

УДК 553.494 +553.641:550.85 (477)

В. М. Харитонов

Криворізький національний університет, Кривий Ріг, Україна

Каскадне дев'яти-точечне опробування крупноуламкового матеріалу корінних Р-Ті-руд під час вирішення питань прикладної мінералогії

Визначено константи формули Гая для крупно-уламкового матеріалу фосфор-титанових руд Кропивенського родовища. Фактори форми (f), розмірності (g), свободи (l) і мінерального складу (m) дорівнюють 0,30, 0,10, 0,05, 3,30. Висунуто припущення про доцільність прийняття точності мінералогічних досліджень на рівні $\pm 1,0\%$. Для цього пропонується з первинної проби відібрати по шість рядових проб в дев'яти різних точках. Після зменшення розміру уламків і конування знову відібрати 54 рядові проби. Операцію повторювати до досягнення крупності уламків 1×1 см, з яких будуть виготовлені препарати для мікроскопічних досліджень.

Ключові слова: фосфор-титанова руда, проби.

Підготовка родовищ корінних фосфор-титанових руд до експлуатації передбачає попереднє дослідження сировини на збагачуваність. Обов'язкове мінералогічне забезпечення таких робіт включає вивчення мінерального складу вихідних проб і продуктів їх переробки. Кількісні мінералогічні дослідження вихідних технологічних проб базуються на їх вторинному опробуванні, яке полягає у відборі рядових мінералогічних проб, з яких виготовляють поліровані і прозорі шліфи з розміром поперечного зрізу близьким до 10×15 мм. По суті перед працівниками мінералогічної служби стоїть задача скоротити первинну пробу, зі збереженням у вторинній пробі достовірності мінералогічної інформації, яку можна отримати під час вивчення петрографічних і мінераграфічних препаратів.

Традиційно така задача вирішується вітчизняними дослідниками за допомогою формули Річардса-Чечотта [2], за якою визначають масу скороченої проби для матеріалу певної крупності; або крупність до якої слід дезінтегрувати пробу, щоб можна було скоротити половину її маси. Скорочення проводять квартуванням з конусуванням.

Фахівці західної школи використовують формулу Гая. Математично вона складніша, в ній фігурують чотири фактори (форми, розмірності, свободи і мінерального складу) [1]. Для порівняння в формулі Річардса-Чечотта використовують лише один – фактор свободи, який зветься коефіцієнтом неоднорідності. Скорочення ж проводять також квартуванням або дев'яти-точечним опробуванням, коли з первинної проби після конусування відбираються дев'ять рядових проб за схемою зображеною на рис. 1.

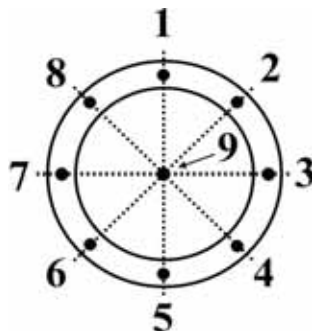


Рис. 1. Схема дев'яти-точечного опробування [1].

В попередній роботі, за участю автора (В. М. Харитонов, Т. А. Олійник, 2011), наголошувалось про переваги застосування дев'яти-точечного скорочення з використанням формули Гая. Також було доведено, що значення факторів в цій формулі не можуть бути сталими

для сировини з різним розміром уламків. Визначенню констант фосфор-титанових руд (формула 1) Кропивенського родовища, складених з крупних уламків (близько 500,0 мм), а також обґрунтуванню методики вторинного дев'яти-точечного опробування присвячена робота автора.

За формулою Гая [1, 3] маса скороченої проби визначається:

$$M_S = (Cd^3M_L)/(M_L\sigma^2 + C), \quad (1)$$

де M_L – маса первинної проби, г;
 M_S – маса проби після скорочення, г;
 C – константа матеріалу, г/см³;
 d – розмір самої крупної частинки, см;
 σ^2 – статистична похибка.

$$C = fglm \quad (2)$$

де f – фактор форми; g – фактор розмірності; l – фактор свободи; m – мінералогічний фактор:

$$m = \frac{1-a}{a} [(1-a)r + at] \quad (3)$$

де a – середній вміст частинок мінералу в матеріалі; t – середня густина порожньої породи;
 r – середня густина корисного мінералу.

Враховуючі, що M_L прямує до нескінченності, порівняно з масою скороченої проби, то формула (1) може прийняти вигляд:

$$M_S = Cd^3/\sigma^2 \quad (4)$$

Для крупно-уламкового матеріалу руд, коли розмір штуфів, або бутів, значно перевищує розмір зерен рудних мінералів (в сотні чи тисячі разів) фактори форми f і розмірності g слід визначати для уламків руди, а не для мінеральних індивідів.

