

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук

Морозова Валерия Валентиновича

на диссертационную работу **Ступаковой Екатерины Владимировны** на тему
**«Анализ и совершенствование операций сокращения и схем подготовки проб
на обогатительных фабриках»**, представленную

на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.8.9 «Обогащение полезных ископаемых»

1. Актуальность темы

Применяемые методики подготовки проб на обогатительных фабриках разрабатывают, не всегда учитывая особенности минерального сырья. Существующие стандарты по опробованию предусматривают только экспериментальную оценку погрешностей, связанных с подготовкой проб. В связи с относительно большими случайными погрешностями опробования минеральных продуктов расчёты и выводы, связанные с опробованием, выполняют с использованием статистических методов обработки получаемых результатов. Однако, применяемые сегодня статистические экспериментальные оценки погрешностей технологических показателей, регламентированные стандартами по отбору и подготовке проб, не позволяют рассчитывать и совершенствовать технологию опробования для многих типов руд.

Методики определения фундаментальной погрешности опробования требуют совершенствования с целью максимального учета условий опробования и свойств опробуемого объекта.

Актуальность настоящей диссертационной работы, нацеленной на совершенствование методик подготовки проб на обогатительных фабриках, учитывающих особенности рудного сырья, условий отбора и усреднения проб несомненна и определяется как важностью задачи, так и перспективностью выбранного пути ее решения, предполагающего применение адаптированных формул расчета погрешности опробования и совершенствования схем подготовки проб.

2. Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованных источников информации из 76 наименований, 2 приложений, содержит 163 листа машинописного текста, 40 рисунков, 32 таблицы.

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

В первой главе представлен анализ экспериментальных методов определения случайной погрешности сокращения проб, показано, что регламентированные в стандартах методы определения случайной погрешности

опробования основаны на использовании схемы дисперсионного анализа и при небольшом числе параллельных определений дают оценку случайной погрешности опробования с большой погрешностью и при любых изменениях параметров опробования необходимо повторять экспериментальную работу.

В работе рассмотрены два подхода к получению формул случайной погрешности сокращения проб – эвристический и аналитический. Оба подхода направлены на получение формулы погрешности опробования. Эвристический подход основан на теории Пьера Жи. Аналитический подход получения формулы случайной погрешности основан на понятии «покусковая дисперсия», введенным Козиным В.З в работах по опробованию минерального сырья на обогатительных фабриках.

Показано, что анализ и совершенствование операций подготовки проб возможен на основе аналитической формулы расчёта погрешности опробования, но использование формулы требует измерения различных величин и определения значений отдельных коэффициентов, в связи с этим необходимо развитие формулы как с учётом различных условий опробования, так и формулировки методических условий измерений.

Во второй главе выполнен анализ эффективности экспериментальных способов определения погрешности опробования, в основе которых лежит дисперсионный анализ. Недостатки дисперсионного анализа демонстрирует сравнительная оценка определения относительных погрешностей отбора навесок для анализа 32 стандартных образцов состава руд и продуктов их переработки по ГОСТ 8.531-2002 и по расчету дисперсий по размаху R_{80} результатов анализов всех навесок. Показано, что прослеживается занижение погрешности при расчете по схеме дисперсионного анализа по всем стандартным образцам.

Проведенный анализ полученных результатов дубликатного анализа показал, что дубликатное опробование, выполняемое с целью определения погрешности сокращения проб при принятых в стандартах числах дубликатных определений – $N = 10$, позволяет получить оценку погрешности сокращения с высокой долей неопределённости, а также с вероятным систематическим занижением 20 %. Таким образом, для получения приемлемого результата число дубликатных определений должно составлять несколько сотен.

Предложено для непосредственной проверки качества экспериментальных определений погрешности использовать опорные (истинные) значения. Обобщение опорных значений позволило обосновать понятие «опорная зависимость». *Опорная зависимость* – это установленная связь предела случайной погрешности и массовой доли компонента.

