, 2009 г.), IV Международном горнопромышленном форуме (г. Екатеринбург, 2010 г.), Международных научно-практических конференциях «Рудник будущего» (г. Пермь, 2013 г., 2020 г.; г. Екатеринбург, 2022 г.), VI Международном форуме «Эффективность горнодобывающего производства – 2022» (г. Челябинск, 2022 г.), на десяти отраслевых и корпоративных форумах и совещаниях в период с 2012 по 2023 гг.

Тема диссертации, направленность проведенных исследований и полученных результатов соответствуют паспорту научной специальности 2.8.9. – «Обогащение полезных ископаемых» по пункту 7 «Моделирование, контроль, цифровизация, автоматизация технологических процессов обогащения, их оптимизация. Методы оптимизации проектных решений обогатительных фабрик»; пункту 2 в части «Управление качеством сырья, материалов»; пункту 8 в части «управления технологическими процессами».

5. Научные результаты, их ценность

Научная ценность результатов диссертационной работы заключается в развитии научной теории определения фундаментальной погрешности опробования, разработке новых подходов и принципов правильного опробования и условий их применения, исключая систематическую погрешность результата опробования продуктов обогатительных фабрик.

Результаты работы позволяют создать достоверную основу системы контроля качества руд и продуктов обогащения путем минимизации погрешностей результата опробования, что дает возможность выполнять учет ценных компонентов с минимальными невязками товарного баланса

и значимо снизить разницу стоимости товарной продукции по результатам опробования у поставщика и потребителя.

Научно обоснован на основе предложенного общего решения для расчёта и минимизации случайных погрешностей опробования минерального сырья переход к высокочастотным системам опробования, позволяющим снизить случайную погрешность до минимального значения и полностью исключить вероятную систематическую погрешность.

Теоретически обоснованы номинальные параметры работы дискового сократителя: номинальная производительность и номинальная частота вращения диска.

Теоретически обосновано отсутствие условий для возникновения эффекта сегрегации в процессе сокращения в дисковом сократителе, если процесс усреднения проводится в тонком слое или монослое на поверхности вращающегося диска.

Разработаны устройство и принцип действия нового оборудования для отбора и сокращения проб неподвижных и движущихся продуктов комбинированным способом.

Результаты диссертационного исследования широко представлены научной общественности. Опубликовано в ведущих научных изданиях по специальности.

По теме диссертационной работы опубликовано 66 научных работ, в том числе 30 статей в рецензируемых научных изданиях категорий К1 и К2, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ. По теме диссертационной работы опубликована научная монография (2020 г.). На новое оборудование для отбора и сокращения проб получено два патента РФ на изобретение и один патент РФ на полезную модель.

6. Практическая значимость результатов диссертации

К наиболее значимым практическим результатам работы, на наш взгляд, относятся следующие:

1. Предложена методика определения фактического коэффициента вариации массовой доли по большому массиву данных по результатам текущего опробования на обогатительной фабрике.

2. Разработан алгоритм расчета случайных погрешностей результата всей технологии опробования, основанный на экспериментально оцениваемых коэффициентах вариации точечных проб в опробуемом массиве.

3. Предложен новый высокочастотный комбинированный способ отбора проб, приближающий условия опробования к теоретическому пределу по минимизации случайной погрешности. Способ обеспечивает минимально возможную случайную погрешность, а также заведомо соответствует требованиям действующих стандартов на опробование. Его применение возможно в любой точке опробования любой из обогатительных фабрик.

4. В работе исследованы и предложены технологические решения, повышающие представительность процесса опробования руд и продуктов обогащения за счет учета асимметрии распределения массовой доли ценного компонента в опробуемом массиве. Автором предложены новые научно-обоснованные как технологические, так и технические решения по повышению представительности опробования.

5. Разработаны промышленные образцы нового оборудования для отбора и сокращения проб:

- для неподвижных продуктов разработан дисковый сократитель типа «СОД-2»;
- для движущихся пульповых продуктов разработаны станции опробования пульпы типа «СОП-1П» и «СОП-2П»;
- для движущихся сыпучих (кусковых) продуктов разработана станция

опробования типа «СО-КН».

Налажен промышленный выпуск как указанного типового оборудования, так и его нестандартных вариантов для применения в различных условиях эксплуатации, а также для различных по назначению задач опробования.

6. Для дискового сократителя установлены зависимости между максимальной крупностью сокращаемого материала, его гранулометрическим составом и размерами рабочей зоны сократителя. Данные зависимости являются основой для расчета и проектирования дисковых сократителей типа «СОД-2».

7. Разработан типоразмерный ряд дисковых сократителей с диаметром разбрасывающего диска от 100 до 600 мм, рассчитанных на производительность по исходной пробе от 0,75 до 24,0 м³/ч.

8. Предложен алгоритм расчета оборудования станции опробования пульпы, заключающийся в сквозном определении выходов сокращенной пробы: выхода начальной пробы после щелевого пробоотборника, выхода сокращенной пробы после секторного пробоотбирателя, выхода сокращенной пробы после сократителя потока.

9. Разработан типоразмерный ряд станций опробования пульпы для отбора и сокращения проб от потоков в трубопроводах диаметром от 89 до 820 мм. Производительность опробуемого потока по пульпе составляет соответственно от 65 до 5000 м³/ч.