Фактор форми (f) – коефіцієнт, який переводить об'єм кубу любого розміру в об'єм більш реального уламку відповідної розмірності. Для зручності f часто беруть рівним 0,5, саме на стільки відрізняється об'єм кубу з ребром d від об'єму кулі з відповідним діаметром. Тобто,

$$f = \frac{V_{кул}}{V_{куб}} = \left(\frac{4\pi R^2}{3(2R)^2} \right) = \frac{\pi}{6} = 0,5 \quad (5)$$

Для напівпромислових досліджень проби фосфор-титанових руд родовищ України, зокрема Кропивенського, представлені бутівним матеріалом – продуктом гірничих вибухів (рис.2). За результатами оцінки форми уламків встановлено, що вона наближена до призми і за об'ємом становить близько третини кубу з ребром d . Отже фактор f буде дорівнювати 0,3.



Рис. 2. Загальний вигляд технологічної проби фосфор-титанових руд Кропивенського родовища.

Фактор розмірності (g). Для бутових уламків фактор g визначався за варіацією найбільшого розміру уламків. Всього було виконано 60 замірів. Інтервал значень розміру становив 17,00-560,10 мм, середньоарифметичне значення показника – 30,43, стандартне відхилення – 12,42, коефіцієнт варіації – 40,82. За останнім значенням досліджена сировина буде відповідати III-й категорії неоднорідності [2]. Отже, фактор g слід прийняти рівним 0,1.

Фактор свободи (l) визначався за коефіцієнтом варіації вмісту двооксиду титану в рядових пробах, відібраних з керового матеріалу свердловин, пробурених на попередніх стадіях геологічних робіт (1162 хімічних аналізів). Для руд Кропивенського родовища він становить 0,05.

Фактор мінерального складу (m) для крупноуламкового матеріалу проб можна прийняти рівним значенню густини руди. Значення ρ кропивенських руд становить – 3300 кг/м³.

Маса первинних напівпромислових проб сягає понад сотню тон. Автором було прийняте наближене до реального значення M_L – 150,0 тон.

Значення *статистичної похибки* σ^2 відповідає певному рівню точності мінералогічних досліджень. Так, для точності $\pm 3,0\%$, σ буде дорівнювати 0,03, а σ^2 – 0,0009 [3]. Для розрахунку маси скорочених проб за формулами (1) і (4), були вибрані декілька варіантів значень похибки, які відповідають точності $\pm 5,0\%$, $\pm 2,0\%$, $\pm 1,0\%$ і $\pm 0,5\%$.

Скорочення бутового матеріалу напівпромислоих проб пропонується проводити каскадним дев'яти-точечним способом. За допомогою формули Гая для матеріалу з вихідним розміром уламків d і первинною масою M_L визначається маса вторинної проби M_s . Так як скорочена проба складатиметься з дев'яти рядових, то маса однієї рядової буде дорівнювати $M_s/9$. Після зменшення розміру уламків, значення M_s приймають за M_L , а нове значення M_s вираховується за допомогою формули. Операції повторюються доки розмір уламків не стане близьким до розміру мінераграфічних і петрографічних препаратів (табл. 1).

Табл. 1. Маса скороченої (M_s) і рядової (M_i) проб, розрахованих для бутового матеріалу різної крупності, за повною (А) і скороченою (Б) формулами Гая

d, cm	M_L , г	А		Б		σ^2	σ	точність, %
		M_s , г	$M_i = M_s/9$, г	M_s , г	$M_i = M_s/9$, г			
50,0000	15000000,000	254999,9965	28333,3329	255000,0000	28333,3333	0,0025	0,0500	5,0000
30,0000	254999,9965	55079,5594	6119,9510	55080,0000	6120,0000			
10,0000	55079,5594	2039,9244	226,6583	2040,0000	226,6667			
5,0000	2039,9244	254,7452	28,3050	255,0000	28,3333			
3,0000	254,7452	54,6424	6,0714	55,0800	6,1200			
1,0000	54,6424	1,9666	0,2185	2,0400	0,2267			
50,0000	15000000,000	1593749,8645	177083,3183	1593750,0000	177083,3333	0,0004	0,0200	2,0000
30,0000	1593749,8645	344247,2460	38249,6940	344250,0000	38250,0000			
10,0000	344247,2460	12749,5278	1416,6142	12750,0000	1416,6667			
5,0000	12749,5278	1577,6519	175,2947	1593,7500	177,0833			
3,0000	1577,6519	341,4902	37,9434	344,2500	38,2500			
1,0000	341,4902	12,2911	1,3657	12,7500	1,4167			
50,0000	15000000,000	6374997,8325	708333,0925	6375000,0000	708333,3333	0,0001	0,0100	1,0000
30,0000	6374997,8325	1376988,9841	152998,7760	1377000,0000	153000,0000			
10,0000	1376988,9841	50998,1112	5666,4568	51000,0000	5666,6667			
5,0000	50998,1112	6368,6311	707,6257	6375,0000	708,3333			
3,0000	6368,6311	1366,0606	151,7845	1377,0000	153,0000			
1,0000	1366,0606	49,1645	5,4627	51,0000	5,6667			
50,0000	15000000,000	25499965,3200	2833329,4800	25500000,0000	2833333,3333	0,00003	0,0050	0,5000
30,0000	25499965,3200	5507955,9363	611995,1040	5508000,0000	612000,0000			
10,0000	5507955,9363	203992,4447	22665,8272	204000,0000	22666,6667			
5,0000	203992,4447	25474,5245	2830,5027	25500,0000	2833,3333			
3,0000	25474,5245	5464,2423	607,1380	5508,0000	612,0000			
1,0000	5464,2423	196,6580	21,8509	204,0000	22,6667			