Сопоставление погрешностей, оцениваемых по опорным зависимостям, и полученных по дисперсионному анализу показало существенное (в несколько раз) занижение последних, что затрудняет определение погрешности сокращения по схеме дисперсионного анализа.

Результатами проведенных исследований определены причины возрастания случайных погрешностей операций сокращения при практически назначаемых количествах параллельных опытов.

В третьей главе рассмотрены возможности расчётных способов определения случайных погрешностей опробования. Сравнительный анализ формулы погрешности опробования показал различие эвристического и аналитического подхода к её получению.

В работе показано, что эвристическая формула погрешности опробования получена из логических соображений путем наращивания коэффициентов к основе, в которую входят крупность опробуемого массива и массы проб. Аналитическая формула погрешности опробования получена с использованием понятия «покусковое опробование» и формулы покусковой дисперсии, полученной в работах Козина В.З.

Проведенный структурный анализ эвристической и аналитической формул показал, что они структурно близки и устанавливают зависимость погрешности опробования от массы пробы, крупности и свойств частиц опробуемого материала. Предложена формула расчета погрешности опробования, учитывающая характеристики опробуемого продукта.

Расчеты показателей в аналитической формуле являются обоснованными и могут быть экспериментально определены при практическом применении формулы.

В четвертой главе представлены результаты использования расчетной формулы погрешности опробования в практике работы обогатительных фабрик.

В диссертационной работе предложена методология определения параметров схем подготовки проб, которая состоит в следующем: составляется схема подготовки пробы с учетом возможностей оборудования; рассчитывается погрешность схемы подготовки пробы; выбирая параметры схемы (число стадий, крупности и массы пробы) в технологически допустимых пределах находят сочетание параметров, обеспечивающих наименьшую погрешность. Применение методологии анализа и совершенствования схем рассмотрено на схемах подготовки проб медной, золотосодержащей, оловянной руды.

Практическое применение формулы погрешности опробования апробировано при проведении работ по оценке однородности материала стандартных образцов предприятия. При расчетах применены формулы на основе опорной зависимости, позволяющие рассчитывать погрешности, что в свою очередь сокращает расходы на разработку стандартных образцов предприятия.

3. Новизна исследования и полученных результатов

Научная новизна работы заключается:

- в получении новой аналитической формулы погрешности опробования, учитывающей нелинейность кумулятивной характеристики гранулометрического состава пробы, узость используемого класса крупности и величину максимального размера куска и позволяющей анализировать схемы подготовки проб.

- в обосновании и разработке методики расчета функционала «опорная зависимость», являющегося основой получения формул для оценки неоднородности проб при подготовке стандартных образцов предприятия.

К новым научным результатам следует отнести:

- разработанную методику и технологию производства стандартных образцов руд предприятия, учитывающие особенности опробуемого продукта;
- методологию анализа и совершенствования схем подготовки проб на основе формулы погрешности опробования;
- предложенный способ расчета случайной погрешности стандартных образцов предприятия на основе опорной зависимости.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждаются положительными результатами выполненных исследований, согласованностью выводов теоретических и экспериментальных работ, использованием аттестованных методик при выполнении физико-химических методов анализа, применением современных средств измерений.

5. Научная ценность и практическая значимость диссертации

Научная ценность диссертационной работы заключается в решении научной задачи анализа и совершенствования операций сокращения и схем подготовки проб на обогатительных фабриках, представляющей собой развитие теории опробования руд и продуктов обогащения, развития теории опробования руд и продуктов обогащения с получением формул, позволяющей анализировать и совершенствовать схемы подготовки проб с учетом величин случайных погрешностей.

Практическая значимость результатов исследований заключается в разработке и определении условий применения методик анализа проб и совершенствования схем подготовки проб на обогатительных фабриках с применением стандартных образцов предприятий состава руд и продуктов переработки.

