

Горстевой способ отбора проб на обогатительных фабриках

Козин В. З.¹, Комлев А. С.^{1*}

¹ Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия

*e-mail: tails2002@inbox.ru

Реферат

Введение. Горстевой способ отбора проб используется в том случае, когда невозможно отобрать пробу вычерпыванием, а также при отборе пробы способом продольных сечений. При автоматизации опробования с применением поточных анализаторов возможен только горстевой способ опробования.

Теория вопроса. Результаты опробования при использовании горстевого отбора проб как упрощенного варианта способа отбора проб вычерпыванием следует корректировать. Поправки необходимо находить по результатам другого правильного опробования. Опыт определения таких поправок показал, что в связи с большими коэффициентами вариации точечных проб для коррекции следует использовать только усредненные на большом массиве данных результаты. Автоматические анализаторы выполняют анализ пробы, соответствующей горстевому отбору проб при опробовании неподвижных массивов и горстевому отбору проб способом продольных сечений при опробовании потоков. В связи с малой глубинностью методов анализа пробы представлены тонким слоем материала на поверхности опробуемого массива, массовая доля компонентов в них отличается от средней массовой доли определяемого компонента. Автоматические анализаторы показывают результаты опробования с систематической погрешностью. При градуировке анализаторов сопоставляют их показания с результатами анализа точечных проб, отобранных способом поперечных сечений, т. е. сопоставляются принципиально различные пробы. Поэтому градуировочная зависимость, получаемая путем сопоставления отдельных точечных проб, сопровождается большой случайной погрешностью. Сопоставлять следует только пробы, случайные погрешности которых невелики. Это достигается сопоставлением средних показателей как правильного опробования, так и показаний анализатора, за один и тот же контрольный период, в течение которого будет отобрано большое число проб и зафиксировано большое число показаний анализатора.

Эксперимент. Экспериментально установлено большое различие показаний анализатора и результатов анализов отдельных точечных проб. Относительное различие доходит до 80 %, но различие средних значений тех же величин составило за месяц 2 %. Соответственно период набора необходимой статистики должен быть большим.

Ключевые слова: правильное опробование; горстевой способ; автоматический анализатор; точечные пробы; контрольный период.

Исследование выполнено при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 0833-2023-0004 в соответствии с государственным заданием для Уральского государственного горного университета.

Введение. Основным способом отбора проб от неподвижных добытых масс руды, потоков руды и продуктов обогащения на обогатительных фабриках является способ вычерпывания [1]. Для этого в неподвижных опробуемых массивах выкапывают лунки и отбирают в пробу материал из лунки, в потоках материала на конвейере или в трубопроводе лунка представляет собою полоску материала,

отделяемую от потока пробоотбирателем. Такой способ отбора проб считается правильным (т. е. результат отбора проб не имеет систематической погрешности). Но для отбора проб способом вычерпывания требуется специальный инструмент: при ручном отборе проб это совок, шуп или желонка, при механическом отборе проб – пробоотбиратель. Выкапывать лунки следует на всю глубину опробуемого массива, а потоки пробоотбирателем пересекать полностью.

Способ вычерпывания всегда связан с расчетом числа точечных проб, а объединенная (начальная) проба имеет большую массу, обычно намного большую, чем минимальная масса для однородного массива. В связи с этим такой отбор сопровождается подготовкой проб, заключающейся в уменьшении крупности материала проб дроблением и в уменьшении массы пробы ее сокращением. В итоге на обогатительных фабриках существуют громоздкие системы отбора и подготовки проб.

Альтернативным вариантом для потоков является отбор проб способом продольных сечений. Его реализация не требует специального привода для отбора пробы, но поток в точке отбора пробы должен быть однородным, что невозможно выполнить для кускового материала. При отборе проб от турбулизированной в точке отбора пульпы получают пробу большого объема и массы твердого, что также требует ее сокращения.

Распространен упрощенный вариант вычерпывания – горстевой способ отбора проб, получивший название *способ молотка и совка*. Этот способ получил распространение для отбора проб от кусковых продуктов, в которых выкопать лунку и отобрать пробу трудно или невозможно. Точечные пробы отбирают без выкапывания лунки непосредственно в точке отбора совком, а если в точке отбора оказывается большой кусок, от него молотком отбивается небольшая точечная проба. Пробы, отбираемые таким способом, сопровождаются систематической погрешностью, так как отбивать пробы от кусков трудно, и в совок отбирают имеющиеся рядом мелкие куски материала.

Основным направлением развития технологии опробования является использование анализаторов точечных проб непосредственно в опробуемом массиве (неподвижном или в потоке). Точечная проба при этом не извлекается, она анализируется непосредственно в опробуемом материале. Благодаря полной автоматизации опробования и развитию техники анализа руд в опробуемом массиве такое решение задач опробования является генеральным направлением его развития.