Отже, з первинної напівпромислової проби масою 150 000,0 кг і розміром уламків 50,0 см, для мінералогічних досліджень, наприклад, з точністю $\pm 2,0\%$, слід відібрати вторинну пробу масою близько 1600,0 кг, маса рядової проби буде становити трохи більше ніж 177,0 кг. Якщо, з врахуванням густини руди (наприклад, $3,3 \text{ г/см}^3$) і об'єму одного її уламку ($V=d^3*f=425000*0,3$), визначити його масу, вона буде дорівнювати $m_i=\rho V=127500,0 \text{ г}=127,5 \text{ кг}$. Виходить, що взяти уламок в одній з дев'яти точок, буде недостатнім для збереження прийнятого рівня точності, а взяти два уламки – буде забагато. Вирішити виявлену проблему пропонується так.

Масу скороченої проби M_s визначати як суму мас уламків M_i . Останню розраховувати за формулою $m_i=\rho V$. Підставивши значення факторів f, g, l і m , а також мас M_L і M_s у формулу Гая, визначити σ^2 , потім σ . Перевести останнє значення у відсоткову форму. Змінюючи кількість рядових проб M_i змінювати значення σ , так щоб рівень точності не було перевищено. Кількість M_i обирати кратну дев'яти (табл 2).

Табл. 2. Маса скороченої (M_s) і кількість (N_{Mi}) рядових проб, що її складають розраховані для будового матеріалу різної крупності, за повною (А) і скороченою (Б) формулами Гая

d, cm	M_L , г	M_s , г	N_{Mi} , шт.	А			Б		
				σ^2	σ	точність, %	σ^2	σ	точність, %
50,0000	150000000,0000	1147500,0000	9	0,0006	0,0235	2,3480	0,0006	0,0236	2,3570
30,0000	1147500,0000	247860,0000		0,0004	0,0209	2,0870	0,0006	0,0236	2,3570
10,0000	247860,0000	9180,0000		0,0005	0,0231	2,3130	0,0006	0,0236	2,3570
5,0000	9180,0000	1147,5000		0,0005	0,0220	2,2048	0,0006	0,0236	2,3570
3,0000	1147,5000	247,8600		0,0004	0,0209	2,0870	0,0006	0,0236	2,3570
1,0000	247,8600	9,1800		0,0005	0,0231	2,3130	0,0006	0,0236	2,3570
50,0000	150000000,0000	2295000,0000	18	0,0003	0,0165	1,6539	0,0003	0,0167	1,6667
30,0000	2295000,0000	495720,0000		0,0002	0,0148	1,4757	0,0003	0,0167	1,6667
10,0000	495720,0000	18360,0000		0,0003	0,0164	1,6355	0,0003	0,0167	1,6667
5,0000	18360,0000	2295,0000		0,0002	0,0156	1,5590	0,0003	0,0167	1,6667
3,0000	2295,0000	495,7200		0,0002	0,0148	1,4757	0,0003	0,0167	1,6667
1,0000	495,7200	18,3600		0,0003	0,0164	1,6355	0,0003	0,0167	1,6667
50,0000	150000000,0000	6885000,0000	54	0,0001	0,0094	0,9399	0,0001	0,0096	0,9623
30,0000	6885000,0000	1487160,0000		0,0001	0,0085	0,8520	0,0001	0,0096	0,9623
10,0000	1487160,0000	55080,0000		0,0001	0,0094	0,9443	0,0001	0,0096	0,9623
5,0000	55080,0000	6885,0000		0,0001	0,0090	0,9001	0,0001	0,0096	0,9623
3,0000	6885,0000	1487,1600		0,0001	0,0085	0,8520	0,0001	0,0096	0,9623
1,0000	1487,1600	55,0800		0,0001	0,0094	0,9443	0,0001	0,0096	0,9623
50,0000	150000000,0000	25245000,0000	198	0,00002	0,0046	0,4583	0,00003	0,0050	0,5025
30,0000	25245000,0000	5452920,0000		0,00002	0,0044	0,4449	0,00003	0,0050	0,5025
10,0000	5452920,0000	201960,0000		0,00002	0,0049	0,4931	0,00003	0,0050	0,5025
5,0000	201960,0000	25245,0000		0,00002	0,0047	0,4701	0,00003	0,0050	0,5025
3,0000	25245,0000	5452,9200		0,00002	0,0044	0,4449	0,00003	0,0050	0,5025
1,0000	5454,9200	201,9600		0,00002	0,0049	0,4931	0,00003	0,0050	0,5025

