

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук
Матвеева Андрея Иннокентьевича
на диссертационную работу **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»

Актуальность темы диссертации определяется разной степенью изученности отдельных элементов теории в области опробования продуктов обогащения, в частности, в экспериментальной оценке систематических погрешностей, недостаточностью аналитического подхода к расчету случайных погрешностей, отсутствием учета асимметричности распределения массовой доли ценного компонента в точечных пробах, отбираемых от опробуемых массивов, широкими пределами используемого коэффициента опробования в используемой формуле расчета минимальной массы пробы Ричардса-Чечотта и т.д.

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

Решению данных вопросов посвящена диссертационная работа.

Основная идея диссертационного исследования заключается в применении разработанного и предложенного теоретического аппарата оценки, учета и снижения погрешностей результата опробования для выполнения отбора и сокращения проб продуктов обогатительных фабрик с минимально допустимыми значениями погрешностей. В соответствии с этим в диссертации формулируются основные задачи: разработка стандартов нового поколения на опробование твердых полезных ископаемых и продуктов их обогащения, разработка методических и технологических решений по снижению систематических и случайных погрешностей опробования и исключению погрешностей, вызываемых асимметрией распределений ценных компонентов в точечных пробах, разработка технических решений для механизированного отбора и сокращения проб сыпучих и пульповых продуктов, определяющих снижение погрешностей результатов опробования.

Общий объем работы - 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.

Во введении автором дано обоснование актуальности темы исследований, сформулированы задачи, цель и идея исследований, обозначены научная новизна и практическое значение работы, приведены сведения о методах исследований, апробации работы и о публикациях автора.

В первой главе выполнен аналитический обзор современного состояния теории процессов опробования и их практической реализации, рассмотрены теоретические основы возникновения погрешностей результата опробования и основы их экспериментального определения, уделено внимание асимметрии распределения массовой доли ценного компонента в опробуемом массиве. Приведены сведения о нормативной документации и стандартах на опробование. Указаны преимущества и недостатки способов опробования. Сформулированы цель исследований и задачи, необходимые для ее достижения.

Во второй главе выполнен анализ причин возникновения систематической погрешности результата опробования, приведены примеры нарушения принципов правильного опробования, а также примеры систематических погрешностей определения массы и влажности, методики экспериментального определения систематической погрешности. Рассмотрен алгоритм составления независимого товарного баланса обогатительной фабрики, как универсального способа оценки наличия систематической погрешности. Разработаны и обоснованы новые принципы правильного опробования и условия их выполнения. Обозначена необходимость переработки действующих стандартов на опробование, таких, как ГОСТ 14180-80 «Руды и концентраты цветных металлов. Методы отбора и подготовки проб для химического анализа и определения влаги» и ISO 11648-1(2) «Statistical aspects of sampling from bulk materials – Part 1: General Principles; Part 2: Sampling of particular materials».

В третьей главе выполнен анализ причин возникновения случайных погрешностей результата опробования при выполнении отбора точечных проб. Рассмотрены причины и порядок снижения информативности точечных проб. Рассмотрены экспериментальные методы определения случайных погрешностей опробования. Предложена методика определения коэффициента вариации по большому массиву данных по результатам текущего опробования на обогатительной фабрике.

В четвертой главе выполнен анализ асимметрии распределения массовой доли ценного компонента в точечных пробах, ее экспериментальной оценки и необходимости учета в стандартах на опробование. Изучены теоретические основы возникновения новых специфических погрешностей:

вероятной систематической погрешности результата опробования (ВСП) и методической погрешности результата опробования. Предложены и обоснованы механизмы устранения ВСП и методической погрешности.

В пятой главе выполнено обоснование необходимости использования высокочастотного комбинированного способа отбора и сокращения проб, приведены схемы и порядок применения данного способа для кусковых и пульповых продуктов. Приведено состояние дел по учету погрешностей результата опробования к нормативной документации и стандартам на опробование. Разобраны содержание и порядок применения требований ГОСТ 14180-80. Приведен алгоритм оценки соответствия точки опробования требованиям стандарта на опробование на примере ГОСТ 14180-80.

В заключении обобщаются результаты, полученные в диссертационной работе.

В приложениях представлены патенты на изобретения и акты внедрения в производственные и учебные процессы.

Научные положения, сформулированные в работе, характеризуются научной новизной, имеют большое практическое значение и аргументировано доказаны.

Новыми научными результатами (новизна), полученными автором, являются:

1. Существенные поправки и уточнение действующих стандартов на опробование твердых полезных ископаемых на обогатительных фабриках, учитывающие особенности опробования на основе расчётных методов определения параметров опробования и полученных корректных данных оперативного и товарного опробования на обогатительных фабриках.