Установки автоматического опробования руд в транспортных емкостях получили название *рудоконтролирующие станции*. Рудоконтролирующие станции выполняют опробование горстевым способом. Анализаторы устанавливаются над вагонетками, вагонами, автосамосвалами на расстоянии 300–500 мм от поверхности руды. Анализируется материал, находящийся в точке облучения на поверхности опробуемого массива, т. е. проба, соответствующая пробе, отбираемой горстевым способом. Чем меньше облучаемая площадь, тем меньше по массе анализируемая точечная проба.

Анализируемые массы проб неподвижных массивов невелики, измеряются долями грамма, в связи с чем случайная погрешность может быть заметно выше по сравнению с пробами для химических анализов.

Анализируемые массы проб на потоках намного больше и при продолжительности анализа 40–60 с имеют массу 100–300 г, а при гамма-активационном

анализе еще больше. Автоматический анализ потоков по массовой доле может иметь случайную погрешность, сопоставимую с погрешностью химических анализов.

Оптические анализаторы используют при выполнении минералогических анализов [2]. Используется определение сорта руды и управление по этому показателю процессом обогащения [3]. Объектом оптического анализа оказались флотационные пены, по оптическим характеристикам которых определяется сорт руды и массовая доля компонентов твердой фазы [4]. Используется характерная только для оптических характеристик величина, такая как блеск [5].

Рентгенофлюоресцентный анализ получил широкое распространение на обогатительных фабриках как элементный анализ потоков кусковых продуктов [6], пульпообразных [7] и жидких продуктов, порошковых и жидких проб [8]. Анализаторы могут быть погружены в поток пульпы непосредственно в технологическом процессе [9], или же анализировать отбираемые и доставляемые к анализатору пробы [10]. Аппаратура Courier 8 SL выполняет спектральный анализ в пульпе лазерным пробоем [11].

Расширяют область использования автоматических анализаторов активационные методы анализа. Успешно работает установка «Аура» [12] позволяющая выполнить анализы на золото в руде на пробах массой 0,5 кг, крупностью –3 мм, испытывается аналогичная установка «Au-изомер» [13], а также OLGA (On-line gold analysis) для рудной пульпы на золото [14].

Опыт использования автоматических анализаторов свидетельствует о неизменно сопутствующей им систематической погрешности. Так, сопоставление результатов опробования руды с использованием анализаторов с результатами правильного опробования на фабрике [15] показало завышение ими массовой доли в руде на 3,8 % [16]. Это приводит к тому, что автоматические анализаторы рассматриваются на обогатительных фабриках как инструмент оперативного контроля, для которого допустима некоторая (неизвестная) систематическая погрешность.

Опробование должно быть правильным.

Правильное опробование – это опробование, в результатах которого отсутствует систематическая погрешность.

Сформулированы два принципа правильного опробования [1], руководствуясь которыми можно избежать появления систематической погрешности или минимизировать ее до приемлемых пределов.

Но в опробовании минеральных продуктов эти принципы нарушаются. Так, для правильного отбора проб способом продольных сечений материал в точке отбора пробы должен быть турбулирован, а для кускового продукта это невозможно. Поэтому все поточные анализаторы массовой доли минеральных продуктов на конвейерах имеют систематическую погрешность, т. е. не могут быть правильными.

Аналогично анализируют неперемешанные продукты анализаторы, устанавливаемые над любыми продуктами, транспортируемыми в емкостях (вагонетках, вагонах, автосамосвалах и т. д.), либо находящимися в неподвижном состоянии (на складах, в бункерах).

Пульповые продукты перемешать можно, но доказательств достаточности перемешивания нет.

Все варианты опробования с использованием анализаторов массовой доли непосредственно на опробуемом массиве или отбора проб от материала, находяще-

гося на его поверхности, сводятся к одному способу отбора проб – горстевому. Этот способ прост, но его еще более упрощают, отбирая в пробу мелкие фракции руды, так как они уже отбиты от крупных кусков.

Этот процесс отбойки мелких кусков от более крупных происходит естественным образом, начиная с разрушения руды в забое и далее при прохождении через дробилки и грохоты. Если в какой-либо точке движения руды извлекать из нее точечные пробы в виде кусочков соответствующих размеров, может быть отобрана проба, готовая для анализа.

Как механическая отбойка кусков при отборе горстевым способом, так и естественная отбойка мелких фракций при дроблении формируют объединенную пробу с систематической погрешностью вследствие различной прочности слагающих руду минералов.

