

4. Kravchenko V.P. and Ruskykh V.P., State higher educational institution "Azov state technical university" (2016), Ustanovka dlia granuliatsii rasplavu shlaku [Slag granulation plant], State Register of Patents of Ukraine, Kiev, UA, Pat. № 106822.

© Kravchenko V.P., Gankevich V.F., Polushyna M.V., Livak O.V., 2019

*Надійшла до редколегії 04.11.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. В.П. Худутим*

УДК 622.73

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25487.82082>

А.В. ГАВРИЛКО

(Україна, Днепр, ГВУЗ «Український державний хіміко-технологічний університет»)

МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ К ОПРОБОВАНИЮ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Постановка проблеми. Особу роль в обогащении полезных ископаемых отводится опробованию, как методу получения информации о свойствах перерабатываемого сырья. В процессе поисков и разведки опробование месторождений полезных ископаемых производится с целью установления их состава и качества для дальнейшего обогащения и использования в промышленности. Данные результатов опробования представляют собой одну из основных составляющих геолого-экономической оценки месторождения. Для подсчета промышленных запасов, выбора способа извлечения и схемы переработки полезных ископаемых используют результаты опробования. Значительные капитальные и эксплуатационные затраты идут на получение такой массы информации. И обогатительные фабрики идут на такие затраты, что подчеркивает прямое влияние опробования на экономические результаты расчета, говорит о важности опробования.

Опробование является весьма специфичным процессом получения информации об исследуемых полезных ископаемых. Для ее получения необходимо выполнять определенные правила отбора, подготовки и анализа проб [1]. На основании такого опробования оценка содержания ценного минерала должна быть достоверной и соответствовать содержанию его в месторождении. Таким образом, вопрос метода выбора оптимального размера пробы всегда является актуальным.

Цель работы заключается в анализе методов опробования минерального сырья для оценки его показателей.

Получение необходимой информации о свойствах некоторой массы продукта является основной целью опробования. В практике обогащения и переработки полезных ископаемых процесс опробования понимается как выбор из общего массива некоторого количества материала, который обладает всеми ос-

новними свойствами общего массива. Выбранное количество материала называется пробой.

Содержание исследований.

По своему назначению пробы бывают аналитические и технологические. *Аналитическими* называют пробы, предназначенные для проведения анализа свойств массива. К этой группе относятся минералогические и химические пробы. Главная трудность этих проб – сохранение тождественности со всем массивом. Это легко реализовать для однородной массы. Однако в природе залежи полезных ископаемых представляют собой весьма неоднородные массивы, зависящие от совокупности сложных геохимических и геологических процессов. Если полезное ископаемое добыто в малом количестве, то при тщательном перемешивании можно получить однородную пробу. Однако в общем случае при опробовании больших массивов возникает сложность с определением массы или объема пробы.

Все массивы, которые опробуются, всегда неоднородны и, несмотря, даже на тщательное перемешивание исследуемых массивов, их можно лишь условно считать однородными. Средняя массовая доля компонента – это, как правило, наиболее распространенная характеристика опробуемого неоднородного массива. Распределение массовой доли показывает, как часто могут встретиться те или иные значения этой величины в массиве. Выполнение анализа всего массива невозможно, поэтому необходимо отбирать пробу, измерять ее характеристики и впоследствии сравнить результаты опробования со средними характеристиками всего массива.

Неравномерность содержания полезного ископаемого в опробуемой массе можно учесть средним квадратическим отклонением отдельных измерений (частичных проб). При опробовании эта величина характеризует амплитуду колебаний среднего содержания ценного компонента в частичных пробах. По среднему квадратическому отклонению частичных проб и отношению его к среднему арифметическому, выраженному в процентах и называемому вариационным коэффициентом, можно определить число частичных проб [2]. При этом в общей пробе погрешность содержания ценного компонента не будет выше заданной.

Величина неравномерности содержания ценного компонента в руде (величина показателя степени изменчивости) определяется опытным путем и зависит от нескольких параметров – свойств руды: от крупности вкраплений, от содержания ценного компонента в опробуемой массе и веса частичных проб. Эти факторы влияют на показатель степени изменчивости по-разному. В частности, чем крупнее вкрапления, тем больше колебания в содержании ценного компонента по отдельным пробам, значит тем больше коэффициент вариации. Чем выше содержание ценного компонента в опробуемой массе, тем меньше вариационный коэффициент. И, наконец, чем больше вес частичных проб, тем со-

держание ценного компонента в них ближе к среднему содержанию в опробуемой массе, следовательно, тем меньше вариационный коэффициент.