7. Личный вклад автора

Комлевым А.С. проделана огромная исследовательская работа. Изучены свойства большого числа разнообразных опробуемых массивов минерального и техногенного сырья, проведен всесторонний статистический анализ данных, глубокий анализ недостатков существующей теории опробования, алгоритмов, предложенных для проведения опробования в нормативных документах разного уровня, возможных ошибок при проведении опробования с научных и практических позиций. При этом базисом для исследований являются известные фундаментальные работы российских и зарубежных ученых в области опробования минерального сырья. В исследовании подробно и наглядно, с представлением конкретных примеров, объяснены эффекты снижения или завышения массовых долей при ограниченном числе точечных проб.

8. Рекомендации по использованию результатов работы

Результаты диссертационной работы в виде разработанных, эффективных методических, теоретических, технологических и технических решений могут быть использованы на горно-обогатительных предприятиях, осуществляющих обогащение любых видов минерального сырья.

Также рекомендуется широкое использование результатов диссертационного исследования в научно-исследовательской и образовательной деятельности высших учебных заведений при подготовке специалистов, аспирантов.

9. Замечания и вопросы по работе

По диссертации и автореферату возникли следующие вопросы и замечания.

1. В диссертационной работе указано, что её научной ценностью является «Развитие и логическое завершение теории опробования с получением алгоритмов минимизации и предотвращения возникновения погрешностей результата опробования». При этом в научной новизне полученные алгоритмы отражения не нашли.

2. Диссертация пересыщена практическими примерами определения статистических характеристик опробования, что повышает её практическую значимость, но затрудняет целостное восприятие научной составляющей.

3. Для лучшего восприятия разработанных алгоритмов определения погрешности опробования, оценки соответствия точки опробования требованиям стандарта, следовало бы представить их в виде блок-схем в приложении к основному тексту работы.

4. Первое научное положение, на наш взгляд, не является научным. Включение в стандарты, то есть в официальные государственные или нормативно-технические документ отрасли, принципов правильного выполнения операций и условий применения этих операций и есть суть стандартизации. Первое положение в большей степени отражает суть практической направленности исследований.

5. В работе предметом исследований кроме технологии и техники опробования руд и продуктов обогатительных фабрик является методология опробования. В работе нет четкого описания методологии (слово методология в тексте встречается всего два раза, в описании предмета исследований и в библиографическом списке источников.)

6. На стр. 128 диссертации представлена формула случайной погрешности 3.14.с указанием единиц измерения для массовой доли компонента в минерале - % и массовой доли ценного компонента в руде -%, что обеспечивает получение погрешности в %². На стр. 166 эта формула использована для расчета случайной погрешности сокращения золотосодержащей руды, где в формулу подставлены значения массовой доли компонента в минерале в долях единицы (0,9) и массовой доли ценного компонента в руде в г/т. Каким образом в этом случае получено значение погрешности в (г/т)²? Возможно в формуле упущен переводной коэффициент.

7. Значение коэффициента формы зерна f , используемого при расчете случайной погрешности, может существенно повлиять на значение величины. На стр. 140 указано, что принимается коэффициент формы зерна, определяемый экспериментально. Но существуют несколько разных подходов к определению формы зерен, которые дают отличающиеся результаты. В исследовании не представлено рекомендаций по методу определения коэффициента формы.

8. Автором диссертационной работы сформулированы новые принципы правильного опробования, исключающие появление систематической погрешности. Дополнительные условия выполнения этих принципов делают их применимыми к распространенной практике опробования на обогатительных фабриках. При этом в работе дается только частичное объяснение, за счет каких конструктивных или технологических новшеств сформулированные принципы реализованы в разработанном оборудовании. Так, например, нет четкого обоснования отсутствия систематической погрешности при сокращении пульповых проб в пробосократительном модуле типа «МП».

Высказанные замечания не являются принципиальными, не снижают ценности диссертации, её научной и практической значимости и не влияют на общую положительную оценку работы. Диссертационное исследование Комлева Алексея Сергеевича является законченной научно-квалификационной работой и характеризуется внутренним единством, аргументированным изложением материала, содержит новые научные положения и практические результаты, свидетельствующие о личном вкладе автора в разработку новых теоретических и технико-технологических решений высокочастотного комбинированного отбора проб руд и продуктов обогащения.

10. Заключение по диссертации

Диссертация «Высокочастотный комбинированный отбор проб руд и продуктов обогащения», представленная на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9. – «Обогащение полезных ископаемых», полностью соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор – Комлев Алексей Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9. – «Обогащение полезных ископаемых».

Отзыв на диссертацию и автореферат диссертации Комлева Алексея Сергеевича обсужден и утвержден на заседании кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», протокол № 7 от 15 апреля 2024 года.

Председатель заседания

Заведующий кафедрой геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет
им. Г.И. Носова»
кандидат технических наук, доцент

Гришин Игорь Анатольевич

Секретарь заседания

Доцент кафедры геологии, маркшейдерского дела и обогащения полезных ископаемых
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»
кандидат технических наук, доцент

Гмызина Наталья Викторовна

Подпись Гришина И.А. председателя заседания и Гмызиной Н.В. секретаря заседания заверяю

Сведения о ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38.

Официальный сайт в сети Интернет: <https://www.magtu.ru/>

эл. почта: mgtu@magtu.ru телефон: +7 (800) 100-1934

Гмызина Н.В.
(3519) 29-85-55