Целью статьи является обоснование возможности выполнять правильный отбор проб на обогатительных фабриках горстевым способом, так как только горстевой способ отбора позволяет автоматизировать анализ точечных проб и экономично отбирать точечные пробы от крупнокусковых руд.

Теория вопроса. Поскольку горстевое опробование сопровождается неустраняемой систематической погрешностью, но его вынужденно применяют, необходимо корректировать результаты горстевого опробования. Это можно сделать двумя вариантами.

Во-первых, определить величину систематической погрешности и использовать ее как поправку.

Во-вторых, применить эталоны опробуемых массивов и вносить поправки по результатам анализа эталонов.

Поправка – это величина систематической погрешности, которую необходимо установить экспериментально в конкретных условиях опробования.

Для этого выполняют заведомо правильное опробование.

Однако на сопоставление результатов опробования влияет случайная погрешность, связанная с неоднородностью опробуемого массива.

Поэтому выполняют много сопоставительных анализов и сопоставляются средние величины, для которых случайная погрешность снижается, и при некотором числе сопоставительных анализов оказывается возможным установить искомую поправку. Это число зависит от величины случайных погрешностей и величины самой поправки.

Таким путем можно установить поправку и использовать ее для последующих результатов опробования.

Массовая доля в продуктах обогащения изменяется от массива к массиву, и поправка оказывается более сложной. Результаты сопоставительных параллельных опробований связаны друг с другом корреляционно, а поправку следует искать по линии регрессии. Но доверительные интервалы для линии регрессии с удалением от средних значений коррелированных величин увеличиваются, что снижает возможности использования поправки.

У связи двух сопоставляемых величин в опробовании, кроме средних для большого числа измерений значений, есть вторая точка, через которую обязана проходить линия регрессии, это начало координат. Следовательно, поле корреляции для функции $\alpha = f(\alpha_{ан})$ должно располагаться таким образом, чтобы теоретическая линия регрессии соответствовала уравнению $\alpha = \alpha_{ан}$. Такую линию можно назвать

зависимостью правильного анализатора, а для автоматических анализаторов это будет градуировочная характеристика:

$$\alpha = \frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_{\text{ан}}} \cdot \alpha_{\text{ан}},$$

где $\bar{\alpha}$ – средняя массовая доля опробования; $\bar{\alpha}_{\text{ан}}$ – средняя массовая доля показаний анализатора.

Так как все анализаторы массовой доли в опробуемом массиве выполняют непосредственно анализ, естественно использовать для их градуировки эталоны.

Эталоном может быть материал опробуемого массива с установленной в нем массовой долей определяемого компонента, подготовленный таким образом, что его можно подвергать анализу автоматическим анализатором, что и позволит находить коэффициент k градуировочной характеристики

$$k = \frac{\alpha_{\text{эт}}}{I_{\text{эт}}},$$

где $\alpha_{\text{эт}}$ – массовая доля эталона; $I_{\text{эт}}$ – показания анализатора на эталоне.

Такой эталон был уже применен для анализа руды в шахтных вагонетках.

Если на показания анализатора влияют дополнительные факторы, то следует вводить их в уравнение в приращениях от средних для этих факторов величин ΔX :

$$\alpha = kI + k_x \Delta X,$$

где коэффициенты k_x следует установить по уравнению регрессии.

Если X – это производительность, то k_x можно найти с помощью эталона, устанавливаемого на разном расстоянии от анализатора в трех точках: норма, максимальная и минимальная высота слоя материала на конвейере.

Если в процессе работы существенно меняются какие-либо свойства руды, могут быть подготовлены эталоны с различными свойствами, при получении информации о переходе от одного сорта руды к другому целесообразен переход от одного уравнения к другому. Определение сорта руды визиометрическим анализом описано в работе [3].

Эксперимент. На обогатительной фабрике на рудном конвейере установлен поточный рентгенофлуоресцентный анализатор массовой доли меди. На фабрике периодически отбирают пробы и сопоставляют результаты их анализа с показаниями анализатора. Нам представлены протоколы показаний анализаторов и сопоставительных опробований.