Разработанные методические решения внедрены в практику работы ООО «Правоурмийское» и используются АО «Иргиредмет» при исследованиях однородности материалов руд и продуктов обогащения.

Личный вклад автора состоит в обосновании цели, задач исследований, а также применяемых методик, выполнении экспериментов по оценке однородности руд и продуктов их переработки, обработке полученных результатов, практической апробации результатов исследований, а также в обобщении полученных результатов и формулировании выводов.

6. Рекомендации по использованию результатов диссертации

Полученные результаты имеют важное значение для научно-методического развития теории опробования руд и получаемых продуктов на предприятиях горно-обогатительной отрасли и повышения эффективности процедур контроля показателей качества технологических процессов. Результаты работы так же рекомендуются к использованию в научно-исследовательских организациях и предприятиях, разрабатывающих нормативные документы по опробованию и контролю качества руд и продуктов обогащения.

7. Оценка диссертационной работы

Диссертационная работа является завершенным научным исследованием, обладающим внутренним единством, и характеризуется взаимосвязью теоретических положений, экспериментальных исследований и практических результатов, содержит новые научные положения и рекомендации по практическому использованию полученных результатов. Методологические пути решения поставленных задач свидетельствуют о достаточных познаниях автора в рассматриваемой проблеме.

Основные результаты работы опубликованы в высокорейтинговых научных изданиях, были представлены и прошли обсуждения на представительных научных конференциях.

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

Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации и в полной мере отражает основные положения диссертации, выводы и рекомендации.

8. Замечания по диссертации

1. Автор оперирует суммарными погрешностями метода определения, но не делает оценку соотношения погрешностей отбора, подготовки и приборных измерений. Было бы полезным определить количественное соотношение этих погрешностей для определения продуктивного направления снижения общей погрешности.

2. Неясно, почему наблюдается столь большое различие относительных случайных погрешностей в области малых массовых долей (рис. 2.13). Возможно, это связано с малой массой пробы в условиях возникновения «ураганных» массовых долей. Тогда явно необходимо вносить коррективы в методику пробоотбора.

3. Необходимо определить методические отличия и внести корректировки в процесс опробования и сокращения однородных или неоднородных массивов.

4. Хотелось бы более подробно определить преимущества предложенных автором уравнений для расчета «опорных кривых», например, относительно предложенных Н.В. Карпенко.

Отмеченные замечания не затрагивают основных научных положений и выводов работы и не снижают общей положительной оценки работы.

9. Заключение по диссертации

Диссертационная работа Ступаковой Е. В. на тему «Анализ и совершенствование операций сокращения и схем подготовки проб на обогатительных фабриках» является завершенной научно квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований изложены новые обоснованные решения по анализу и совершенствованию схем подготовки проб, имеющие существенное значение в опробовании минерального сырья.

Содержание диссертации, научные положения, основные результаты и выводы соответствуют требованиям п.9 Положения о присуждении учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора кандидата наук. Автор работы Ступакова Екатерина Владимировна заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.8.9 – «Обогащение полезных ископаемых».

Официальный оппонент
доктор технических наук по специальности
2.8.9 – Обогащение полезных ископаемых,
профессор, профессор по кафедре обогащения полезных ископаемых,
профессор кафедры общей и неорганической химии НИТУ МИСИС

Морозов Валерий Валентинович

16.10.2024

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС» 119049 Москва, Ленинский проспект, 4.
Тел: + (495) 955-00-32, адрес эл.почты: kancela@misis.ru

Я, Морозов Валерий Валентинович, даю согласие на включение в аттестационное дело и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации, исходя из нормативных документов Минобрнауки и высшей аттестационной комиссии РФ, в том числе их размещению в сети Интернет, на сайте ВАК, в единой информационной системе.

Подпись Морозова Валерия Валентиновича заверяю
Проректор по безопасности и общим
вопросам НИТУ МИСИС

И.М. Исаев

«16» 10 2024 г