

Б. Б.Зобнин, Ба Г. Мамаду,  
*Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОВАРНОЙ ПРОДУКЦИИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ПРИ ОЧИСТКЕ ШАХТНЫХ ВОД**

A methodological approach to the use of statistical properties of highly dispersed metal powder obtained during mine water treatment is proposed to assess the stability of powder batches based on average grain sizes and pore sizes.

Сформированные в результате добычи и переработки медно-колчеданных руд техногенные воды по качественно-количественным показателям сопоставимы с забалансовыми рудами и образуют техногенное гидроминеральное сырье. Технология, разрабатываемая нашим коллективом, позволяет очистить рудничную воду до требуемой степени и выделить твердый нерастворимый осадок для дальнейшей переработки. Она реализуется в мобильном технологическом комплексе, устанавливаемом в местах самоизлива рудничных вод.

Шахты, находящиеся на мокрой консервации, относятся к слабоструктурированным объектам с нестабильным функционированием и неопределенностью данных [1, 2].

Одним из перспективных товарных продуктов, который может быть получен при переработке и утилизации техногенных вод горных предприятий, является высокодисперсный металлический порошок. Порошок может быть спрессован в таблетки. Спеченные таблетки характеризуются объемной пористостью (равномерностью распределения и размерами пор) по шлифу.

Основными свойствами порошков, влияющими на условия формирования и свойства компактного материала, являются дисперсионные, реологические и структурно- морфологические характеристики [3].

Многочисленность частиц, из которых сформирована таблетка, позволяет считать распределение частиц по размерам непрерывным и характеризовать его функцией плотности распределения  $f(v)$ . Тогда  $f(v)dv$  – число частиц в единице

объема смеси, из которых формируются таблетки. Объемы частиц заключены в интервале от  $v$  до  $v+dv$ .

Согласно правилам международной сертификации качества (*ISO 10017:2003* «Руководство по статистическим методам применительно к ИСО 9001:2000») одним из ключевых пунктов построения эффективной системы менеджмента качества является применение методов прикладного статистического анализа данных для управления качеством, как для отдельного технологического процесса, так и их совокупности.

Задача заключается в том, чтобы на основе анализа ограниченной выборки, характеризующей товарный продукт, с неизвестной средней и известной погрешностью наблюдения  $\sigma$  принять одну из двух гипотез:

$$H_0: \mu \leq \mu_0 \text{ или } H_1: \mu \geq \mu_1 .$$

Выбор нулевой гипотезы основан на общем принципе, гласящем, что теория должна быть отвергнута, если есть противоречащий ей факт, но не обязательно должна быть принята, если такого факта нет.

Существует два типа ошибок, связанных с принятием гипотез. Если гипотеза  $H_0$  верна, а принято решение отвергнуть  $H_0$ , то допущена ошибка первого рода. Если верна гипотеза  $H_1$ , а принимается решение  $H_0$ , то допущена ошибка второго рода.

Произведем оценку стабильности партий порошка по средним размерам зерна и размерам пор. Исходные данные сведены в таблицу.

Стабильность будем оценивать с использованием генеральной средней, рассчитанной по выборочной средней. Сначала вычислим для каждой партии выборочное среднее размера зерна и размера пор (полученные результаты приведены в таблице), после этого вычислим генеральное среднее генеральной совокупности для каждой характеристики. Для размера зерна генеральное среднее равно  $d_r = 9,78$  мкм, для размера пор  $K_r = 98,73$  %. Чтобы оценить стабильность необходимо знать границы доверительных интервалов, покрывающих неизвестный параметр с заданной надежностью.

Значения размеров зерен и пор

№ Партия	Размер зерна $d_i$ , мкм			Ср. размер зерна, мкм	Размер пор $K_i$ , %			Ср. размер пор, %
	2	3	4		5	6	7	
174	8	9,9	9,7	9,20	99,2	99,6	99,5	99,43
175	8,9	10,1	9,7	9,57	98,5	97,6	97,5	97,87
200	9,8	9,4	9,3	9,50	97,6	97,8	98,3	97,90
178	9,8	9,9	10,5	10,07	98,7	98,7	98,9	98,77
180	12,5	9,5	9,9	10,63	97	98,7	98,8	98,17
239	10,1	9,6	10,4	10,03	98,4	99	98,2	98,53
234	9,9	9,4	8	9,10	99,1	99,6	99,4	99,37
233	9,3	9,8	9,9	9,67	98,1	97,9	98	98,00
233	9,9	10,4	9,9	10,07	98,3	98,7	98,8	98,60
268	10,4	10,1	10,5	10,33	99,2	99,1	99	99,10
234	8,1	8,7	10,2	9,00	99,4	99,2	99,3	99,30
201	9,9	9,9	9,8	9,87	98,8	99,1	99	98,97
232	8	7,9	8,1	8,00	98,6	98,4	98,7	98,57
235	8,9	9,7	10,6	9,73	98,9	99,1	98,9	98,97
252	9,3	9,8	9,6	9,57	99,1	99	98,9	99,00
270	8,6	10,7	11,2	10,17	98,7	99	98,9	98,87