На рис. 1 показана корреляционная связь показаний анализатора $\alpha_{\text{ан}}$ и результатов анализа отбираемых в момент снятия показаний анализатора точечных проб $\alpha_{\text{т}}$. Поле корреляции между показаниями анализатора $\alpha_{\text{ан}}$ относительно опробования $\alpha_{\text{т}}$ имеет особенности. Они заключаются в том, что за месяц размах показаний анализатора составил 0,80 %, а сопоставительного опробования – 1,58 %. Дело в том, что анализатор анализирует пробу руды на конвейере в течение нескольких минут, и это сглаживает (усредняет) изменения свойств потока руды во времени. Точечная же проба отбирается за несколько секунд, и на ее результатах отражаются кратковременные изменения свойств потока руды во времени. На потоках руды в точечных пробах появляются ураганные пробы, превышающие среднюю

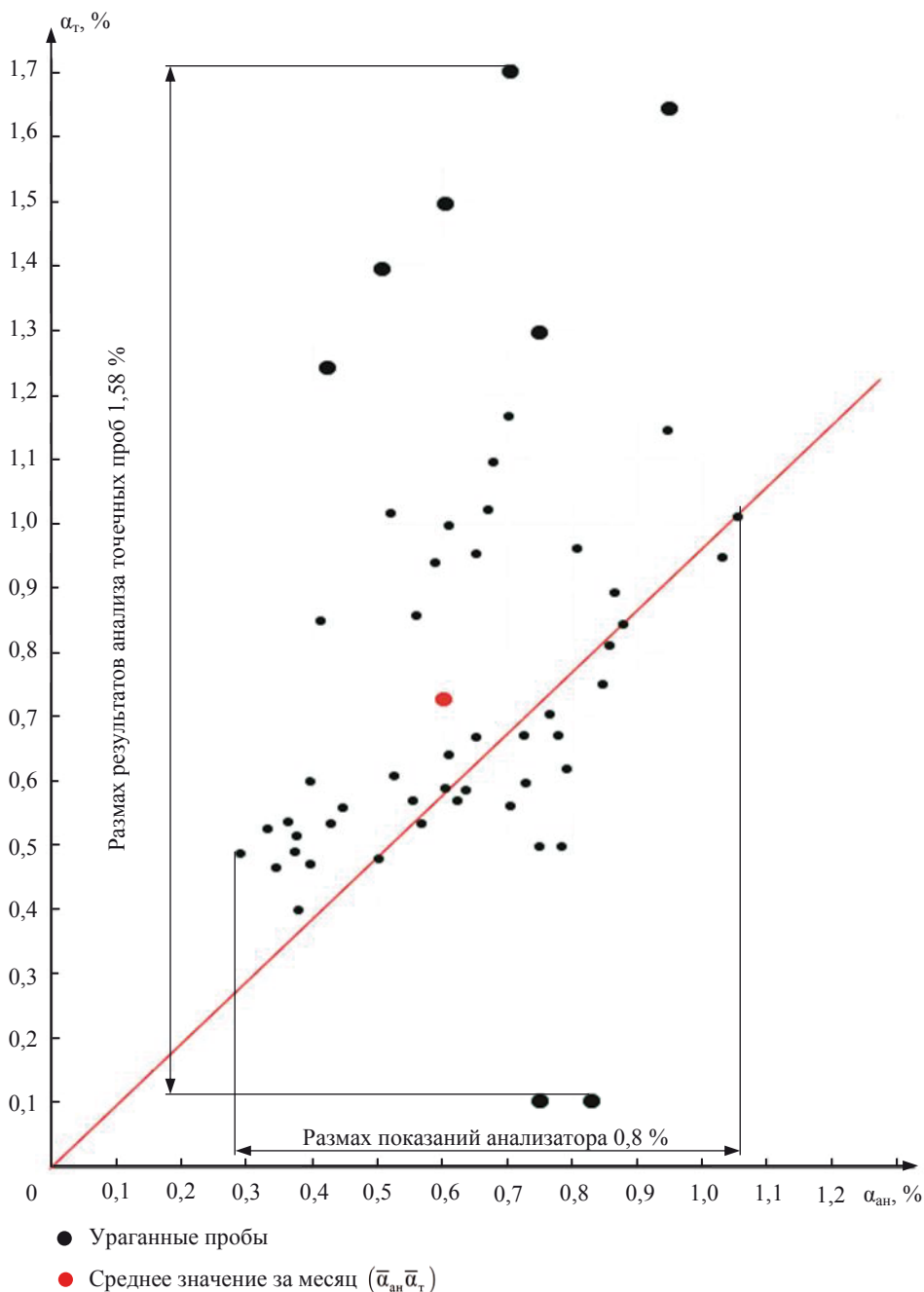


Рисунок 1. Поле корреляции массовой доли меди по результатам опробования α_t и показаниям анализатора $\alpha_{ан}$

Figure 1. Correlation field of copper mass fraction based on testing results α_t and analyzer readings $\alpha_{ан}$

массовую долю (шесть значений), но могут быть и занижающие значения (два значения), а на показания анализатора они не влияют.