Из последней зависимости вытекает, что при больших массах частичных проб необходимо будет меньшее их число для общей пробы с условием не превышения заданной погрешности. Однако многочисленные исследования [2] показали, что масса и число проб влияют на точность опробования в разной степени. Изменение числа частичных проб существенно влияет на точность опробования, а изменение массы проб имеет меньшее влияние. Минимальная масса проб определяется гранулометрическим составом опробуемого материала. Таким образом, коэффициент изменчивости оказывается различным не только для основных видов руд, но даже для разных сортов (месторождений) одной руды.

После проведения проб массива и добычи руды, необходимо определить возможные пути ее обогащения. Для этого используют *технологические пробы*. С целью определения параметров процесса переработки сырья, необходимо знать его признаки. Сырье для переработки поставляется в дробленном виде и складировается штабелем на складах. Обычно это сырье и опробуется. На этапе подготовки к обогащению исследуют различные характеристики минерального сырья, анализируя несколько видов проб.

Проба на влажность используется для учета наличия влаги в сырой руде для взаиморасчетов между обогатительной фабрикой и рудником, между обогатительной фабрикой и металлургическим комбинатом, когда учитывается только вес сухого продукта. Влажность руды учитывают и в обогатительном процессе, в особенностях дробления и грохочения.

Проба для ситового анализа производится для изучения количественного распределения руды по крупности, что позволяет определить степень загрузки измельчительных аппаратов, контролировать их работу, оптимизировать обогатительный цикл.

Наиболее явным показателем сырья является размер кусков. С этим показателем, естественно связывали и массу пробы, которую необходимо взять для анализа.

Первая попытка выразить связь между весом начальной пробы и крупностью кусков или частиц опробуемого материала принадлежит Везину [3]. Он считал, что число частиц или кусков в начальной пробе должно быть равно числу частиц в навеске для химического анализа, т. е. должно быть сохранено отношение

$$\frac{q_1}{q_2} = \frac{d_1^3 \delta n}{d_2^3 \delta n} = \frac{d_1^3}{d_2^3},$$

где q_1 – навеска для химического анализа; q_2 – вес начальной пробы; d_1 – конечная крупность частиц в навеске для химического анализа; d_2 – крупность частиц или кусков в пробе; δ – удельный вес кусков; n – число частиц.

Эта формула часто не соответствовала действительности. Были получены удачные регрессионные зависимости типа: $q = kd_{\max}^{\alpha}$. Так, Чечотт и Ричардс [4] на основе экспериментов предложили использовать формулу с показателем степени 2. Эта зависимость оказалась настолько удачной, что ее включили во все стандарты по опробованию сырья.

Однако теоретически эта формула не была обоснована и иногда не соответствовала практике. Поэтому Демонд и Хальфердаль предложили использовать общий вид формулы с неопределенной степенью α , которую экспериментально определяли по методике, разработанной позже П. Л. Каллистовым. Несколькими отличными был вариант, предложенный К.Л. Пожарицким [5], который предложил дифференцированные показатели степени от 1,8 до 2,25 для трех видов вкрапленностей. Коэффициенты K и α определяли для характерных видов сырья: железные руды, марганцевые, медные, золотосодержащие и др. Показатель также подбирали экспериментально. Да и вопрос выбора размера кусков тоже был определен субъективно. Если это средняя крупность, то нужно определять размер пробы для оценки этой величины. Если это максимальная крупность, то при оформлении штабеля имеет место сегрегация. При этом крупные куски сосредотачиваются на краях штабеля, у его подножия, и определить максимальный кусок сложно.

В дальнейшем, одного коэффициента оказалось мало и возможности формулы расширили за счет показателя. Так называемые расширенные формулы предлагались В.И. Мелких, Д.А. Красновым, [6]. Особенностью развернутых формул является использование размера кусков в третьей степени. Таким образом, формула приобрела вид: $q = kd^3$.

Ю.К. Панов и М.Н. Альбов предложили переход от размера кусков к размеру вкраплений [7]. Коэффициент, связывающий размер вкраплений с минимальной массой определялся по теоретически полученной формуле. Единственный недостаток этого метода состоит в том, что исследовался частный случай – опробование хромовых руд.

Многочисленные исследования закономерности изменения минимальной массы пробы с изменением размера кусков опробуемой массы показали, что показатель степени, равный трем, соответствует лишь вскрытым продуктам, т.е. состоящим из кусков чистого ценного продукта и кусков породы. В остальных случаях показатель степени снижается и может быть в диапазоне от трех до нуля в зависимости от характера вкрапленности ценного продукта. Однако суммарный показатель степени при размере кусков и размере вкраплений остается равным трем.

Новые теоретические разработки по опробованию сосредоточились на исследовании погрешностей опробования [8]. Кроме того, рассмотрено опробование путем отбора кусков полезного ископаемого - покусковое опробование с гипотезами о наличии некоторого раскрытия ценного минерала при изменении крупности кусков.

