

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук
Лавриненко Анатолия Афанасьевича
на диссертацию Комлева Алексея Сергеевича
«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. Актуальность темы диссертационной работы

Диссертационная работа посвящена решению важной проблемы опробования руд и продуктов их обогащения, основному процессу, который позволяет оценить запасы месторождения и принять решение о возможности и целесообразности обогащения и переработки минерального сырья.

Опробование является источником качественно-количественных характеристик исходного сырья и продуктов его переработки, необходимых для управления технологическим процессом и успешного функционирования горно-обогатительных и металлургических предприятий.

В условиях неуклонного снижения массовой доли ценных компонентов в рудах и необходимости вовлечения в переработку отходов горно-металлургических комплексов вопросы опробования и контроля качества зачастую становятся определяющими в принятии технических и экономических решений стратегического уровня. В связи с этим обоснование и разработка новых теоретических и практических решений, позволяющих сделать опробование максимально представительным, являются крайне актуальными как для более полного использования ресурсной базы и совершенствования технологии обогащения руд, так и для повышения экономической эффективности переработки минерального сырья.

Результаты опробования, их представительность предопределяются всей технологией отбора, подготовки и анализа проб и характеризуются различными погрешностями. Случайная и систематическая погрешности изучены в теории и на практике, их учет предусмотрен стандартами на опробование. При этом, вероятная систематическая и методическая погрешности являются новыми погрешностями в теории опробования и изучены, в основном, в теоретических работах. Практика исследования новых погрешностей существенно ограничена действующими требованиями к операциям опробования и применяемой для этого технологии. Оборудование, а также технологическая и рабочая документация по отбору и подготовке проб продуктов обогатительных фабрик разработана на основе действующих стандартов, учитывающих только известные погрешности. Новые погрешности опробования не отражены в действующих стандартах на опробование и не учитываются при разработке оборудования для отбора проб.

Разработки в области опробования продуктов обогащения характеризуются разной степенью изученности отдельных элементов теории

известных погрешностей. Отсутствуют завершенные исследования экспериментальной оценки систематических погрешностей, алгоритмы количественного определения случайных погрешностей не имеют законченного вида. Практика опробования, разделяемая по назначению на товарное и технологическое, имеет недостаточное развитие в части товарного опробования. Технологическое опробование, несмотря на свое интенсивное развитие по части оборудования и приборной базы, характеризуется большими случайными погрешностями расчетных показателей.

Названные проблемы теории и практики опробования оказывают негативное влияние на эффективность функционирования всей системы контроля качества минерального сырья и продуктов его переработки. Любые усовершенствования системы контроля качества на горно-обогатительных предприятиях не обеспечивают положительного результата в том случае, если эта система функционирует на основе непредставительного опробования.

Решению этих вопросов и посвящена представленная диссертационная работа, актуальность темы которой несомненна.

На основании обширного аналитического обзора значимых факторов процесса опробования автор обоснованно определяет цель работы, направленную на развитие теоретических положений количественной оценки, учета и снижения погрешностей результата опробования до уровня их практического применения в виде универсального способа опробования продуктов обогатительных фабрик с асимметричным распределением массовой доли ценного компонента.

При этом в диссертации решаются следующие задачи: разработка методических и технологических решений по снижению систематических и случайных погрешностей опробования и исключению вызываемых асимметрией распределений ценных компонентов в точечных пробах погрешностей, за счет применения разработанного высокочастотного комбинированного способа отбора проб; разработка технических решений для механизированного отбора и сокращения проб сыпучих и пульповых продуктов при снижении или исключении погрешностей результатов опробования. На основе усовершенствованной теории опробования разработаны принципиальные методические и технологические решения для создания стандартов нового поколения на опробование твердых полезных ископаемых и продуктов их обогащения.