Поле корреляции между результатами показаний правильного анализатора $\alpha_{ан}$ и результатами правильного опробования точечными пробами α_t должно соответ-

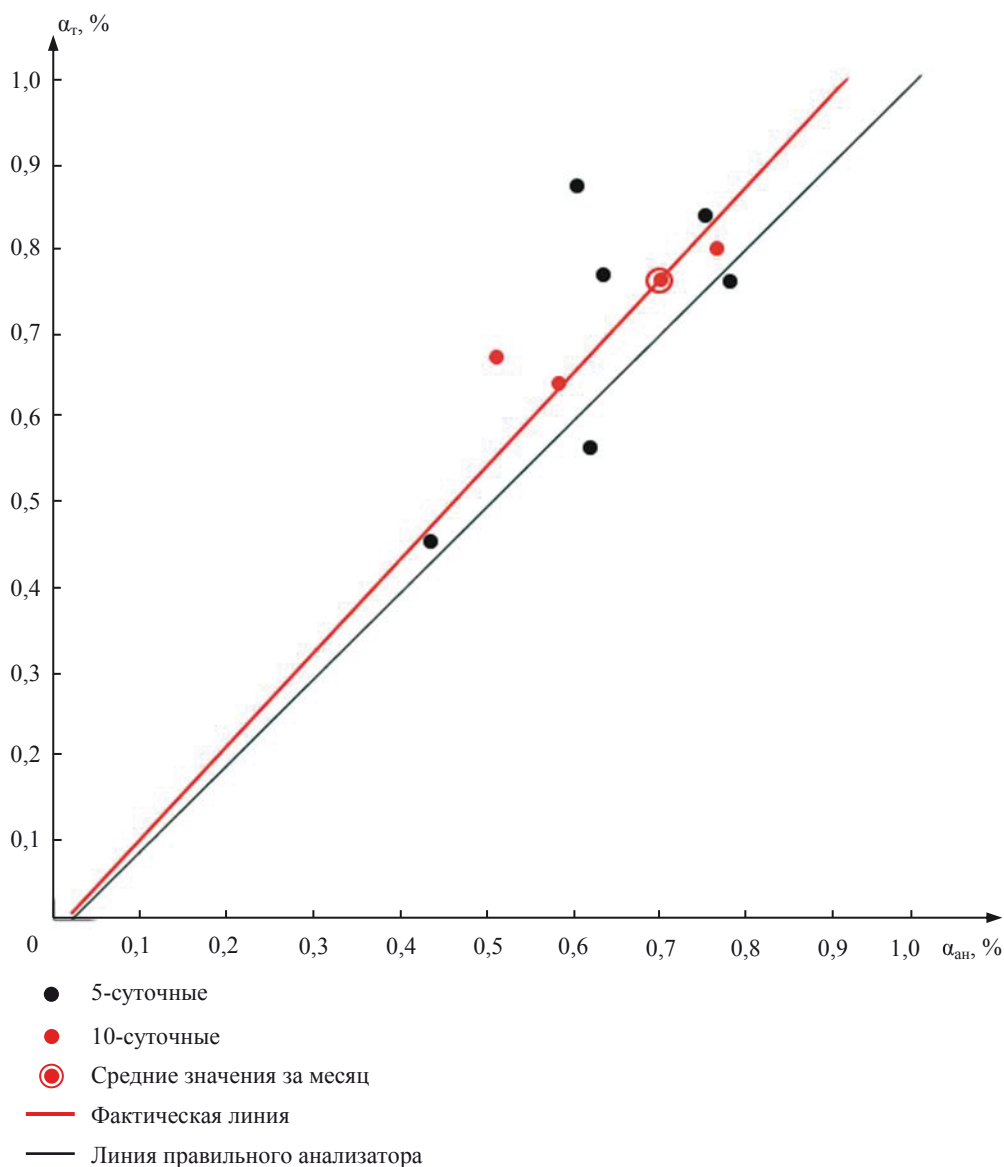


Рисунок 2. Поле корреляции для пятисуточных и десятисуточных результатов опробования
 Figure 2. Correlation field for five-day and ten-day sampling results

ствовать зависимости правильного анализатора $\alpha_t = \alpha_{ан}$. Но фактическая линия регрессии отличается от требуемой. Средняя массовая доля меди в руде за месяц по показаниям анализатора $\bar{\alpha}_{ан} = 0,66\%$, а по результатам правильного опробования $\bar{\alpha}_{ан} = 0,76\%$. Расхождение составляет $0,1\%$. Относительная погрешность показаний анализатора по точечным пробам равняется $\pm 35\%$. При таком уровне случайных погрешностей зафиксировать систематические отклонения невозможно.