Случайные величины  $d$  и  $K$  подчиняются нормальному закону распределения с известными средними квадратичными отклонениями:

$$\sigma_d = 0,4 \text{ мкм и } \sigma_k = 0,4\%.$$

Без учета погрешности измерений в качестве предупредительных границ выбираем прямые:

$$x - t \cdot \sigma / \sqrt{n}, x + t \cdot \sigma / \sqrt{n}, \quad (1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратичное отклонение;

$n$  – объем выборки;

$t$  – определяется из равенства  $2\Phi(t) = 0,95$  или  $\Phi(t) = 0,475$ ;  $t = 2,03$ .

Доверительный интервал для размера зерна имеет следующие границы:  $9,31 < d_i < 10,25$  и для размера пор –  $98,26 < K_i < 99,2$ .

Попадание среднего размера зерна или среднего размера пор в одну из полос между прямыми  $a + 2\sigma/\sqrt{n}$  и  $a + 3\sigma/\sqrt{n}$  или между прямыми  $a - 3\sigma/\sqrt{n}$  и  $a - 2\sigma/\sqrt{n}$  означает необходимость изменения настройки печи спекания.

Если выборочное среднее партии попадает в доверительный интервал, то изменения настройки не требуется. В соответствии с данными, приведенными в таблице 1, требуемый средний размер зерна порошка не воспроизводится в 36,3 % партий, что требует коррекции технологического режима печи спекания. На рисунках 1 и 2 представлены графики изменения размера зерна и размера пор соответственно, генеральное среднее и границы доверительных интервалов.



Рис. 1. Изменение размера зерна

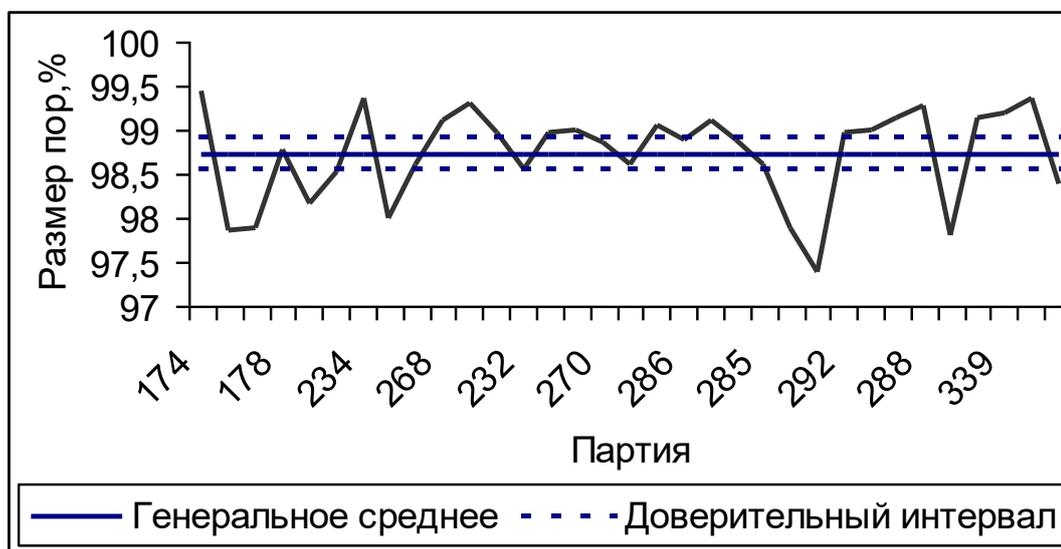


Рис. 2. Изменение размера пор

Дестабилизация технологического режима происходит в случайный момент времени, что вызывает систематическое отклонение диаметра частиц от стандарта или увеличение разброса при том же среднем.

Дестабилизация приводит к тому, что диаметры таблеток, выпущенных в момент и позже, имеют распределение  $p_1(d_{\text{п}})$ , отличное от  $p_0(d_{\text{п}})$ .

Апробация предложенного нами методического подхода к использованию статистических свойств высокодисперсного металлического порошка на конкретных примерах показывает перспективность этого подхода.

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зобнин, Б. Б. Эволюция техногенных минеральных образований как источников экономического и экологического рисков // Известия УГГУ. Серия: горное дело, – 2005. – Вып. 21. – С. 138–143.

2. Зобнин, Б. Б., Маков, А. А., Ба Мамаду Гандо. Виды неопределенностей, возникающих при оценке инвестиционных проектов переработки шахтных вод // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: электронный научный журнал. – 2019. – Вып. 2 (40).

3. Котельников, Р. Б., Башлыков, С. Н., Каштанов, А. И., Меньшикова, Т. С. Высокотемпературное ядерное топливо / Р. Б. Котельников [и др.]. – М.: Атомиздат, 1978. – 432 с.