В процессе решения задач автор анализирует причины возникновения случайных погрешностей результата опробования при отборе точечных проб. Изучает теоретические основы возникновения новых специфических погрешностей: вероятной систематической погрешности результата опробования (ВСП) и методической погрешности результата опробования. В работе предложены и обоснованы механизмы устранения ВСП и методической погрешности.

Автор совершенствует теорию опробования объединением расчетов масс проб от перемешанных и неперемешанных массивов на основе отбора

точечных проб теоретической предельной величины, составляющей один кусок. Такой отбор проб получил название кускового отбора. В этом случае масса пробы для однородного и неоднородного массивов совпадают.

Автор обосновывает необходимость использования высокочастотного комбинированного способа отбора и сокращения проб, предлагает схемы и порядок применения разработанного способа для кусковых и пульповых продуктов, а также разрабатывает новое оборудование для отбора и сокращения проб в различных технологических схемах. В работе приведены основные требования к выбору оборудования и алгоритмы расчета для технологического проектирования оборудования.

Автор доказывает необходимость изменения действующих стандартов на опробование для устранения допущенных ранее смысловых и технических ошибок и обосновывает методические и технологические решения для разработки новых стандартов на опробование.

2. Новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Автором подробно рассмотрены все наиболее значимые факторы, определяющие эффективность, достоверность и представительность результатов опробования, которые требуют пересмотра и их совершенствования. Комплексный подход в исследовании этих факторов позволил автору получить ряд новых научных и практических результатов.

Разработаны новые научные положения теории определения и расчета погрешности опробования, принципы правильного опробования и условия их применения, методики и алгоритмы определения параметров опробования по результатам оперативного и товарного опробования. Предложена формула фундаментальной погрешности опробования в качестве теоретической основы предложенного алгоритма расчета случайных погрешностей результата всей технологии опробования, основанного на экспериментально оцениваемых коэффициентах вариации точечных проб в опробуемом массиве.

Разработана новая методика отбора и подготовки проб, основанная на высокочастотном отборе точечных проб, приближающая условия опробования к теоретическому пределу по минимизации возможной случайной погрешности. В этом случае могут быть исключены экспериментальные работы по определению коэффициентов вариации и определению допустимой погрешности отбора проб, а также необходимость расчета числа точечных проб. Исключаются также погрешности, связанные с асимметрией распределения массовой доли ценного компонента в точечных пробах.

Применение разработанного метода позволило получить принципиально новые научные и экспериментальные данные о сопоставимых по величине погрешностях в случае поперечного и продольного пересечения опробуемого потока при отборе точечных проб.

Высокочастотный комбинированный способ отбора и сокращения точечных проб является универсальным решением при разработке технических средств для опробования твердых полезных ископаемых и продуктов их переработки. Он снижает случайную погрешность результата опробования до величины не более 0,5 % относительных, уменьшает до незначимых величин вероятную систематическую погрешность результата опробования, а также методическую погрешность.

Автор доказывает, что универсальным способом выявления и оценки погрешностей опробования на обогатительных фабриках является товарный баланс продуктов обогащения по ценным компонентам.

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций не вызывает сомнений, поскольку они обоснованы теоретически, подтверждены практическими исследованиями и отражают новые научные знания и практические результаты.

3. Степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций диссертационной работы подтверждаются сходимостью теоретических и экспериментальных зависимостей, результатами промышленных испытаний и опытом эксплуатации разработанного автором оборудования на промышленных предприятиях.

4. Научная и практическая значимость результатов диссертационной работы

Научное значение работы заключается в развитии теории опробования руд и продуктов их обогащения, обеспечивающей минимизацию и предотвращение возникновения погрешностей результата опробования с применением разработанного способа высокочастотного опробования.

Практическая значимость результатов обусловлена обоснованием и разработкой методических рекомендаций для внесения изменений в действующие стандарты на опробование продуктов обогащения; разработкой технологии и оборудования для отбора проб в условиях минимизации и предотвращения возникновения погрешностей результата опробования.