На рис. 2 приведена та же корреляционная связь, построенная по средним значениям за пять суток. Расхождение $\Delta\alpha$ равняется $\pm 0,1\%$. Расчетное значение критерия Стьюдента для расхождения средних значений за пять суток равно $2,4$, что больше табличного, равного $2,13$. Следовательно, в рассматриваемом случае сред-

ние показатели за 5 сут. уже могут быть использованы для определения поправки, равной 0,1 %. В связи с отмеченными особенностями распределений массовой доли разброс точек средних значений за пять суток еще велик. На этом же рис. 2 приведены точки для средних значений за 10 сут., которые существенно ближе к линии регрессии. Поэтому реальный период определения поправок должен составлять 10 сут. и более, в течение которых следует усреднять результаты показаний анализатора и правильного опробования.

Обсуждение результатов. Горстевой способ отбора проб позволяет выполнять опробование наиболее экономичным образом, в частности путем отбора в пробу мелких классов руды, всегда присутствующих в ней, или путем отбора пробы без выкапывания лунки. Горстевым способом отбора проб выполняется большое число как оперативных, так и товарных опробований. Для приближения результатов горстегового опробования к правильному необходимо находить поправки [17].

Сопоставление показаний анализатора и правильного опробования показывает, что отдельные точечные пробы использовать как для настройки, так и для коррекции работы анализатора нецелесообразно, поскольку сопоставляются результаты анализа принципиально различных проб.

Опыт работы по градуировке приборов для анализа описан в работе [18], в которой показано, что произвольный набор статистики для этого неэффективен.

Только усредненные на большом количестве отдельных анализов результаты могут позволить определить поправку к показаниям анализатора.

Поле корреляции результатов опробования и показаний анализаторов показывает, что в результаты опробования попадают ураганные пробы, вследствие чего размахи массовых долей точечных проб в два раза больше размахов показаний анализаторов, определяющих массовую долю в потоках способом продольных сечений. Это приводит к повышению погрешностей и снижению качества линий регрессии.

Корреляционная связь результатов правильного опробования и показаний анализаторов должна проходить всегда через начало координат. Второй надежной точкой является координата средних показателей за большой контрольный период или для большого числа точечных проб.

Альтернативой опробованию является использование эталонов для периодической проверки правильности работы анализаторов как на конвейерах, так в других случаях их использования непосредственно на опробуемых массивах. Эталоны позволяют исключить большие отличия результатов анализа точечных проб от усредненных показаний анализаторов.

Влияние других, кроме массовых долей, факторов на показания анализаторов следует учитывать по корреляционным связям в виде поправок по отклонениям от средних значений.

Выводы. Горстевой способ является упрощенным вариантом способа вычерпывания. Упрощение состоит в том, что в пробу попадает поверхностный слой опробуемого материала. Любой автоматический анализатор, используемый для опробования неперемешанных неподвижных масс и потоков, обладает систематической погрешностью.

Использование для сопоставления отдельных показаний анализаторов с результатами анализа точечных проб неэффективно, так как сопоставляются принци-

пиально отличающиеся друг от друга результаты опробования. В точечную пробу попадает материал короткого участка потока длиной несколько метров, а показания рентгенофлуоресцентного анализатора при экспозиции 40 с соответствуют материалу потока длиной 100 м и более. Различия массовых долей в таком случае могут достигать до 80 % отн.

Корреляционное поле правильно настроенного анализатора массовой доли должно соответствовать теоретической линии регрессии, проходящей через точки $(0,0)$ и $(\bar{\alpha}_T \text{ и } \bar{\alpha}_{ан})$.

Корректировать настройку по разовым точечным пробам нельзя. Следует использовать накопленные данные о показаниях $\alpha_{ан}$ и α_T за достаточно большой контрольный период. В представленном примере это 10 сут.