2. Технологические решения по снижению случайных погрешностей опробования являются применение нового метода высокочастотного отбора точечных проб, существенно снижающие погрешности, в частности, связанные с асимметрией распределения массовой доли ценного компонента в точечных пробах.

3. Новый способ опробования, заключающийся в отборе увеличенного числа проб от всего массива из технологических потоков в режиме высокочастотного комбинированного отбора с последовательным сокращением пробы.

Значимость выводов и рекомендаций диссертанта для науки и практики заключаются в разработке методических и технологических решений, которые внедрены в практику выполнения НИР по совершенствованию систем опробования и балансового учета ценных компонентов ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», ООО «Таилс КО» и АО «Уралмеханобр»:

- внедрение разработанного нового оборудования и технологических рекомендаций по применению высокочастотного комбинированного способа

отбора проб на нескольких десятках предприятий в количестве более ста единиц;

- рекомендации по улучшению методики и технологии опробования внедрены в практику контроля качества продуктов обогащения на 19 предприятиях;

- разработка рекомендаций и предложений для внесения изменений в действующие стандарты на опробование продуктов обогащения;

- результаты диссертационной работы могут быть использованы в системе контроля качества руд, продуктов обогащения и продуктов последующих переделов на горно-обогатительных и металлургических предприятиях;

- результаты диссертационной работы могут быть использованы в научно-педагогической практике для профильных специальностей высшего и средне-специального образования.

В совокупности за период с 2008 по 2023 гг. по заявленной тематике выполнено 19 НИР в интересах горно-обогатительных и металлургических предприятий ОАО «Уральская горно-металлургическая компания», ПАО «ГМК «Норильский никель», ПАО «Высочайший», АО «Полиметалл», ТНК «Казхром», АО «ЕВРАЗ».

Рекомендации по рациональному изменению методики и технологии опробования внедрены в практику контроля качества продуктов обогащения и товарной продукции на ведущих предприятиях ОАО «Уральская горнометаллургическая компания», ПАО «ГМК «Норильский никель», ТНК «Казхром» и АО «ЕВРАЗ». Новое оборудование для отбора и сокращения проб кусковых и пульповых продуктов в количестве 120 единиц внедрено на 31 предприятии Российской Федерации и стран ближнего зарубежья.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации подтверждается.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций работы подтверждаются сходимостью теоретических и экспериментальных зависимостей, результатами лабораторных и промышленных испытаний, расчетными данными на конкретных примерах, внедрениями разработанного оборудования на промышленных предприятиях.

Основные результаты. 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.

Апробация результатов исследований. 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., а также в ряде научно-технических советов и технических совещаний горно-обогатительных комбинатов и обогатительных фабрик.

Соответствие работы критериям специальности и паспорту специальности.

По своему содержанию диссертационная работа отвечает критериям специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых» и п. 7 паспорта специальности «Моделирование, контроль, цифровизация, автоматизация технологических процессов обогащения, их оптимизация. Методы оптимизации проектных решений обогатительных фабрик».

Принимая во внимание актуальность темы диссертационной работы, достаточный уровень ее научной новизны и практическую значимость полученных результатов, сделано заключение о достижении автором работы заявленных целей, решений поставленных задач и доказательств научных положений.

Диссертационная работа изложена грамотным техническим языком с использованием соответствующей терминологии, принятой в системе опробования и контроля за процессами обогащения, что позволяет применять научные и практические результаты широкому кругу специалистов, работающих в области добычи и переработки полезных ископаемых.

Автореферат полностью отражает суть диссертации.

Личный вклад автора в работу очевиден, а именно:

1. Оценка существующей проблематики теории и практики опробования.

2. Постановка целей и задач работы. Разработка теоретических положений, выполнение расчетов, формулирование рекомендаций с целью снижения погрешностей результата опробования и повышения качества учета ценных компонентов.

3. Разработка устройства и конструкции оборудования, проведение лабораторных исследований, организация и проведение промышленных испытаний оборудования, обработка и анализ результатов экспериментов и промышленных испытаний.

4. Внедрение разработанного оборудования.

Замечания:

1. Первое защищаемое научное положение диссертационной работы является спорным, так как в нем констатируется только очевидные требования включения в существующие стандарты на опробование принципов правильного опробования, но не приведены важнейшие предлагаемые дополнения, вытекающие из результатов исследований. Являются ли эти дополнения основой для составления нового поколения стандартов?

2. В диссертации обоснованы уточняющие формулировки о принципах правильного опробования (стр. 64-65 диссертации) и добавлены дополнения. Для второго принципа дополнение «не сгущать точечные пробы» как согласуется с предлагаемым методом высокочастотного отбора проб?

3. На стр. 166 приведен расчет случайной погрешности сокращения пробы для золотосодержащих руд, где принята максимальная крупность золота 2 мм (верхняя граница дробленого материала), не должно ли принять участие в расчетах усредненное значение крупности золота?