Разработанное оборудование для отбора и сокращения проб кусковых и пульповых продуктов внедрено на 31 предприятии в количестве 120 единиц.

Методические и технологические решения внедрены в практику опробования продуктов обогащения на предприятиях горно-обогатительной отрасли: ОАО «УГМК», ПАО «ГМК «Норильский никель», АО «Полиметалл», АО «ЕВРАЗ» и др.

5. Оценка диссертационной работы

Научное значение диссертации состоит в том, что работа содержит новые научные решения и рекомендации по практическому использованию полученных результатов. Работа отличается внутренним единством и характеризуется логической взаимосвязью теоретических положений, аналитических и экспериментальных исследований, а также практических результатов.

Методология подхода и решения поставленных задач, обоснование и развитие теории опробования руд и продуктов обогащения отличаются оригинальностью и свидетельствуют о глубоких знаниях автора в области рассматриваемой проблемы.

Работа написана грамотным научно-техническим языком и оформлена в соответствии с ГОСТом.

Содержание автореферата в объеме 37 страниц достаточно полно отражает содержание диссертации.

По теме диссертационной работы опубликовано 66 научных работ, в том числе 30 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ, которые в полной мере отражают основные положения диссертации, выводы и рекомендации. По теме диссертационной работы опубликована научная монография «Комбинированный способ отбора и сокращения проб минеральных продуктов» объемом 216 страниц. Основные достижения работы прошли обсуждение на представительных научных конференциях и конгрессах.

На новое оборудование для отбора и сокращения проб получено два патента РФ на изобретение и один патент РФ на полезную модель.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в системе контроля качества руд, продуктов их обогащения и переработки на предприятиях горно-обогатительной, металлургической и химической отраслей.

Результаты выполненной работы позволяют сделать заключение о достижении автором заявленных целей, решений поставленных задач и доказательстве научных положений.

Диссертационная работа состоит из введения, семи глав, заключения, списка используемых источников из 341 наименования и четырех приложений, содержит 433 страницы машинописного текста, 86 рисунков и 105 таблиц

Оценивая в целом представленную диссертацию, следует отметить, что А.С. Комлевым выполнен большой объем работ по исследованию процесса опробования, развитию его теории и реализации нового метода отбора и подготовки проб. Его **личный вклад в диссертационную работу** заключается в постановке цели и задач исследований; разработке теоретических положений, методических и технологических рекомендаций с целью снижения погрешностей результата опробования на обогатительных фабриках

и повышения качества учета ценных компонентов; разработке устройства и конструкций оборудования; проведении лабораторных исследований; организации и проведении промышленных испытаний оборудования; обработке и анализе результатов экспериментов и промышленных испытаний; организации изготовления разработанного оборудования и его внедрении на промышленных предприятиях; формулировании выводов и заключений работы.

При всех неоспоримых преимуществах диссертационной работы, следует отметить некоторые недостатки и спорные положения, требующие дополнительного пояснения.

6. Замечания по диссертации

1. Название диссертации «Высокочастотный комбинированный отбор проб руд и продуктов обогащения» ясно демонстрирует содержание, но не отражает цель исследований и их оригинальность.

2. В параграфе 3.1 в таблице 3.3 (стр. 123) показаны коэффициенты вариации по меди и цинку, за смену составляющие 15,3 и 5,8 % соответственно, полученные для точки опробования слива классификатора. Для более продолжительных контрольных периодов коэффициенты вариации выше и за месяц составляют 33,1 и 19,6 % соответственно. В том же параграфе (стр. 124) сказано, что коэффициенты вариации для пульпового продукта по меди можно принять на уровне 5 %, а по цинку на уровне 3 %. Такие низкие коэффициенты вариации предложены в качестве одного из обоснований для определения информативности точечных проб, в пределе составляющей 0,5. Из текста работы неясно, насколько адекватна реальным условиям предложенная методика определения информативности точечных проб, в основу которой положены заниженные коэффициенты вариации.