Целесообразно заменить отбор и анализ точечных проб применением эталона, конструктивно сопряженного с анализатором таким образом, чтобы можно было периодически корректировать показания анализатора.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козин В. З. Опробование минерального сырья. Екатеринбург: УГГУ, 2011. 316 с.
2. Технологические аспекты рационального недропользования М.: МИСИС, 2005. 576 с.
3. Морозов В. В., Хуралчулуун И., Дэлгэрбат Л. Управление процессами дробления и грохочения с использованием визиометрического анализа руды // Цветные металлы. 2021. № 7. С. 17–23.
4. Морозов В. В., Топчаев В. П., Улитенко К. Я., Ганбаатар В., Дэлгэрбат Л. Разработка и применение автоматизированных систем управления процессами обогащения полезных ископаемых. М.: Руда и металлы, 2013. 508 с.
5. Варламова С. А., Затонский А. В., Федосеева К. А. Исследование чувствительности к освещению метода бликового распознавания пен калийных флотационных машин // Обогащение руд. 2021. № 6. С. 29–33.
6. Морозов В. В., Столяров В. Ф., Коновалов Н. М. Повышение эффективности управления флотацией с использованием поточных анализаторов состава пульпы // Обогащение руд. 2003. № 4. С. 33–36.
7. Kejonen I., Haavisto O., Martikainen J., Suontaka V., Musuku B. Improving grade control efficiency with rapid on-line elemental analysis // Mineral Engineering. 2018. Vol. 124. P. 68–73.
8. Engström K., Esbensen K.H. Evaluation of sampling systems in iron concentrating and pelletizing processes – Quantification of Total Sampling Error (TSE) vs. process variation // Minerals Engineering. 2018. Vol. 116. P. 203–208.
9. Кудрявцев В. Ю., Галасс Т. Ю., Степанова И. С., Дробышев А. А. Технический контроль как инструмент повышения конкурентности продукции комбината // Горный журнал. 2022. № 6. С. 49–53.
10. Якимов И. С., Безрукова О. Е., Дубинкин П. С., Шиманский А. Ф. Рентгеновский технологический контроль на предприятиях горно-металлургического комплекса цветной металлургии // Цветные металлы. 2019. № 9. С. 56–62.
11. Ramsey M. H., Ellison S. L. R., Rostron P. Measurement uncertainty arising from Sampling: a guide to methods and approaches. 2 nd edition. Eurachem, 2019. 109 p.
12. Шеметов П. А. Управление качеством рудного потока при циклично-поточной технологии разработки сложноструктурных месторождений // Горный журнал. 2002. Спец. вып. С. 80–83.
13. Соколов А. Д., Демский М. И. Промышленная установка ГАА «Au-изомер» // Золотодобыча. 2021. № 12(277). С. 23–25.
14. OLGA: поточный анализатор золота Gekko Systems. URL: www.gekkos.com
15. Napier-Munn T. J., Whiten W. J., Faramarzi F. Bias in manual Sampling of rock particles // Minerals Engineering. 2020. Vol. 153. Art. 106260.
16. Ляпин А. Г. Новшества технического контроля // Горный журнал. 2019. № 7. С. 30–31.
17. Lotter N. O., Evans C. L., Engström K. Sampling – A key tool in modern process mineralogy // Minerals Engineering. 2018. Vol. 116. P. 196–202. DOI: 10.1016/j.mineng.2017.07.013
18. Гальянов А. В. Организация градуировочных исследований средств непрерывного контроля качества руды на конвейерных магистралях обогатительных фабрик. Горнотехнологические проблемы комплексного освоения недр. Екатеринбург: ИГД УРО РАН, 2003. С. 125–143.

Сведения об авторах:

Козин Владимир Зиновьевич – доктор технических наук, профессор, декан горно-механического факультета Уральского государственного горного университета. E-mail: gmf.dek@ursmu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7184-919X>

Комлев Алексей Сергеевич – кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры обогащения полезных ископаемых Уральского государственного горного университета. E-mail: tails2002@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2484-2726>

DOI: 10.21440/0536-1028-2023-6-68-78

Grab sampling method at dressing mills**Vladimir Z. Kozin¹, Aleksei S. Komlev¹**¹ Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia.**Abstract**

Introduction. The grab sampling method is used when it is impossible to collect a sample by dredging and when using the method of longitudinal sections. In case of automated sampling with on-stream analyzers only a grab sampling method is possible.

Theory. When using grab sampling, the results should be corrected since it is a simplified version of the dredging method. Corrections must be found based on the results of another correct sampling. Experience in such corrections determination has shown that, due to the large coefficients of point samples variation, only the results averaged over a large data set should be used for correction. Automatic analyzers analyze the sample which corresponds to grab sampling when sampling stationary masses and to grab sampling using the method of longitudinal sections when sampling the flows. Due to the shallow depth of sample collection, samples are represented by a thin layer of material on the surface of the sampled mass, the mass fraction of the components there differs from the average mass fraction of the component being determined. Automatic analyzers show sampling results with a systematic error. When calibrating analyzers, their readings are compared with the results of the analysis of point samples collected by the cross-section method. This means that fundamentally different samples are compared. Therefore, the calibration dependence obtained by comparing individual point samples results in a large random error. Only samples with small random errors should be compared. This is achieved by comparing both correct sampling mean values and analyzer readings over the same control period. During this period a large number of samples will be collected and a large number of analyzer readings will be recorded.

Experiment. A large difference between the analyzer readings and individual point sample test results has been experimentally established. The relative difference reaches 80%, but the difference in the mean values of the same quantity was 2% over the month. So the period for the necessary statistics collection should be large.

Keywords: correct sampling; grab method; automatic analyzer; point samples; control period.

The research was carried out with the support from the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation no. 0833-2023-0004 in accordance with the state assignment for the Ural State Mining University.