Аналізуючи роботи по опробованню масивів корисних копалин, приходимо до висновку, що найважливішим показником опробовання є кількість кусків n (частиць) масиву, які необхідно відібрати в пробу. Дане число безпосередньо залежить від співвідношень точності, яку потрібно забезпечити σ_3 , і точності вимірювання або відбору, або неоднорідності розподілу компонентів σ .

Була виведена формула в теорії ймовірності, яка показує залежність цих показників між собою:

$$\sigma_3 = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \sigma_3^2 = \frac{\sigma^2}{n}.$$

Звідси випливає, що знаючи показник точності досліджуваного масиву, ми зможемо визначити об'єм проби. Таким чином, розмір частинок грає першорядну роль у формуванні об'єму проби. І при цьому якась явна залежність відсутня. Це говорить про те, що показники розкриття залежать ще від багатьох параметрів. І завдання опробовання в обогаченні полягає в тому, щоб знайти залежність між можливим вмістом цінного матеріалу в частинці або в куску і її розміром.

В даний час розроблено багато нових методів визначення властивостей матеріалу на основі комп'ютерних технологій. Нові методи відрізняються від традиційної схеми опробовання в 3 етапи: відбір проби, її підготовка, аналіз навески. Методи сучасної геофізики дозволяють виключити середнє ланка, а замість відбору проб виділяють необхідний ділянку без фізичного вилучення проби, при цьому аналіз поєднується з виділенням. Головною перевагою геофізичних методів опробовання є можливість об'єднати в єдине ціле оперативне опробовання всієї технологічної ланки – від видобутку корисного копалини до транспортування концентрату обогачувальної фабрики. З допомогою датчиків аналізуються деякі частини опробованого масиву, результати цих аналізів математично обробляються, отримують в результаті числову характеристику опробованого масиву.

Опробовання нерозривно пов'язано з контролем процесу обогачення [9-10]. В цій області застосування опробовання існують декілька напрямків:

- управління якістю вхідного сировини на ГОКах;
- управління якістю випущеної продукції шляхом вибору режимів переробки, формування партій, усереднення концентратів;
- управління технологічними параметрами процесу.

Сучасні комплексні системи управління якістю продукції виконують роботу, починаючи з відбору проб.

Висновки. Закономерності опробовання залежать від значень обогачувальних ознак корисного копалини і від його текстурно-структурних ознак. Для вдосконалення результатів аналітичних проб необхідно

Загальні питання технологій збагачення

дальнейшее уточнение методики расчета минимальной массы пробы и их количества.

Список литературы

1. Козин В.З. Контроль технологических процессов обогащения: Конспект лекций. – Екатеринбург, 2003. – 161 с.
2. Хан Г.А. Опробование и контроль технологических процессов обогащения. – М.: Недра, 1979. – 320 с.
3. Козин В.З. Опробование и контроль технологических процессов обогащения. М.: – Недра, 1985. – 294 с.
4. Чечотт Г.О. Опробование и испытание полезных ископаемых. – М.-Л.: ОНТИ, 1932. – 143 с.
5. Пожарицкий К.Л. Опробование месторождений цветных металлов и золота. – М.: Металургиздат, 1947.
6. Краснов Д.А. Теоретические основы и расчетные формулы определения веса проб. – М.: Недра, 1969.
7. Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. – М., Недра, 1975.
8. Козин В.З., Тихонов О.Н. Опробование, контроль и автоматизация обогатительных процессов: Учеб. Для вузов. – М.: Недра, 1990. – 343 с.
9. Серго Е.Е. Опробование и контроль технологических процессов обогащения. – К.: Вища школа, 1979.
10. Випробування і контроль процесів збагачення корисних копалин: Навчальний посібник / І.К. Младецький, П.І. Пілов, К.А. Левченко, Я.Г. Куваев. – Дніпро: Журфонд, 2019. – 204 с.

© Гаврилко А.В., 2019

*Надійшла до редколегії 24.10.2019 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 621.9.013.2

<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.25487.82082>

О.Ю. ЖУРАВЕЛЬ

(Україна, Дніпро, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»)

МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ КУТІВ СТРУЖКОУТВОРЕННЯ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПРОЦЕСУ ТОЧІННЯ БУРОВОЇ КОРОНКИ

У статті розглядається метод визначення кутів стружкоутворення, а саме внутрішнього тертя-зсуву та зовнішнього тертя-ковзання при точінні корпусу бурової коронки. Вивчаються співвідношення кутів з використанням моделювання напружено-деформованого стану, методу найменших квадратів та графоаналітичного методу розрахунку. Методика досліджень базується на застосуванні елементів теорії різання стосовно схеми утворення зливної стружки і моделі пластичної деформації металу з однією поверхнею зсуву при вільному рі-