3. В работе приведен показательный пример разницы результатов опробования одной и той же партии золотого концентрата (п. 4.4.2). Причиной возникновения таких результатов названа ВСП, порядок и механизм возникновения которой изучены в рамках проведенных исследований. Тем не менее, некоторые из результатов опробования выходят за рамки действия ВСП: при опробовании концентрата («богатого продукта» по определению автора) с «истинной» массовой долей золота 894 г/т получены результаты 540 и 660 г/т, которые не соответствуют эффекту искусственного завышения массовой доли ценного компонента, характерной для концентратов. Объяснения полученных «заниженных» результатов в работе не приведено.

4. В параграфе 6.3 перечислены принятые допущения, задающие условия эффективного перемешивания и равномерного распределения сокращаемого материала на вращающемся диске. Некоторые из допущений связаны с динамикой движения частиц в центробежном поле. Из текста работы неясно, обоснованы ли такие допущения теоретическими расчетами или экспериментами. Также остается неясным механизм учета различной

крупности отдельных кусков сокращаемого материала, так как действующая на них центробежная сила будет различной (рис. 6.1).

5. Формула 6.4 (стр. 309) для расчета радиуса разбрасывающего диска сократителя не имеет вывода, из чего остается неясным происхождение величины коэффициента «8,5».

6. Согласно теории опробования, основной характеристикой опробуемых продуктов является покусковая дисперсия массовой доли. Предлагаемые в работе теоретические закономерности предполагают применение данной характеристики для продуктов с широким диапазоном крупности. При этом в формуле покусковой дисперсии не учитывается максимальная крупность или гранулометрический состав опробуемых продуктов. Также крупность не фигурирует в расчете коэффициента вариации массовой доли при покусковом отборе точечных проб. В диссертационной работе отсутствует объяснение исключения крупности кусков опробуемого продукта из расчетов или какого-либо иного механизма учета крупности.

7. Целесообразно было бы привести список условных обозначений.

Отмеченные замечания не влияют на общую положительную оценку работы.

7. Заключение по диссертации

Диссертационная работа А.С. Комлева на тему «Высокочастотный комбинированный отбор проб руд и продуктов обогащения» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований дано решение научной проблемы развития теории опробования руд и продуктов обогащения, а также разработана технология отбора и подготовки проб с применением нового способа высокочастотного комбинированного опробования.

Разработанные научно-обоснованные методические, технологические и технические решения, направленные на совершенствование теории и практики опробования минерального сырья и продуктов его переработки, имеют важное хозяйственное значение для развития горно-обогатительной и металлургической отраслей промышленности и вносят значительный вклад в развитие страны.

Содержание диссертации, научные положения, основные результаты и выводы соответствуют п. 1 и 7 области исследований научной специальности 2.8.9 - Обогащение полезных ископаемых.

Диссертационная соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора технических наук, а её автор Комлев Алексей Сергеевич заслуживает присуждения ученой

степени доктора технических наук по специальности 2.8.9 - Обогащение полезных ископаемых (технические науки).

Официальный оппонент:
доктор технических наук по специальности
25.00.13 - Обогащение полезных ископаемых,
главный научный сотрудник, заведующий лабораторией
комплексной переработки нетрадиционного
минерального сырья ИПКОН РАН

Лавриненко Анатолий Афанасьевич

20.05.2024.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук (**ИПКОН РАН**).

Адрес: 111020, Москва, Крюковский тупик, д.4.

Тел: +7 (495) 360-89-60

E-mail: ipkon-dir@ipkonran.ru

Я, Лавриненко Анатолий Афанасьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой Диссертационного совета.

_____ Лавриненко Анатолий Афанасьевич

Подпись Лавриненко Анатолия Афанасьевича заверяю:

Зам. директора ИПКОН РАН

д.т.н.

Т.Н. Матвеева

20.05.2024.