4. На стр. 169 расчет массовой доли золота по формуле 3.65 используемые параметры не имеют размерности, очевидно, масса золота в концентрате – это балансовая часть относительно крупных классов, полученная при обработке определенной партии исходного сырья? Требуется уточнение.

5. Насколько рационально использовать расчётные варианты учета асимметричности распределения массовой доли ценного компонента для золотосодержащих руд (учета ураганных значений содержания) по сравнению с методом предварительного извлечения относительно крупных фракций золота из первичной пробы и отдельного их учета? Не являются ли исключением ряд руд, содержащих благородные металлы и металлы платиновой группы и т.д. и отличающиеся невысоким содержанием полезного компонента и в силу их особенностей (трудноразрушаемые частицы в процессе обработки) с точки зрения предлагаемого учета погрешностей?

6. На рис. 5.6. стр. 263 приведена схема отбора проб из технологического потока, где изначально отбираются первичные пробы, которые сокращаются и образуются вторичные пробы соответственно. Не описана методика отбора вторичных проб и получение микропорций из них. Каковы рекомендуемые или расчётные значения рациональной степени сокращения первичных и вторичных проб?

7. Предложен новый подход к определению коэффициента « k » с учетом допустимой погрешности отбора пробы и показателя степени при величине « d_{max} » равной 1,5 вместо традиционного 2 по формуле Ричардса-Чечотта. И это принято на основании ранее предложенных работ Краснова Д.А., который предлагал применять коэффициент « k » в пределах 1,75-1,8. Показаны возможности уменьшения требуемой минимальной массы пробы. Вместе с тем, требуется более серьезное обоснование данной формулы. Более того остается неясным порядок использования предложенной формулы в рамках

технологии высокочастотного комбинированного отбора проб по замечанию № 6.

8. Есть ли особенности в использовании нового метода опробования в условиях высокой степени неравномерности по качеству поступающего исходного сырья?

9. Имеет ли какие-либо недостатки новое оборудование, предлагаемое при высокочастотном отборе проб по соблюдению двух принципов правильного опробования, в частности дискового сократителя? Формула для расчета радиуса разбрасывающего диска сократителя на стр. 309 не имеет вывода, из чего остается неясным происхождение величины коэффициента «8,5».

10. Насколько удорожаются процессы пробообработки (+ аналитика) для разных типов руд, в том числе многокомпонентных?

Заключение по диссертации:

Диссертация Комлева Алексей Сергеевича соответствует специальности 2.8.9. Обогащение полезных ископаемых (технические науки), имеет внутреннее единство и является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований изложены новые научно-обоснованные технические решения и решена актуальная научная и практическая задача по разработке параметров высокочастотного комбинированного отбора проб руд и продуктов обогащения, способов и средств его осуществления.

Полученные результаты имеют существенное значение для науки и практики. Выводы и рекомендации достаточно обоснованы и подтверждены расчетами конкретных примеров.

Основные положения диссертационной работы и ее результаты прошли апробацию в виде докладов международных и национальных конгрессов и конференций на протяжении 17 лет и опубликованы в период с 2006 по 2023 годы в 66 научных работах, в том числе в 30 статьях в рецензируемых научных изданиях категорий К1 и К2, входящих в перечень ВАК Минобрнауки РФ. По теме диссертационной работы опубликована научная монография и получены патенты РФ на изобретение и полезную модель. Практические результаты работы широко известны благодаря внедрению нового оборудования для опробования на нескольких десятках горно-обогащительных и металлургических предприятий, а также в виде решений и заключений научно-технических советов на горно-обогащительных и горно-металлургических предприятиях.

Указанные в отзыве замечания имеют характер обсуждения и не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, при этом не подвергая сомнению научную ценность выполненной работы и ее неоспоримую практическую значимость.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней постановления Правительства Российской Федерации о

24.09.2013 № 842, а ее автор, **Комлев Алексей Сергеевич** заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.8.9 Обогащение полезных ископаемых (технические науки).

Официальный оппонент:
и. о. заведующего лабораторией
обогащения полезных ископаемых,
главный научный сотрудник
Института горного дела Севера
им. Н.В. Черского СО РАН
доктор технических наук
(25.00.13 - Обогащение полезных ископаемых)

Матвеев
_____ Андрей Иннокентьевич

Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского Сибирского отделения Российской академии наук (ИГДС СО РАН) – обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Якутский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук». 677980, Россия, г. Якутск, пр. Ленина, 43. Тел./факс: (4112)335930. E-mail: igds@ysn.ru

Я, Матвеев Андрей Иннокентьевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

_____ Матвеев Андрей Иннокентьевич

Подпись Матвеева Андрея Иннокентьевича удостоверяю
И. о. директора ИГДС СО РАН, к.т.н.

_____ В. П. Зубков

«16» 05. 2024 г.