Дані з таблиці 2 доводять, якщо з первинної проби поступово відбирати по дев'ять уламків з матеріалу різної крупності, то рівень точності мінералогічних досліджень буде становити менше ніж $\pm 3,0\%$. Для точності досліджень на рівні $\pm 1,0\%$ з матеріалу певної крупності необхідно відібрати по шість уламків в кожній з дев'яти точок. Коли ж в точках відбору взяти по 22 уламка, точність мінералогічних досліджень буде на рівні близьким до $\pm 0,5\%$. Яку ж точність слід прийняти за остаточну під час вивчення фосфор-титанових руд Кропивенського родовища на збагачуваність? Дослідження фосфор-титанових руд родовищ України проводять з врахуванням їх сортності. Традиційно виділяють три сорти – бідні, середні та багаті. Найменша різниця між крайніми значеннями вмісту двооксиду титану для одному з сортів становить 2,0 мас.%, вірогідним є припущення про доцільність прийняття точності досліджень на рівні половини цього

інтервалу, тобто 1,0% TiO_2 . Отже, загальна кількість рядових проб, які будуть складати вторинну пробу, відібрану з матеріалу різної крупності буде становить 54 штуки.

Подальші дослідження автор планує направити на розробку методики вторинного опробування дрібно уламкового матеріалу

Бібліографічний список

1. Джонс М.П. Прикладная минералогия. Количественный подход: Пер. с англ./ Пер. Е.А.Годовиковой. – М.: Недра.– 1991.– 391 с.
2. Смирнов В.И. Геологические основы поисков и разведок рудных месторождений.– М.: изд-во МГУ.– 1957.– 587 с.
3. Gerlach Robert W., Nocerino John M. Guidance for Obtaining Representative Laboratory Analytical Subsamples from Particulate Laboratory Samples, 2003.– U.S. Environmental Protection Agency.– 134 p.p.

Надійшла до редколегії 20.12.2011.

В. М. Харитонов

Криворожский национальный университет, Кривой Рог, Украина

Каскадное девяти-точечное опробование крупнообломочного материала коренных P-Ti-руд при решении вопросов прикладной минералогии.

Определены константы формулы Гая для крупно-обломочного материала фосфор-титановых руд Кропивенского месторождения. Факторы формы (f), размерности (g), свободы (l) и минерального состава (m) равняются 0,30, 0,10, 0,05, 3,30. Выдвинуто допущение о целесообразности принятия точности минералогических исследований на уровне $\pm 1,0\%$. Для этого предлагаться из первичной пробы отобрать по шесть рядовых проб в девяти разных точках. После уменьшения размера обломков и конирования снова отобрать 54 рядовых пробы. Операцию повторить до достижения крупности обломков 1x1 см, из которых будут изготовлены препараты для микроскопических исследований.

Ключевые слова: фосфор-титановая руда, пробы.

V. M. Kharitonov

Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Ukraine

Cascade nine-pit sampling of macrofragmental material of ledge P-Ti ores when dealing with applied mineralogy issues.

Gy formula constants for macrofragmental material of phosphorus-titanium ores from Kropyvenske deposit have been determined. Factors of particle shape (f), size range (g), liberation (l), and mineralogical composition (m) are equal 0.30, 0.10, 0.05 and 3.30. Supposition on practicability of admitting mineralogical studies accuracy at the level $\pm 1.0\%$ has been made. It is suggested to take up to six standard sample out of the primary sample from ten different pits. After reducing fragments size and coning it is recommended to collect 54 standard samples. The operation has to be repeated until reaching fragments size 1x1cm that nil be used for production of microscopic studies specimen.

Keywords: phosphorus-titanium ore, samples.