REFERENCES

1. Kozin V. Z. *Sampling mineral raw material*. Ekaterinburg: UrSMU Publishing; 2011. (In Russ.)
2. *Technological aspects of rational subsoil use*. Moscow: MISIS Publishing; 2005. (In Russ.)
3. Morozov V. V., Khurelchuluun I., Delgerbat L. Control over crushing and screening with the help of visimetric analysis of ore. *Tsvetnye metally = Non-Ferrous Metals Journal*. 2021; 7: 17–23. (In Russ.)
4. Morozov V. V., Topchaev V. P., Ulitenko K. Ia., Ganbaatar V., Delgerbat L. *Development and application of automated control systems for mineral beneficiation processes*. Moscow: Ruda i metally Publishing; 2013. (In Russ.)
5. Varlamova S. A., Zatonskii A. V., Fedoseeva K. A. Illumination sensitivity analysis for the speck-based froth detection method using potash flotation machines. *Obogashchenie rud = Mineral Processing*. 2021; 6: 29–33. (In Russ.)
6. Morozov V. V., Stoliarov V. F., Kononov N. M. Improving the efficiency of flotation control with the use of on-stream analyzers of pulp content. *Obogashchenie rud = Mineral Processing*. 2003; 4: 33–36. (In Russ.)

7. Kejonen I., Haavisto O., Martikainen J., Suontaka V., Musuku B. Improving grade control efficiency with rapid on-line elemental analysis. *Mineral Engineering*. 2018; 124: 68–73.
8. Engström K., Esbensen K. H. Evaluation of sampling systems in iron concentrating and pelletizing processes – Quantification of Total Sampling Error (TSE) vs. process variation. *Minerals Engineering*. 2018; 116: 203–208.
9. Kudriavtsev V. Iu., Galass T. Iu., Stepanova I. S., Drobyshev A. A. Product quality control as a tool of competitive recovery of Lebedinsky GOK. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2022; 6: 49–53. (In Russ.)
10. Iakimov I. S., Bezrukova O. E., Dubinkin P. S., Shimanskii A. F. X-ray technological control at enterprises of the mining and metallurgical complex of non-ferrous metallurgy. *Tsvetnye metally = Non-Ferrous Metals Journal*. 2019; 9: 56–62. (In Russ.)
11. Ramsey M. H., Ellison S. L. R., Rostron P. *Measurement uncertainty arising from Sampling: a guide to methods and approaches*. 2nd edition. Eurachem, 2019. 109 p.
12. Shemetov P. A. Controlling the quality of the ore flow under the cyclic-flow technology of complex structure deposits development. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2002; Spec. issue: 80–83. (In Russ.)
13. Sokolov A. D., Demskii M. I. Industrial installation GAA Au-isomer. *Zolotodobycha = Gold Mining*. 2021; 12(277): 23–25. (In Russ.)
14. OLGA: Gekko Systems on-stream analyzer of gold. (In Russ.) Available from: www.gekkos.com
15. Napier-Munn T. J., Whiten W. J., Faramarzi F. Bias in manual Sampling of rock particles. *Minerals Engineering*. 2020; 153: Art. 106260.
16. Liapin A. G. Innovations in inspection. *Gornyi zhurnal = Mining Journal*. 2019; 7: 30–31. (In Russ.)
17. Lotter N. O., Evans C. L., Engström K. Sampling – A key tool in modern process mineralogy. *Minerals Engineering*. 2018; 116: 196–202. Available from: doi: 10.1016/j.mineng.2017.07.013
18. Galianov A. V. Organizing calibration studies of means of ore quality continuous monitoring on processing plant conveyor lines. *Mining and technological problems of integrated subsoil development*. Ekaterinburg: IM UB RAS Publishing; 2003. P. 125–143. (In Russ.)

Received 19 May 2023

Information about the authors:

Vladimir Z. Kozin – DSc (Engineering), Professor, Dean of the Mining Mechanical Engineering Department, Ural State Mining University. E-mail: gmf.dek@ursmu.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7184-919X>
Aleksei S. Komlev – PhD (Engineering), senior researcher, Mineral Processing Department, Ural State Mining University. E-mail: tails2002@inbox.ru; <https://orcid.org/0000-0002-2484-2726>

Для цитирования: Козин В. З., Комлев А. С. Горстевой способ отбора проб на обогатительных фабриках // Известия вузов. Горный журнал. 2023. № 6. С. 68–78. DOI: 10.21440/0536-1028-2023-6-68-78
For citation: Kozin V. Z., Komlev A. S. Grab sampling method at dressing mills. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = Minerals and Mining Engineering*. 2023; 6: 68–78 (In Russ.). DOI: 10.21440/0536-1028-2023-6-68-78